เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 56 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of The 56th KU ANNUAL CONFERENCE

Agricultural Science: Moving towards Creative Economy

ศาสตร์เกษตรสู่เศรษฐกิจสร้างสรรค์

KU KASETSART UNIVERSITY

AGRICULTURAL SCIENCES

สาขาพืช
Plants

สาขาสัตว์
Animals

สาขาสัตวแพทยศาสตร์
Veterinary Medicine

สาขาประมง
Fisheries

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์
Agricultural Extension and Home Economics

เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 56 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of the 56th Kasetsart University Annual Conference

เล่มที่ 1

สาขาพืช (Subject: Plants)

สาขาสัตว์ (Subject: Animals)

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Subject: Veterinary Medicine)

สาขาประมง (Subject: Fisheries)

และ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

จัดโดย (Organized by)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

ร่วมกับ (in cooperation with)

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (Commission of Higher Education)

กระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Ministry of Science and Technology)

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Ministry of Natural Resource and Environment)

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (Ministry of Digital Economy and Society)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council of Thailand)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (The Thailand Research Fund)

30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2561 (January 30 – February 2, 2018)

ISBN 978-616-278-434-7

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ได้จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๕๖ ระหว่างวันที่ ๓๐ มกราคม - ๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพของงานวิจัย และเผยแพร่ความรู้ความก้าวหน้าทางด้านวิชาการและเทคโนโลยี ตลอดจนเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้และระดมความคิดเห็นระหว่างนักวิชาการ อันจะนำไปสู่แนวทางการสร้างผลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศชาติต่อไป

เอกสารฉบับนี้รวบรวมเรื่องเต็มผลงานวิจัยภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ของ **สาขาพืช จำนวน ๔๘ เรื่อง สาขาสัตว์ จำนวน ๕ เรื่อง สาขาสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน ๑๑ เรื่อง สาขาประมง จำนวน ๓๒ เรื่อง และสาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ จำนวน ๑๕ เรื่อง** ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา และนำเสนอในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๕๖

ในนามของคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๕๖ ขอขอบคุณ นักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ที่ได้นำผลงานมาเสนอ และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจและความคิด ร่วมมือกันจัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(รองศาสตราจารย์ ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๕๖

ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 56
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในเรื่องเต็มฉบับสมบูรณ์

เอกสารทางวิชาการ 5/2561

ฝ่ายบริการการศึกษา สำนักทะเบียนและประมวลผล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2118-0145 โทรสาร 0-2118-0145

E-mail: annualconference@ku.ac.th

สารบัญ

สาขาพืช (Subject: Plants)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1. พช.13/O118 Effects of Macro-nutrient, Sucrose, BA and Coconut Water on Protocorm-like Bodies Induction from Shoot Tips of a Hybrid of *Phalaenopsis amabilis*........ 1

   By Siriporn Ployphommas and Surawit Wannakrairoj

2. พช.14/O126 การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก........ 9

   Seed Enhancement of Japanese Black Pine Seed (*Pinus thunbergii* Parl.) by Gibberellic Acid Solution

   โดย วัชรพล ประทุมทอง พิจิตรา แก้วสอน และทัศไนย จารุวัฒนพันธ์

3. พช.16/O134 ผลของสารผสมที่ใช้ร่วมกับวัสดุปลูกที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก........ 17

   The Effect of Mixture Substances used in Substrate Culture on Pathogenic Fungi and the Decay Mushrooms

   โดย ญาณิศา แก้วบังวัน ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และรัติยา พงศ์พิสุทธา

4. พช.18/O137 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการพัฒนาดอกและการติดผล ของมะยงชิด........ 25

   Effect of Plant Growth Regulators on Flower Development and Fruit Set of Marian Plum (*Bouea burmanica* Griff.)

   โดย อดิสร อร่ามรัตน์ และชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์

5. พช.22/O140 การพัฒนาสูตรอาหารที่จำเพาะต่อการแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่า ของทุเรียน........ 31

   Development of a Selective Medium for Fungal Pathogen isolation, Causing Root and Stem Rot of Durian

   โดย กนกพร ฉัตรไชยศิริ รัติยา พงศ์พิสุทธา และชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล

6. พช.23/O141 การตอบสนองต่อสารเคมีกำจัดโรคพืชของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกได้จากพื้นที่ปลูกทุเรียน จังหวัดจันทบุรี.................................... 39
The Fungicidal Sensitivity on *Trichoderma* spp. from Durian Orchard in Chanthaburi Province
โดย กนกกร นาคอ้น ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และรัติยา พงศ์พิสุทธา

7. พช.26/O143 Germination of Smooth Loofah (*Luffa cylindrica* (L.) M. Roem.) as Affected by Acetic Acid Fumigation....................................... 47
By Fatima B. Paleracio and Songsin Photchanachai

8. พช.27/O151 ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีในดินนาภายในสภาพน้ำขัง.. 55
Effect of Phosphorus Fertilizer on Adsorption-Desorption of Zinc in Waterlogged Paddy Soils
โดย สายชล สุขญาณกิจ ศุภิฌา ธนะจิตต์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และเอิบ เขียวรื่นรมณ์

9. พช.28/O152 A Response of Corn Grown on Different Aggregate Size of Si Khiu Soil Series Applied with Different Phosphorus Fertilizer Rates.......... 63
By Sasiprapa Sinsuk Suphicha Thanachit and Somchai Anusontpornperm

10. พช.29/O153 ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดถั่วพร้า ร่วมกับการให้ปุ๋ยทางท่อน้ำต่อลักษณะทางพืชไร่ และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80.............................71
Effects of Jack Bean Green Manure and Fertigation on Agronomic Characteristics and Yield of ‘Hauy Bong 80’ Cassava
โดย ณัฐพร วรธงไชย สุตเขตต์ นาคะเสถียร เอ็จ สโรบล และสุดสายสิน แก้วเรือง

11. พช.34/O170 Comparative Phytochemistry and Antibacterial Properties of *Guettarda speciosa* L. 80
By Wanitcha Muangrom and Srunya Vajrodaya

12. พช.35/O172 ประสิทธิภาพของเทคนิค Indirect NCM-ELISA สำหรับการประเมินการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรค และการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งโดยแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* Stål)..88

Efficiency of an Indirect NCM-ELISA for Survival Assessment of Rice Ragged Stunt Virus Infectivity and Transmission from Frozen Rice Plant Tissue Samples by an Insect Vectors, the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål)

โดย ฐานัฎ ณ พัทลุง วิชชุดา รัตนากาญจน์ และวิภา ตังคนานนท์

13. พช.44/O186 Comparison the Physiological Response of Four Corn Cultivars to Drought Stress 96

By Paul Hategekimana Pitipong Thobunluep and Ed Saorobol

14. พช.45/O194 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในชุดดินพัทลุง.................................. 104

Effects of Using Chemical Fertilizer Based on Soil Analysis with Organic Fertilizer on Growth and Yield of Sweet Corn in Phatthalung Soil Series

โดย สมพร ดำยศ เปรมฤดี ดำยศ เมฆา ชาติกุล และจินารัตน์ สายแก้ว

ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. พช.1/P5 ผลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีและความเข้มข้นของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องในขวดแก้ว............................ 113

Effects of LED Light Intensity and Cytokinin Concentration on *In Vitro* Growth of 'Mali-Ong' Banana

โดย ธัญญ์วนิช ธัญสิริวรรธน์ วุฒิชัย ปัญญะ พงษ์อนันต์ ผิวผ่อง ประภาษ กาวิชา ภิญญารัตน์ กงประโคน ณธกร ทัศนัส และประภากรณ์ แสงวิจิตร

2. พช.2/P21 การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy 121

Evaluation of Alflatoxin B1 in Chilli Powder by Near Infrared Spectroscopy

โดย จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และจารุวรรณ บางแวก

3. พช.3/P22 ผลของวิธีการเก็บรักษาถั่วเหลืองต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวน.................129

Effects on Storage Managements Affecting on the Isoflavones of Soybean Oil

โดย ภัควิไล ยอดทอง และจารุวรรณ บางแวก

4. พช.4/P23 ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น.. 137

Study on the Controlling of fungi and Mycotoxin Contamination in Grape Products

โดย วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย บุญญวดี จิระวุฒิ และรัตตา สุทธยาคม

5. พช.5/P24 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* และ *Bacillus siamensis* 145

Bioactive Compounds Produced by *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus siamensis*

โดย บุญญวดี จิระวุฒิ รัตตา สุทธยาคม และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย

6. พช.6/P25 Cysteine ยับยั้งความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดนูนถั่วเหลือง 153

Cysteine Suppress the Virulence of Soybean Bacterial Pustule Pathogen

โดย ติยากร ฉัตรนภารัตน์ น้ำฝน ปลื้มจิตร และสุดฤดี ประเทืองวงศ์

7. พช.7/P27 ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการยับยั้ง *Pyricularia grisea*
เชื้อสาเหตุโรคไหม้ข้าว.. 162
The Inhibitory Efficiency of Plant Essential Oils against *Pyricularia grisea*, the Causal Agent of Rice Blast Disease
โดย ประภาษ กาวิชา อันธิพร เขียนเสือ
ภิญญารัตน์ กงประโคน และธัญญ์วนิช ธัญสิริวรรธน์

8. พช.8/P28 การพัฒนาวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมในระบบ 3 สายพันธุ์
พันธุ์ KUH3.. 170
Development of Methods for F_1 Seed Production of KUH3 Three-Line Hybrid Rice
โดย กิตติศักดิ์ พาหุ ธานี ศรีวงศ์ชัย และประภา ศรีพิจิตร

9. พช.9/P29 การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธ์พันธุ์พ่อแม่ เพื่อการปรับปรุง
พันธุ์ข้าวลูกผสมระบบ 2 สายพันธุ์..177
Evaluation of Combining Ability in Parental Line for Two Line Hybrids Rice Breeding
โดย สหพล จิ๋ว ประภา ศรีพิจิตต์ และธานี ศรีวงศ์ชัย

10. พช.11/P61 ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส........................ 185
Effect of Harvest Time on Fruit Quality of ‘Marroo seedless’ Table Grape
โดย นวลปรางค์ ไชยตะขบ บุญร่วม จันทร์ชื่น
และนวะรัตน์ พิลาภ

11. พช.15/P77 ผลของเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงหนามแน่แดงในสภาพ
ปลอดเชื้อ.. 193
Effects of Sterile Techniques on Tissue Culture of *Thunbergia coccinea* Wall
โดย กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์ และวิมลรัตน์ พจนีไตรทิพย์

12. พช.17/P78 ความสัมพันธ์ของไส้เดือนฝอยตัวห้ำกับสมบัติบางประการของดิน
และการเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ.. 199
Relationship between Predatory Nematodes and Some Soil
Properties and Culturing in the Laboratory
โดย รักตาภา ผ่องอินทรีย์ อนงค์นุช สาสนรักกิจ
บัญชา ชิณศรี และศรีเมฆ ชาวโพงพาง

13. พช.19/P80 การปรับปรุงพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ โดยการผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมาย
ดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกเพื่อร่นชั่วรุ่น... 207
Improvement of 2 Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars by Marker
Assisted Backcrossing to Accelerate Generations
โดย มธุรส ไพรเจริญ ธานี ศรีวงศ์ชัย และประภา ศรีพิจิตต์

14. พช.20/P184 ผลของการใช้ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารรองต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของถั่วเหลือง..214
Effect of Trace Element on Growth Rate and Yield of Soybean
โดย ฉัตรชัย ก้านกิ่ง สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ จุฑามาศ ร่มแก้ว
และชัยสิทธิ์ ทองจู

15. พช.21/P185 ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49
โดยการปลูกแบบใช้เครื่องโรยเมล็ด.. 222
Effect of Seeding Rate on Growth and Yield of RD49 Grown by Rice
Sowing Machine
โดย ศราวุธ เกิดแล้ว สุตเขตต์ นาคะเสถียร
และธานี ศรีวงศ์ชัย

16. พช.24/P81 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกด้วย
ท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติและจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.............. 229
Comparison of Efficiency of Crop Production in Cassava Planting by
Traditional Stem Cutting and Tissue Culture
โดย พีรวิชญ์ พันธ์กลาง เฉลิมพล ภูมิไชย์
พรศักดิ์ เอี่ยมนาคะ และวิจารณ์ วิชชุกิจ

17. พช.25/P87 ผลของสารจากธรรมชาติและกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว……………..………… 237
Effect of Natural Products and Acetic Acid Against *Bipolaris oryzae* Causing Brown Spot Disease of Rice
โดย พัชรี บุญเรืองรอด และรัติยา พงศ์พิสุทธา

18. พช.31/P96 ผลของวัตถุดิบไม้และอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสต่อประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริก……………………..…………… 244
Effect of Wood Material and Pyrolysis Temperature on Efficacy of Wood Vinegar for Controlling Chilli Thrips
โดย ธนภูมิ มณีบุญ ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์ อนุชา ทะรา ชนัญญา ช่วยศรีนวล และจันทร์แรม รูปขำ

19. พช.32/P98 Maturase K Responses to Drought Stress in *Jatropha curcas* ……….252
By Kamkeo Naovongphachan Sittiruk Roytrakul Wannarat Pornsiriwong Ratree Wongpanya and Amornrat Promboon

20. พช.33/P109 Antifungal Activity of Endophytic Fungi Against *Colletotrichum* spp. in Chilli (*Capsicum* spp.) ……..…………………………………………… 260
By Surangkana Chimthai Auntikan Klomchit and Siraprapa Brooks

21. พช.37/P114 การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในฤดูปลายฝน ปี 2559 ในจังหวัดนครราชสีมา……………………….…………………………………………… 268
On-Farm Trials for Field Corn Hybrids in Late Rainy Season 2016 in Nakhon Ratchasima Province
โดย สดใส ช่างสลัก สำราญ ศรีชมพร ชฎามาศ จิตต์เลขา ปวีณา ทองเหลือง วราภรณ์ บุญเกิด แสงแข น้าวานิช ประพนธ์ บุญรำพรรณ กิตติศักดิ์ ศรีชมพร และธัญธิตา ศรีสุระ

22. พช.38/P116 ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และน้ำตาลของผลโคลงเคลง (*Melastoma malabathricum* L.) จากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย……..…274
Anthocyanins, Phenolic Compounds and Sugars in *Melastoma malabathricum* L. Fruits from Different Locations in Thailand
โดย ศิริพรรณ สุขขัง ชมนาถ เกิดคง ไพร มัทธวรัตน์ และเนตรชนก นุ้ยสีรุ่ง

23. พช.39/P117 การเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด 3 พันธุ์ ภายใต้ช่วงการขาดน้ำที่แตกต่างกันในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตทางลำต้น………..……… 282
Growth and Development of 3 Corn Cultivars under Different Water Deficit Intervals during Early Vegetative Growth Stages
โดย กุลวดี คณาวิทยา สุตเขตต์ นาคะเสถียร เอ็จ สโรบล และอรวรรณ คำดี

24. พช.40/P118 การศึกษาจำนวนประชากรไรโซเบียมในพื้นที่ ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน……..…289
Study on Rhizobium Population in Areas Affected by Climate Change of Pai River Basin, Mae Hong Son
โดย จิตรา เกาะแก้ว มนต์ชัย มนัสสิลา อมรรัตน์ ใจยะเสน และอำนาจ เอี่ยมวิจารณ์

25. พช.42/P119 การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในฤดูแล้ง ปี 2559-2560 ในจังหวัดนครราชสีมา…………………..……………………………………………..…298
On-Farm Trials for Field Corn Hybrids in Dry Season 2016-2017 in Nakhon Ratchasima Province
โดย สดใส ช่างสลัก สำราญ ศรีชมพร ชฎามาศ จิตต์เลขา ปวีณา ทองเหลือง วราภรณ์ บุญเกิด แสงแข น้าวานิช ประพนธ์ บุญรำพรรณ กิตติศักดิ์ ศรีชมพร และธัญธิตา ศรีสุระ

26. พช.46/P138 Anthocyanin Extraction and Preliminary Result of Oral Administration and Evaluation of Anthocyanin Toxicity in Silkworm (*Bombyx mori*)… 304
By Kitikajorn Phinpo Amornrat Promboon Wannarat Pornsiriwong and Ratree Wongpanya

27. พช.47/P147 อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปาล์มน้ำมันพันธุ์
สุราษฎร์ธานี 2 อายุ 7 ปี ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิต........................ 312
Effects of Crop Spacing on Growth and Yield of 7 Years Old
'Suratthani 2' Oil Palm Grown in Rangsit Soil Series
โดย สุกนต์ธี แดงนุ้ย สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ เฉลิมพล ภูมิไชย์
ธานี ศรีวงศ์ชัย เอ็จ สโรบล และเยาวมาลย์ เขียวสอาด

28. พช.48/P151 มะนาวพันธุ์แป้นรำไพไม่มีเมล็ดจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน...... 320
Seedless 'Pan Rampai' Lime from Acute Gamma Irradiation
โดย มนัสชญา สายพนัส เจนจิรา ดวงจิต
และสุรวิช วรรณไกรโรจน์

29. พช.50/P186 คุณลักษณะและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชของสารสกัด
จากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว.. 327
Characteristic and Fungus Phytopathogens Suppression Efficacy of
Coir Pith Extract and Coir Pith Compost Tea
โดย ศศิธร กู้สุวรรณวิจิตร สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล
และแสงชัย เอกปทุมชัย

30. พช.51/P157 ฤทธิ์สัมผัสและรมตายของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน.............. 335
Contact and Fumigant Toxicity Activities of *Psidium guajava* L. Leaf
Essential Oil against *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)
โดย วนิดา อ่วมเจริญ และเกตน์สีรี ชุมภูอินทร์

31. พช.52/P162 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตและลักษณะประจำพันธุ์
บางประการของมะขาม 19 พันธุ์.. 343
Comparison on Growth, Yield and Some Characteristics of 19
Cultivars of Tamarind (*Tamarindus indica* Linn.)
โดย เรืองศักดิ์ กมขุนทด พินิจ กรินท์ธัญญกิจ
และกวิศร์ วานิชกุล

32. พช.54/P164 การจัดการวัชพืชโดยใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนงอกในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..350

Weed Management by Pre-Emergence Herbicide in Maize

โดย ประกายรัตน์ โภคาเดช สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช จุฑามาศ ร่มแก้ว และสดใส ช่างสลัก

33. พช.55/P166 อิทธิพลของการใช้ตาข่ายพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรือง 358

The Influence of Shading Net on Growth and Flowering of Marigold

โดย ธนพร ขจรผล อัมฤทธิ์ นาโควงค์ และชลธิรา แสงศิริ

34. พช.56/P187 การสกัดพืชและสมุนไพรด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ 365

Extraction of Plants and Herbs using Pulsed Electric Field

โดย อาทิตย์ ยาวุฑฒิ พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ สาคร ปันตา จักรรินทร์ ถิ่นนคร และสมศักดิ์ วรรณชัย

สาขาสัตว์ (Subject: Animals)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1. สต.1/O44 อิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกร...377

Effect of Freeze-Thawed on Shear Force and Citrate Synthase Enzyme Activity of Pork Meat

โดย ทิพย์ระวี ติ๊บปาละ อัจฉรา ขยัน และชัยวัฒน์ บุญแก้ววรรณ

2. สต.3/O112 อิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนและความนุ่มของเนื้อแพะ...384

Influence of Breeds and Muscle Types on Enzyme Calpains Activity and Meat Tenderness of Goat Meat

โดย ฉัตรชัย ศรีเพิ่ม นันทนา ช่วยชูวงศ์ จันทร์พร เจ้าทรัพย์ เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ และราชศักดิ์ ช่วยชูวงศ์

3. สต.5/O205 ชีววิทยาและผลของสารกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนของแมลงหวี่ขน (Diptera: Psychodidae) 390
Biology and Effect of Insecticides on Larvae of Moth Files (Diptera: Psychodidae)
โดย รัชกรศ์ แสงอำไพ เบญจคุณ แสงทองพราว และจารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์

ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. สต.4/P97 Detection of Total Immunoglobulin G in Swine Serum by Direct Sandwich ELISA...401
By Orawan Boodde Wilairat Chumsing Sudtisa Laopiem Pattra Moonjit Alongkot Boonsoongnern Pichai Jirawattanapong Nuttavut Rattanavanichrojn Pariwat Poolperm and Worawidh Wajjwalku

2. สต.6/P167 ความจำเพาะของโมโนจีเนียนบนซี่เหงือกปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร..407
Specificity of Monogenean Gill Parasites on Common Carp (*Cyprinus carpio*) from Chatuchak Market, Chatuchak, Bangkok
โดย การัณยภาส กิตติวัฒน์หิรัญ และวัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Subject: Veterinary Medicine)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1. สพ.2/O55 ความสัมพันธ์ค่าแอนติบอดีไวรัสพิษสุนัขบ้ากับเพศ อายุ จำนวนครั้ง และระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้า.......................................417
Relationship between Rabies Virus Antibody Levels and Sex, Age, Number of and Duration After Rabies Vaccinations
โดย องอาจ เลาหวินิจ และสุรพงษ์ วงศ์สุทธาวาส

2. สพ.3/O56 ชนิดและสัณฐานวิทยาของหนอนพยาธิในลำไส้ไก่พื้นเมืองชำแหละในตลาดสด อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ระหว่างเดือน ม.ค.– มี.ค. 2559…... 424
Species and Morphology of Intestinal Parasites in Native Chicken Carcasses in Thungsong Fresh Market, Nakhon Si Thammarat Province, January – March 2016
โดย รุจีรัตน์ วรสิงห์ มิ่งขวัญ นิยมจิตร์ ปณิธิ ถาวระ และอัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี

3. สพ.8/O216 การประเมินค่าทางพยาธิวิทยาคลินิกในแมวมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่รักษาด้วยเคมีบำบัด…... 434
Clinicopathological Evaluation in Feline Lymphoma Patients Treated with Chemotherapy
โดย จุฑาพร เปี่ยมวารี พันพิชา สัตถาสาธุชนะ และทัศนีย์ เจริญทรง

4. สพ.12/O218 The Frequency of Dog Erythrocyte Antigen (DEA) 1 in Thai Mixed Breed Dogs…... 441
By Metita Sussadee Rucksak Rucksaken Benjamas Khurajog Phattara-orn Havanapan Panut Anuracpreeda and Sathaporn Jittapalapong

ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. สพ.1/P32 การศึกษาเภสัชกรรมสมมูลของยาปฏิชีวนะในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา…... 451
Determination of Pharmaceutical Equivalence of Antibiotics in Cage Culture of Tilapia with Microbiological Assay
โดย อักษร แสงเทียนชัย วิน สุรเชษฐพงษ์ อุสุมา เจิมนาค และนภสร เผ่าชูศักดิ์

2. สพ.4/P41 การประเมินผลวิธี Agar Gel Immunodiffusion (AGID) สำหรับการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสในแพะ...457
Evaluation of Agar Gel Immunodiffusion (AGID) for the Diagnosis of Brucellosis in Goat
โดย สมพงษ์ บันลือพงศ์พันธุ์ พิพัฒน์ อรุณวิภาส อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์ ธีระ รักความสุข สมชัย สัจจาพิทักษ์ สุขสันต์ ฉ่ำสิงห์ วิทย์ เลิศแสง และสิริลักษณ์ จาละ

3. สพ.7/P136 แนวโน้ม และรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากระบบผิวหนังและปัสสาวะของสุนัข ในโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์..................................... 464
Trends and Patterns of Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia* spp. from Canine Skin and Urinary Systems in Animal Hospital Kasetsart University
โดย ณัชพล รุ่งโรจน์ เฉลิมพล เล็กเจริญสุข ชัญญาพัฒน์ บำรุงพันธ์ และจันทิมา พฤกษากร

4. สพ.9/P153 ภาวะรกค้างในแม่แมว...472
Retained Placenta in a Postpartum Cat
โดย ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์ วัชระ ดวงจันทร์ และเกษกนก ศิรินฤมิตร

5. สพ.10/P170 ระดับฮอร์โมน Estrogen, Progesterone, Testosterone, Cortisol และ Thyroxine ในซีรั่มเต่าตนุ ในช่วงเดือนพฤษภาคม มิถุนายนและกรกฎาคม ที่เลี้ยงแบบกักขัง ที่เกาะมันใน จังหวัดระยอง.......................... 479
Serum Estrogen, Progesterone, Testosterone, Cortisol and Thyroxine Levels in Captive Green Turtles (*Chelonia mydas*) in May, June, and July at Mannai Island, in Rayong Province
โดย ภุมเมศ ชุ่มชาติ ชลาทิพ จันทร์ชมพู พรชัย สัญฐิติเสรี ธีระพล ศิรินฤมิตร และเกษกนก ศิรินฤมิตร

6. สพ.11/P154 รายงานสัตว์ป่วย: การวินิจฉัยความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดในลูกแมวก่อนคลอดโดยใช้ คลื่นเสียงความถี่สูง……………………………..….. 487

Case Report: Ultrasonographic Diagnosis of Congenital Abdominal Wall Defect in a Prenatal Kitten

โดย เสลภูมิ ไพเราะ ณัฐวรรณ นิยติวัฒน์ชาญชัย ปิยทิพย์ ชูเฉลิมพร กมลชนก ศิลป์มณีพันธ์ พงษ์ศักดิ์ จันทร์ลอยนภา และเกษกนก ศิรินฤมิตร

7. สพ.13/P165 ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนรวมใน Seminal Plasma กับการเคลื่อนที่ของอสุจิในช้างเอเชีย..494

Correlations of Total Protein in Seminal Plasma with Sperm Motility in Asian Elephant

โดย อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์ กาวิล นันท์กลาง สิทธิเดช มหาสาวังกุล สุดธิษา เหล่าเปี่ยม วิทย์ เลิศแสง สุธี รัตนภิรมย์ กรไชย กรแก้วรัตน์ พจนา วรรธนะนิตย์ และเสรี กุญแจนาค

สาขาประมง (Subject: Fisheries)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1. ปม.2/O11 การใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาว การเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในห้องปฏิบัติการ……………………………..…… 503

Application of *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. Causing White Feces Syndrome, Growth and Survival of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Laboratory Condition

โดย พัณณิตา สุวานิชสุขสันต์ นิติ ชูเชิด และอิสริยา วุฒิสินธุ์

2. ปม.5/O42 คุณลักษณะของแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ *Bacillus* spp. และประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค AHPND.......... 511

Characterization of Probiotic *Bacillus* spp. and Their Efficiency in Controlling of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain)

โดย วีรสันต์ คิวเจริญ ชุมพล ศรีทอง และประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ

3. ปม.9/O47 ผลของโปรตีน Pro-hepcidin (Pro *On*-Hep) ต่อการต้านทานเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค Streptococcosis ในปลานิล *(Oreochromis niloticus*, Linn.).......... 522

Effects of Pro-Hepcidin Protein (Pro *On*-Hep) on Anti-Bacterial Activity Against *Streptococcus agalactiae* in Nile Tilapia *(Oreochromis niloticus*, Linn.)

โดย ผกาภรณ์ พันธุ์อร่าม พัฒนพล ขยันสำรวจ ปิติ อ่ำพายัพ และประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ

4. ปม.13/O52 โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่มีการขุดลอก: กรณีศึกษาหนองเลิงเปือย จังหวัดกาฬสินธุ์.......... 533

Phytoplankton Community Structure and Its Relationship to Water Quality in Dredged Lake: A Case Study of Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

โดย พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ ภูวดล โดยดี เกตุนภัส ศรีไพโรจน์ และสิทธิชัย ฮะทะโชติ

5. ปม.16/O72 การสำรวจสภาวะทรัพยากรประมงจากประมงพาณิชย์เพื่อกำหนดเขตการประมง บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช.......... 541

Investigation on Fishery Resource Status from Commercial Fisheries for Fishing Zone Demarcation in Nakhon Si Thammarat Province

โดย วิรัตน สนิทมัจโร

6. ปม.17/O73 ความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับของอุตสาหกรรมปลาป่น.....549
Opinions of Operators on Traceability Systems of Thailand's Fishmeal Industry
โดย จีราธร ยุทธารักษ์ ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์ อุไรรัฒท์ เนตรหาญ และจิราภัษ อัจจิมางกูร

7. ปม.19/O88 ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดจุดดำกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei)* ที่แช่ในสารสกัดเศษเหลือเห็ดเข็มทองระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง..... 558
Relationship between Black Spot Formation and Quality Changes in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Mushroom Trimming Extract during Iced Storage
โดย อัฐษฎางค์ ศรีวิเชียร ประภัสสร แสนธิ และเปรมวดี เทพวงศ์

8. ปม.20/O89 ผลของความเร็วลมต่ออัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดิน.....568
Effect of Wind Speed on Oxygen Transfer Rate in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cage Culture Suspended in Earthen Pond
โดย ภาณุพันธ์ อ่วมภักดี วราห์ เทพาหุดี และเรืองวิชญ์ ยุ้นพันธ์

9. ปม.21/O100 ช่องทางการรับข่าวสารของชุมชนชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์...... 577
Media Channels of Coastal Communities in Prachuap Khiri Khan Province
โดย ณัฏฐา สร้อยจำปา อุไรรัฒท์ เนตรหาญ จิราภัษ อัจจิมางกูร และศันสนีย์ หวังวรลักษณ์

10. ปม.22/O104 แนวทางการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของชุมชนประมงพื้นบ้าน: กรณีศึกษาพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง.. 587
Guidelines on Sustainable Livelihood of Small-scale Fishing Communities: A Case Study of the Central Gulf of Thailand
โดย ปิ่นแก้ว ทองกำเหนิด จิราภัษ อัจจิมางกูร ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์ อุไรรัฒท์ เนตรหาญ และมณช์นิศาษ์ ศรีสมวงศ์

11. ปม.24/O113 อัตราการจับ และองค์ประกอบของสัตว์น้ำตามฤดูกาลจากการทำประมงอวนครอบปลากะตักบริเวณชายฝั่ง จังหวัดนราธิวาส........................... 597
Seasonal Catch Rate and Species Compositions of Anchovy Falling Net Fishery According to Around the Coastal Area of Narathiwat Province
โดย ปัทมา เจะมะ อนุกรณ์ บุตรสันติ์ และเมธี แก้วเนิน

12. ปม.29/O160 การศึกษาผลกระทบจากเรือจมที่มีต่อคุณภาพน้ำในช่วงฤดูมรสุม กรณีศึกษาเรือจมมัตโพน เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี...................................... 606
Impact of Shipwreck on the Water Qualities during the Monsoon Season: A Case Study: Mattapon Shipwreck around Koh Lan, Chon Buri Province
โดย รุจิรา สุขแสงจันทร์ สุชาย วรชนะนันท์ ภาสิณี วรชนะนันท์ และจิตราภรณ์ ฟักโสภา

13. ปม.30/O168 Culture of Juvenile Yellow Seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker 1852.. 614
By Len, Y.W. Christianus, A. Worachananant, S. Nimitkul, S. Dokkaew, S. and Muta Harah, Z.

14. ปม.32/O192 การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei)* แบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบสู่ระบบนิเวศภายนอก.. 624
Nitrogen and Phosphorus Releasing from Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture in Canvas Ponds to Natural Ecosystem
โดย ประภาพร ดีมาก เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และนภาขวัญ แหวนเพชร

15. ปม.35/O196 ปริมาตรน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร
และคุณภาพสีของปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910) เพศผู้……… 633
Optimal Water Volume on Growth, Feed Utilization and Coloration of
Male Siamese Fighting Fish (*Betta splendens* Regan, 1910)
โดย ศุกร์เทียนชัย แซ่โค้ว การุณ ทองประจุแก้ว
และวุฒิพร พรหมขุนทอง

ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. ปม.1/P8 องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะหมึกหลอด (*Uroteuthis* (*Photololigo*)
duvaucelii) บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง………………………………. 643
Stomach Contents of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* around
Samed Island, Rayong Province
โดย ทศพล แซ่เฮง จรวย สุขแสงจันทร์
และสนธยา ผุยน้อย

2. ปม.3/P176 ผลของอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง และเนื้อปลาแซลมอนบด
ที่มีต่อคุณภาพแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค……………………………….. 651
Effect of Ratio between Egg and Soy Milk and Mince Salmon on
Qualities of Ready to Eat Soften Salmon
โดย นฤพร ทองแพง อัญชลี อุษณาสุวรรณกุล
และจีรวรรณ มณีโรจน์

3. ปม.4/P13 ลักษณะของจะงอยปาก และความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปาก
กับความยาวของหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii*
(Orbigny, 1835)………………………………………………………….. 659
Morphological Characteristics and Relationship between Beak
Dimensions and Length of *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii*
(Orbigny, 1835)
โดย สนธยา ผุยน้อย จรวย สุขแสงจันทร์ และทศพล แซ่เฮง

4. ปม.6/P177 การจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาในคลองปากประ จังหวัดพัทลุง.................. 667
Management of a Fish Species Conservation Zone in KhlongPakpra Canal, Phatthalung Province
โดย วิจิตรา อมรวิริยะชัย ธนพล อยู่เย็น ทวีเดช ไชยนาพงษ์ และสมสมัย เอียดคง

5. ปม.10/P36 การศึกษาชนิดของสัตว์เกาะติด ตามปัจจัยด้านความลึกและแสง บนเรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี................................ 675
The Study of Sessile Benthic Organism Base on the Depth and Light Factor on the Ex-HTMS Sattakut, Koh Tao, Surat Thani Province
โดย วันเฉลิม สายชล ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์ และวิภูษิต มัณฑะจิตร

6. ปม.11/P37 ชีววิทยาของปลาทู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง พ.ศ. 2554... 683
Biology of Indo-Pacific Mackerel *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) in the Southern Gulf of Thailand, 2011
โดย ธเนศ ศรีถกล สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล และจุรีรัตน์ สงนุ้ย

7. ปม.14/P39 ความหลากหลายแฮพโพลไทป์ของม้าน้ำหนามในน่านน้ำไทย................. 691
Haplotype Diversity of Hedgehog Seahorse (*Hippocampus spinosissimus*) in Thai Waters
โดย ชลินทร วิลัยศร วิวัฒนันท์ บุญยัง และอัครพงษ์ สวัสดิพงษ์

8. ปม.15/P178 ชนิดปลาที่พบในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี.. 699
Fishes Species Found in Huai Kha Khaeng Basin, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province
โดย นภัทร์ โสภณ สมหมาย เจนกิจการ และสืบสิน สนธิรัตน

9. ปม.18/P179 การปนเปื้อนโลหะหนักในดินตะกอน บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา
และปากแม่น้ำท่าจีน.. 709
Contamination of Heavy Metals in Sediment of Chao Phraya and
Tha Chin River Mouths
โดย ณัฐวร ขันธิกุล เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ ณิศรา ถาวรโสตร์
อรอิงค์ เวชสิทธิ์ พฤหัส จันทร์นวล
และศราวุธ ศรีทองอุทัย

10. ปม.23/P180 คุณภาพดินตะกอนและสัตว์พื้นท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและ
เจ้าพระยา.. 718
Sediment Quality and Benthic Fauna Distribution in Tha Chin and
Chao Phraya Estuaries
โดย กชภพ สุขผล เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ อรอิงค์ เวชสิทธิ์
ทรงเผ่า สมัชชานนท์ และนภาขวัญ แหวนเพชร

11. ปม.25/P75 ความหลากชนิดและความชุกชุมของปูจากอวนจมปู จ.ตราด.................. 728
Species Richness and Abundance of Crabs from Bottom Gill Net
in Trat Province
โดย พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ ฐิติกร บุญทองใหม่
และวชิระ ใจงาม

12. ปม.26/P76 การใช้ปูป่นเป็นวัตถุดิบเพื่อเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช (*Procambarus clarkii*).......... 736
Use of Crabmeal as Material for Feeding Crayfish
(*Procambarus clarkii*)
โดย พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ ดวงเดือน วารีวะนิช
และภานุวัฒน์ พูลคล้าย

13. ปม.27/P85 คาดการณ์รูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากลมด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข
กรณีศึกษาหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย........................ 745
Estimated Wind Driven Water Flow Pattern by Numerical Model:
Case Study in Nong Han Luang, Sakon Nakhon Province, Thailand
โดย มณฑล อนงค์พรยศกุล ภูวดล โดยดี
และปณิธาน แก้วจันทวี

14. ปม.28/P86 ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I)………….. 753
Simple System of Pelagic Fish Distribution Survey Set (PFDS I)
โดย มณฑล อนงค์พรยศกุล รัตนพงศ์ กุญชรบุญ
ยุทธนา เทพอรุณรัตน์ Miyamoto Yoshinori
Uchida Keiichi Minlee Yap Sasakura Toyoki
และกฤษฎา ธงศิลา

15. ปม.31/P107 ผลของอินูลินที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส
ของไส้กรอกปลา………………………………………………………….. 761
Effect of Inulin on Physico-Chemical Properties and Sensory
Evaluation of Fish Sausage
โดย จีรวรรณ มณีโรจน์ และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร

16. ปม.33/P127 การศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของปูแสมในพื้นที่ป่าชายเลน
คลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม………………………………………… 769
Species Richness and Abundance of Mangrove Crab in Bang Boo
Mangrove, Samutsongkhram Province
โดย นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์ และวีรกิจ จรเกตุ

17. ปม.34/P181 ผลของการเสริมไคโตซานในอาหารกุ้งต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย
และการลอกคราบของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)
ที่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ……………………………………………………… 778
Effect of Dietary Chitosan Supplementation on Growth, Survival Rate
and Molting of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)
at 3 Salinity Levels
โดย กมลรัตน์ ยงเจริญ และบุญรัตน์ ประทุมชาติ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

ภาคบรรยาย (Oral Presentation)

1. สก.คห.1/O27 ความสำเร็จของการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม... 789

Achievement of Group Formation and Cluster Building of Agricultural Learning Center, Hinmoon Subdistrict, Bang Len District, Nakhon Pathom Province

โดย นิลุบล สุขภาพ

2. สก.คห.5/O50 ผลของเวลาการต้มและการนึ่งกล้วยน้ำว้าห่ามต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่.. 797

Effect of Boiling and Steaming Time of Unripen Banana on their Physicochemical and Functional Properties

โดย ธนัชชา กุญแจทอง อาภัสรา แสงนาค และน้องนุช ศิริวงศ์

3. สก.คห.7/O94 แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา.......................... 805

Guidelines to Develop of Pesticide-Free Vegetable Crop Ban Ang Toei, Tha Takiap Sub-District, Tha Takiap District, Chachoengsao

โดย ปิรัชญา ชาตานันท์ และพีรชัย กุลชัย

4. สก.คห.8/O96 รูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างในพื้นที่ หมู่7 บ้านอ่างเสือดำ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา...... 813

Pattern of Farmer in Elephant Affected Area, Village No.7, Ban Aang Sue Dam ,Tha Takiap Sub-District,Tha Takiap District, Chachoengsao

โดย ดาริน ลัดกรูด และพีรชัย กุลชัย

5. สก.คห.9/O97 Perception of and Preference for Agricultural Extension Services in Cambodia: The Case Study of Rice Farmers in Kampong Thom Province 821
By Heng Chou Long Penporn Janekarnkij and Prapinwadee Sirisupluxana

6. สก.คห.11/O187 สมบัติทางกายภาพของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน..829
Physical Properties of Corn Husk Fiber Bundles from Animal Feed Corn Husks and Sweet Corn Husks
โดย ธัญชนิต ทับสวัสดิ์ ปวีณา ขำสงค์ ศรัณย์พร จุลเจิมศักดิ์ วัลภา แต้มทอง และสุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ

7. สก.คห.12/O188 การตกแต่งผ้าเรยอนด้วยชันสนเพื่อต้านน้ำและสิ่งสกปรก.......................837
Rayon Finishing with Rosin for Water and Soils Resistance
โดย มินตรา มูลทรัพย์ และศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต

ภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

1. สก.คห.2/P12 การจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรกรณีศึกษาตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี..847
Weed Management in Sugarcane Fields by Farmers: A Case Study in Wang Phai Sub-District, HuaiKrachao District, Kanchanaburi Province
โดย กฤตเมธ แตงวงษ์ กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์ และธำรงเจต พัฒมุข

2. สก.คห.3/P19 การผลิตยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภค.................................. 855
Production of Ready-to-Eat Spicy Banana Chips Salad with Chili Paste
โดย วัลลภา โพธาสินธ์ อำพร แจ่มผล ทิพากร ม่วงถึก สุวรรณา เผ่ากุม และวัจนี ชีวพันธ์

3. สก.คห.4/P20 ผลของชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวต่อคุณภาพ
ของขนมเทียน.. 863
Effect of Type and Quantity of Luem Pua Glutinous Rice Flour on
Qualities of Khanom Thien
โดย ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ วชิรพงศ์ เยาว์ฤทธิกร
และอบเชย วงศ์ทอง
4. สก.คห.6/P58 การใช้อินนูลินเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัด.............................. 873
The Use of Inulin as Fat Replacer in Salad Dressing
โดย พนิตตา ภาคภูมิ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์
และศรชัย สินสุวรรณ
5. สก.คห.10/P66 คุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมภายหลังการปรับปรุงคุณภาพสีแดงจาก
น้ำครั่ง.. 881
The Quality of 'Nham' Product after Improvement of Red Color with
Lac Dye
โดย ทิพย์มนต์ ใยเกษ วิรัตน์ สุมน และณัฏยาพร สุมน
6. สก.คห.13/P122 การศึกษาค่าสีและความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อม
ธรรมชาติจากเปลือกนนทรี.. 888
Study on Color Values and Colorfastness of Cotton Fabric Dyed with
Natural Dye from Yellow Poinciana Bark
โดย จุฑารัตน์ รังษีวุฒิศักดิ์ และศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต
7. สก.คห.14/P125 การศึกษาค่าสีและความคงทนของสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติ
จากเปลือกต้นนนทรี..895
Study on Color Values and Colorfastness of Silk Dyed with Natural
Dye from Yellow Poinciana Bark
โดย ปภาพินท์ พานโฮม และศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต
8. สก.คห.17/P145 Physicochemical and Antioxidant Properties of Different
Tamarind-water Ratios and Its Application in Mousse 901
By Wanwipa Aungkuldee Siriporn Riebroy Kim
Benya Manochai Ruangsak Komkhuntod
and Atikorn Panya

สาขาพืช

Subject: Plants

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

Effects of Macro-nutrient, Sucrose, BA and Coconut Water on Protocorm-like Bodies Induction from Shoot Tips of a Hybrid of *Phalaenopsis amabilis*

Siriporn Ployphommas[1*] and Surawit Wannakrairoj[1]

ABSTRACT

To accelerate micropropagation rate of *Phalaenopsis* from stem-propagation, experiments were performed to develop an efficient protocol for induction of protocorm-like bodies (PLBs) from shoot tips of a *Phalaenopsis* hybrid.Three shoot tips of 3.0 – 5.0 mm tall were cultured in each culture vessel containing modified Vacin and Went media (VW) agar media using 750 mg/l NH4NO3, or 840 mg/l KNO3, half-or full-strength VW or WS salt; 0, 10, 20 or 30 g/l sucrose; 0, 1, 2, 3, 4, or 5 mg/l BA and 150, 200, 250, 350 or 500 ml/l coconut water. All of the cultures were maintained for 8 weeks under 40 µmol $m^{-2}s^{-1}$, 12 hours a day, at 25° C. After 6 weeks of culture, the shoot tips cultured on modified VW media with750 mg/l $(NH_4)_2SO_4$, or 840 mg/l KNO_3, half- or full-strength VW yielded greenish PLBs. The average numbers of PLBs formation in each culture vessel were 0.26 PLBs, 0.18 PLBs, 0.16 PLBs and 0.08 PLBs respectively. For the BA experiment, the shoot tips cultured with 5, 4 and 3 mg/L BA produced average of 0.12 PLBs, 0.09, PLBs and 0.04 PLBs greenish PLBs per culture vessel respectively. Adding 350 and 500 ml/L coconut water led to only average of 0.07 PLBs and 0.18 PLBs greenish PLBs per culture vessel. Yellowish PLBs were obtained when 4 or 5 mg/L BA or 350 or 500 ml/L coconut water was added. However, the PLBs stayed in yellowish color for two weeks before turning brown and eventually died. There was no PLBs formation observed when using 0, 1, and 2 mg/L BA or any concentration of sucrose.

Key Words: Micro propagation, Orchid, Tissue culture, Vacin and Went, VW

*Corresponding author; e-mail address : **sployphommas@hotmail.com**

---

[1]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

INTRODUCTION

Phalaenopsis is one of the most beautiful plants genera in the family Orchidaceae. It has been used as potted plants and cut flower for interior decoration. *Phalaenopsis* has high economic value in the market (Grieshbach, 2002). Thailand is one of the top three countries that export *Phalaenopsis* orchids to the world market (Chaigaponlert, 2016). For rapid mass propagation, many explants of *Phalaenopsis* can be used as explants such as shoot, root, floral stalks, meristems, leaf segment, and shoot tips. The most-widely used micropropagation technique is the shoot-by-shoot techniques due to high chance of getting somaclonal variation. The technique leads to a time consuming process (George, 1993). To speed up the multiplication, protocorm-like bodies (PLBs) had been induced from leaf segments. However, most of the reports showed low percentages (0-17%) of PLBs formation with most of PLBs were on yellow color (Wang, 1989; George, 1993; Vamedesa, 2006). In the other hand, using media with high concentration of plant growth regulator (PGR) can cause genetic disorder to the plantlets (Arditti and Ernst, 1993). Therefore, this study was aimed to determine the feasibility of using macro-nutrient, sucrose BA, and coconut water to efficiently induce PLBs formation from shoot-tip, to avoid polysomaty status of a clone of *Phalaenopsis* hybrid.

.

MATERIALS AND METHODS

A clone of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* grown under aseptic condition for 8 months was used in this study. Shoot tips were cut into small pieces of approximately 3.0 – 5.0 mm tall. The shoot tips were placed on modified VW media to determine the effects of different concentration of macronutrient, sugar, BA and coconut water on PLBs fomation. For the first experiment, the modified Vacin and Went (1949) (VW) media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ or 840 mg/L KNO_3, half-strength VW, full-strength VW and WS media (Wannakrairoj, 1992) were examined. The second experiment, the effect of 0, 10, 20, and 30 g/L sucrose was investigated. The effect of 0, 1, 2, 3, 4, and 5 mg/L BA were studied in the third experiment. The last experiment was to determine on the PLBs of 150, 200, 350 and 500 ml/L coconut water induction effect.

All of the explants were cultured at 25°C under 40 µmol $m^{-2}s^{-1}$ light from Toshiba Daylight fluorescent tubes, 12 hours a day, for 8 weeks. Experiments were performed in a completely randomized design with 30 replications. Each replication had 3 shoot tips per culture vessel. Number of formed PLBs, number of survived PLBs, average PLBs size and PLBs color were recorded after 8 weeks of culture. The data were statistically analyzed and means were compared using Duncan's new multiple range tests by Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) program.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Effect of macro nutrient

After 8 weeks of shoot-tip culture, PLBs were obtained from the shoot-tips cultured on different media. The highest number of PLBs-forming shoot-tips per culture vessel, in the culture vessel with 3 shoot tips, were found on modified VW media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ (0.17 tips) or KNO_3 840 mg/L (0.13 tips), or basal VW (0.13 tips). These equal to 5.7, 4.3 and 4.3% respectively. The highest number of PLBs per culture vessel were observed on modified VW media with additional 750 mg $(NH_4)_2SO_4$ (0.26 PLBs) or 840 mg KNO_3 (0.18 PLBs) or basal VW (0.16 PLBs) respectively (Table 1). All of the PLBs were green and remained in good condition throughout the experiment. For the number of survived PLBs per culture vessel, the media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ (0.15 PLBs) or 840 mg/L KNO_3 (0.12 PLBs) basal VW (0.12 PLBs) and ½ VW (0.08 PLBs) gave the best result. These equal to 5.0, 4.0, 4.0 and 2.7% respectively. The shoot tips which could not developed into PLBs formed into shoots.

The modified VW with additional nitrogen from 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$, or 840 mg/L KNO_3 could not increase the number of PLBs-forming shoot-tips and total number of PLBs when comparing with basal VW. By comparing the average size of PLBs, the smallest PLBs were observed on WS media. The result was in agreement with Parvin, (2003) reporting that the shoot of *Juniperus excels* on the medium with half-strength MS nitrogen stimulated better callus production.

Table 1 Protocorm-like body formation of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* shoot-tips on media with different macronutrient, 8 weeks after inoculation*.

Macronutrient	PLBs-forming shoot-tip	Total number of PLBs	Number of survived PLBs	Average size of PLBs (PLBs)
VW	0.13 ab	0.16 ab	0.12 a	0.24 a
$(NH_4)_2SO_4$ 750 mg	0.17 a	0.26 a	0.15 a	0.31 a
KNO_3 840 mg	0.13 ab	0.18 ab	0.12 a	0.28 a
½ VW	0.08 bc	0.08 bc	0.08 a	0.26 a
WS	0.02 c	0.02 c	0.00 b	0.20 b
F-test	*	*	*	*
C.V.%	17.05	21.73	10.62	22.94

*Inoculated with 3 shoot-tips/culture vessel

*Significant at p<0.05

1/ Means in the same column with the same alphabet are not significant different at p<0.05 by DMRT

2. Effect of sucrose

After 8 weeks of shoot-tips cultured, very few of forming-PLBs shoot-tips per culture vessel and very few PLBs per culture vessel were observed on the media with 0, 20 or 30 grams sucrose (Table 2). The result was in contrast with Tanaka and Sakanishi (1980) finding off adding 20 – 40 gram/L sucrose and 200 ml/L coconut water were able to induce PLBs in *Phalaenopsis* Richard Shaffer 'Santa Cruz' leaf segment. This may due to different kind of explants in the two experiments.

Table 2 Protocorm-like body formation of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* shoot-tips on media with different sucrose concentration, 8 weeks after inoculation*

Sucrose Concentration (g/L)	PLBs-forming shoot-tips	Total number of PLBs	Number of survived PLBs	Average size of PLBs (PLBs)
0	0.01	0.01	0.01	0.20
10	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.02	0.02	0.02	0.25
30	0.01	0.01	0.01	0.20
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.%	7.29	7.29	15.67	68.22

*Inoculated with 3 shoot-tips/culture vessel

*ns = Not significant at p<0.05

3. Effect of BA

After 6 weeks of shoot-tips cultured, PLBs were obtained from the shoot-tips cultured on the media with 3-5 mg/L BA. The highest numbers of PLBs-forming shoot-tips per culture vessel were found on the media with BA at 5 mg/L (0.12 tips), 4 mg/L (0.093 tips) and 3 mg/L (0.04 tips) respectively (Table 3). These equal to 4.0, 3.1 and 1.3% respectively. The largest average size of PLBs was found on the shoot-tips on the media with BA at 5 mg/L (0.34 cm), 3 mg/L (0.29 cm) or 4 mg/L (0.24 cm). There was no PLBs formation on the medium with 2 mg/L BA. There were survived PLBs on the media with 3-5 mg/L BA. After transfer into the new media, all PLBs from 3 mg/L BA remained in green color throughout the experiment, but some PLBs from the media with 4 and 5 mg/L BA were in yellow color (Figure 2). Those PLBs remained in yellow color for 1 week then changed to gray color and eventually died. The result was in agreement with Ichihashi and Hiraiwa, (1996) reporting that culturing the leaf segment of *Phalaenopsis amabilis* in VW media with 3 mg/L BA or more were able to yield PLBs from leaf segments.

Table 3 Protocorm-like body formation of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* shoot-tips on media with different concentration of BA, 8 weeks after inoculation*.

BA concentration (mg/L)	PLBs forming shoot-tips	Total number of PLBs	Number of survived PLBs	Average size of PLBs (PLBs)
0	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b
1	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b
2	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b
3	0.04 b	0.05 b	0.04	0.29 b
4	0.09 a	0.15 a	0.08	0.24 b
5	0.12 a	0.19 b	0.09	0.34 a
F-test	*	*	ns	*
C.V.%	17.81	23.83	16.57	28.78

*Inoculated with 3 shoot-tips/culture vessel

*ns = Not significant at $p<0.05$

*Significant at $p<0.05$

1/ Means in the same column with the same alphabet are not significant different at $p<0.05$ by DMRT

Figure 1 Shoot tips of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* cultured on VW with 3, 4, 5 mg/L BA at 8 weeks of cultured. (Bar length is 0.1 cm)

Figure 2 Shoot tips of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* cultured on VW media with 4 and 5 mg/L BA were in yellow color then turned brown and eventually died at 8 weeks of cultured. (Bar length is 0.1 cm)

4. The effect of coconut water

After 6 weeks of shoot-tips culture, PLBs were obtained from the VW media with 150, 250, 350 and 500 ml/L coconut water. The highest numbers of PLBs-forming shoot-tips per culture vessel were found on the media with coconut water at 500 ml/L (0.12 tips) and 350 ml/L (0.05 tips). The highest number of PLBs was observed on 500 ml/L (0.18 PLBs) and 350 ml/L (0.07 PLBs) (Table 4). The largest average size of PLBs was found on 500 ml/L of coconut water. This share the same result as Puchooa, (2004) who found that, the highest PLBs number was obtained from MS medium with 0.1 mg/L BA and 0.1 mg/L NAA with 20% coconut water while lowest PLBs number was obtained from the media with 10% coconut water.

Table 4 Formation of PLBs of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* shoot-tips on media with differentiation amount of coconut water, 8 weeks after inoculation*.

Coconut water (ml/L)	PLBs forming shoot-tips	Total number of PLBs	Number of survived PLBs	Average size of PLBs (PLBs)
150	0.02 b	0.02 b	0.02	0.20 c
200	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00 b
250	0.01 b	0.01 b	0.01	0.30 b
350	0.05 ab	0.07 ab	0.04	0.26 b
500	0.12 a	0.18 a	0.08	0.35 a
F-test	*	*	ns	*
C.V.%	14.93	18.81	19.35	36.04

*Inoculated with 3 shoot-tips/culture vessel

*ns = Not significant at $p<0.05$

*Significant at $p<0.05$

1/ Means in the same column with the same alphabet are not significant different at $p<0.05$ by DMRT

CONCLUSION

Among the modification of VW media, they were best to induce PLBs from shoot-tips of a hybrid of *Phalaenopsis amabilis* using the basal VW media or modified VW media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ or 840 mg/L KNO_3, 5 mg/L BA, or 500 ml/L coconut water. However, only 5.7% of the cultured shoot tips produced PLBs. For the highest number of survived PLBs at the 8th week after inoculation, it was best to use the basal VW media or modified VW media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ or 840 mg/L KNO_3. Thus, from all of the media that were used in this experiment the best media that gave the highest number of PLBs induction and number of survived PLBs were on the basal VW medium or modified VW media with additional 750 mg/L $(NH_4)_2SO_4$ or 840 mg/L KNO_3 with 500 m/L coconut water.

REFERENCES

Arditti, J. and R. Ernst. 1993. **Micropropagation of Orchids**. John Wiley & Sons, Inc., New York

Chaigaponlert, O., 2016. **Orchids Export.** Source : http://www.ditp.go.th/contents_attach/92375/92375.pdf, 21 December 2016.

George, E.F. 1993. **Plant Propagation by Tissue Culture, Part 1: The Technology.** Exegetics Ltd., Hants

Griesbach, R.J. 2002. Development of Phalaenopsis orchids for the mass-market, pp. 458-465. *In*: J. Janick and A. Whipkey, eds. **Trends in New Crops and New Uses**. ASHS Press, Alexandria.

Ichihashi, S. and H. Hiraiwa. 1996. Effect of solidifier, coconut water, and carbohydrate source on growth of embryogenic callus in *Phalaenopsis* and allied genera. **The Journal of the Orchid Society of India** 10: 81-88

Parvin, S. 2003. Nitrogen effect on Callus Induction and Plant Regeneration of *Juniperus excels*. **International Journal of Agriculture & Biology** Vol. 5, No. 4

Puchooa, D. 2004. Comparison of Different Culture Media for the *In Vitro* Culture of *Dendrobium* (Orchidaceae).**International Journal of Agriculture & Biology** Vol. 6, No.5

Tanaka, M. and Y. Sakanishi. 1977. Clonal propagation of *Phalaenopsis* by leaf culture. **American Orchid Society Bulletin** 46: 733-737.

Vamedsa, R. 2006**. Axenic Induction of Protocorm-like Bodies from Protocorm and Seedling of *Phalaenopsis* Hybrid**. Master Degree Thesis, Kasetsart University, Bangkok.

Wannakrairoj, S. 1992. An improved medium for rapid micropropagation of *Rhynchostylis gigantean* Reidl., a vandaceous specie. **Fourth Asia Pacific Orchid Conference**: Programme and Abstracts. Chiang Mai, Thailand.

Wang, H.J. 1989. Rapid clonal propagation of *Phalaenopsis* by tissue culture. Acta. **Horticulturae Sinica** 16: 73-77.

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) ด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก

Seed Enhancement of Japanese Black Pine Seed (*Pinus thunbergii* Parl.) by Gibberellic Acid Solution

วัชรพล ประทุมทอง[1] พิจิตรา แก้วสอน[2*] และ ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์[2]

Watcharapol Parthumthong[1], Pichittra Kaewsorn[2*] and Tassanai Jaruwattanaphan[2]

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 8 ทรีตเมนต์ คือ เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) การขลิบเปลือกเมล็ด การแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 100 200 300 400 และ 500 ppm ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 ppm มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกได้เร็ว 6.65 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 11.92 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอก 85.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกช้าที่สุด คือ 7.70 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.20 วัน

ABSTRACT

The methods of seed enhancement in Japanese black pine seed by gibberellic acid (GA_3) solution were studied. The experiment was designed in Completely Randomized Design (CRD) with 8 treatments including: non-treated seeds (control), clipping, soaking seeds in the GA_3 solution of 0, 100, 200, 300, 400 and 500 ppm at 20°C for 48 hours. The results showed that soaked seeds in 500 ppm GA_3 solution tend to give the highest germination 88.00%, the fastest days to emergence (DTE) 6.65 days and the fastest mean germination time (MGT) 11.92 days when compared with non-treated seeds (control), which had 85.00% germination, 7.70 days of DTE and 13.20 days of MGT.

Key Words: germination, seed vigor, mean germination time, clipping

* Corresponding author; e-mail address: pichittra.k@ku.th

[1] นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรเกษตรเขตร้อน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Undergraduate student, Program of Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

บอนไซหรือไม้ดัดที่นิยมทั่วโลกมีจุดเริ่มต้นจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีพืชหลากหลายชนิดที่นำมาทำบอนไซ ได้แก่ สนซีด้าร์ (*Cedrus atlantica*) สนไซเปรส (*Chamaecyparis* sp.) สนจูนิเปอร์ (*Juniperus* sp.) สนคารามัตซึ (*Larix decudua*) แต่พันธุ์ที่นิยมมากที่สุด คือ สนดำญี่ปุ่น (*Pinus thunbergii* Parl.) เพราะมีลักษณะของเปลือกต้นเป็นร่องแตกลาย และใบเป็นรูปเข็ม เมื่อตัดแต่งกิ่งจะทำให้เป็นพุ่มสวยงาม (Chan, 2014) สนดำญี่ปุ่นอยู่ในวงศ์ Pinaceae เป็นสนที่เหมาะสำหรับนำมาทำบอนไซในประเทศไทย เนื่องจากเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด และมีการเจริญเติบโตของใบเรียงกันอย่างสม่ำเสมอ เมื่อนำไปทำบอนไซจะมีคุณภาพดีกว่าต้นสนพันธุ์อื่น ๆ (Harrington, 1977) การขยายพันธุ์สนดำด้วยเมล็ดทำให้มีการเจริญเติบโตของต้นดีกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่มักพบปัญหาเมล็ดมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากเมล็ดมีการพักตัวแบบเปลือกเมล็ดหนาแข็ง ซึ่งใช้เวลาในการงอกนาน 30-60 วัน (Asai and Futai, 2001) สนดำญี่ปุ่นเป็นสนพื้นเมืองในพื้นที่ชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ต้นสามารถเติบโตได้สูงถึง 40 เมตร ใบมีลักษณะยาวแหลมเหมือนเข็มเรียงเป็นคู่ ยาวประมาณ 7-12 เซนติเมตร ลูกสนยาว 4-7 เซนติเมตร หลังจากต้นอายุ 5 ปี ลูกสนจะเริ่มมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสามารถนำไปขยายพันธุ์ได้ น้ำหนักเมล็ด 1 ปอนด์ (0.436 กิโลกรัม) มีจำนวน 34,000 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาล รูปร่างเรียว ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร (USDA and NRCS, 2002) เนื่องจากสนชนิดนี้มีความทนทานต่อมลพิษและความเค็มของดิน จึงนิยมนำไปปลูกประดับภายในสวน และยังถือว่าเป็นหนึ่งในพืชชนิดแรก ๆ ที่ถูกนำมาใช้เป็นบอนไซ ในทวีปอเมริกาเหนือสนชนิดนี้กำลังประสบปัญหาถูกคุกคามจากไส้เดือนฝอยไม้สน (*Bursaphelenchus xylophilus* หรือ pinewood nematode) ซึ่งเป็นปรสิตท้องถิ่นที่มีแมลงปีกแข็ง (pine sawyer beetle) เป็นพาหะ และยังมีเชื้อราสีฟ้า (blue-stain fungus) คอยเบียดเบียนและแย่งอาหารสนชนิดนี้ ทำให้สนดำญี่ปุ่นล้มตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้หนอนไม้สนยังได้แพร่พันธุ์เข้าไปในประเทศญี่ปุ่น ส่งผลให้สนดำญี่ปุ่นอยู่ในภาวะใกล้สูญพันธุ์ไปจากถิ่นกำเนิด (Barnes and Wagner, 2004) สนดำญี่ปุ่นมีความโดดเด่น คือ ใบมีสีเขียวเข้ม สวยงาม สามารถปลูกได้ในดินหลายชนิด เจริญได้ดีในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตั้งแต่ 6.5 ขึ้นไป ทนเค็มและทนแล้งได้ดี ต้องการธาตุอาหารน้อยกว่าพืชชนิดอื่น ๆ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส แต่ในสภาพธรรมชาติมักมีปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันเป็นที่ต้องการในประเทศไทยและในกลุ่มประเทศแถบยุโรป โดยทั่วไปถือว่าเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตช้า สนดำญี่ปุ่นอายุ 5 ปี มีความสูงเพียง 15 เซนติเมตร นอกจากนี้เนื้อไม้ยังสามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่ง เช่น ชุดรับแขก เครื่องใช้จากไม้ได้ (Chan, 2014)

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ให้มีความพร้อมก่อนนำไปปลูกเป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี ทำให้เมล็ดมีความงอกสูง งอกเร็ว และสม่ำเสมอ ส่งผลให้ได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและเจริญเติบโตพร้อมกัน การกระตุ้นความงอกมีหลายวิธี เช่น การแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ซึ่งเป็นสารส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไฮโดรไลติค (hydrolytic enzyme) เช่น α-amylase หรือ protease ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต หรือวิธีการแช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก ทำให้เปลือกอ่อนนุ่ม น้ำสามารถผ่านเข้าไปได้อย่างรวดเร็ว เมล็ดจึงงอกได้เร็ว (Copeland and McDonald, 2001) นอกจากนี้ Krugmen and Jenkinson (1974) รายงานว่าการเพาะเมล็ดสนขาว (white pine) ที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ ทำให้เมล็ดงอกได้มาก

ขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วยสารควบคุมความดันออสโมซิส (osmopriming) โดยการแช่เมล็ดในสาร polyethylene glycol (PEG) 8000 ค่าชลศักย์ -0.4 และ -1.2 MPa เป็นเวลา 3 วัน ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีผลทำให้เมล็ดมีความงอก 93.3 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี osmopriming มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 3.6 และ 3.7 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 5.1 วัน (Kim *et al*, 2010) ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วยสาร GA_3 ให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นจากรัฐมิซซูรี ประเทศสหรัฐอเมริกา มาศึกษาการกระตุ้นความงอกด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การขลิบเปลือกเมล็ดด้านตรงข้ามกับขั้วเมล็ด และการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 ppm (น้ำ reverse osmosis; RO) 100 200 300 400 และ 500 ppm ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 8 ทรีตเมนต์

การบันทึกข้อมูล

1. ความงอก (germination)

นำเมล็ดมาเพาะทดสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination test) ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดบนกระดาษชื้น (top of paper; TP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด วางเมล็ดในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิสลับ 20-30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ในสภาพมืด และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง ตรวจนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของ International Seed Testing Association (ISTA) โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติครั้งแรก 7 วันหลังเพาะเมล็ด (first count) และนับครั้งสุดท้าย (final count) 21 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย (ISTA, 2011) จากนั้นคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติ} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}}$$

2. จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE)

เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอกมาตรฐาน ตรวจนับเมล็ดที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 21 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณหาจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก จากสูตร (Dhillon, 1995)

$$\text{DTE (day)} = \frac{(N_1 \times D_1) + (N_2 \times D_2) + \dots + (N_n \times D_n)}{T}$$

T คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่มีการแทง radicle ออกมา

$N_{1, 2, ..., n}$ คือ จำนวนเมล็ดที่มีการแทง radicle ออกมาในวันที่ 1, 2, …, n (n=21)

$D_{1, 2, ..., n}$ คือ จำนวนวันที่นับหลังจากเพาะเมล็ด 1, 2, …, n (n=21)

3. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT)

เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอกมาตรฐาน ตรวจนับต้นอ่อนปกติทุกวันเป็นเวลา 21 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอก มีหน่วยเป็นวัน จากสูตร (Ellis and Roberts, 1980)

$$MGT\ (day) = \frac{(G_1 \times D_1) + (G_2 \times D_2) + \dots + (G_n \times D_n)}{total\ germination}$$

$G_{1, 2, ..., n}$ คือ จำนวนต้นอ่อนปกติ ในวันที่ 1, 2, …, n (n=21)

$D_{1, 2, ..., n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, …, n (n=21) นับหลังจากวันที่เพาะเมล็ด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ความงอก (germination)

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นก่อนนำไปปลูก โดยการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) การแช่เมล็ดในน้ำ หรือสารละลาย GA_3 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดมีความงอกประมาณ 74.00-88.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) อย่างไรก็ตาม เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO หรือเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 ppm มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) อาจเป็นเพราะน้ำหรือสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 ppm ช่วยส่งเสริมกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ดในระหว่างกระบวนการงอก โดยน้ำช่วยทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่มซึมผ่านเข้าไปภายในได้และช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหารต่าง ๆ ที่เมล็ดเก็บสะสมไว้ให้สามารถนำไปใช้ได้รวดเร็วขึ้น ส่วนสาร GA_3 ช่วยย่อยสลายอาหารสะสมภายในเมล็ด ทั้งยังเป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตพืช โดยช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ได้ เช่น α- และ β- amylase เพื่อย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม จึงทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น (วันชัย, 2553) ส่วนการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำที่สุด คือ 74.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) และพบเมล็ดตายเป็นจำนวนมาก คือ 20 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) อาจเป็นเพราะการขลิบเปลือกเมล็ดเป็นการทำให้เมล็ดมีช่องเปิดให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้เร็วขึ้น แต่รอยแผลอาจทำให้เชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายได้ง่าย หรือการขลิบเปลือกเมล็ดอาจไปโดนเอ็มบริโอภายในเมล็ด ทำให้เอ็มบริโอได้รับความเสียหาย จึงทำให้เมล็ดตายได้

Table 1 Germination of Japanese black pine seeds by different methods

Treatment	Germination (%)
non-treated seeds (control)	85.00
clipping	74.00
soaking seeds in 0 ppm GA_3 solution (RO water)	87.00
soaking seeds in 100 ppm GA_3 solution	83.00
soaking seeds in 200 ppm GA_3 solution	78.00

soaking seeds in 300 ppm GA_3 solution	84.00
soaking seeds in 400 ppm GA_3 solution	84.00
soaking seeds in 500 ppm GA_3 solution	88.00
F-test	ns
CV (%)	11.24

ns Nonsignificant at the 0.05 propability level

วิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นไม่มีผลทำให้ต้นอ่อนผิดปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figture 1) โดยมีต้นอ่อนผิดปกติประมาณ 2.00-5.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่มีลักษณะเปลือกเมล็ดติดอยู่กับใบเลี้ยง

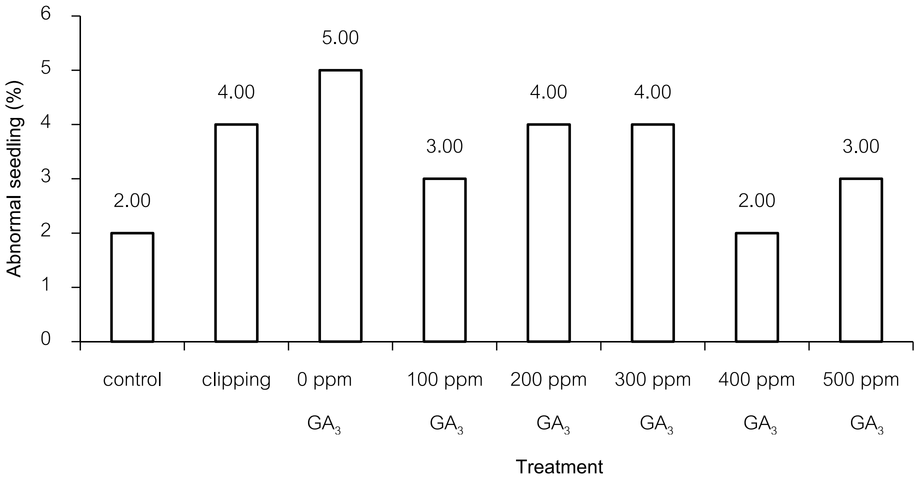


Figure 1 Abnormal seedling of Japanese black pine seed by different methods

วิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นไม่มีผลทำให้เมล็ดสดไม่งอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) โดยมีเมล็ดสดไม่งอกเพียงเล็กน้อยประมาณ 0-2.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะเมล็ดสดไม่งอกเป็นเมล็ดที่ดูดน้ำเข้าไปได้ เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีการงอกของเมล็ด แสดงว่าเมล็ดโดยส่วนใหญ่ไม่มีการพักตัว

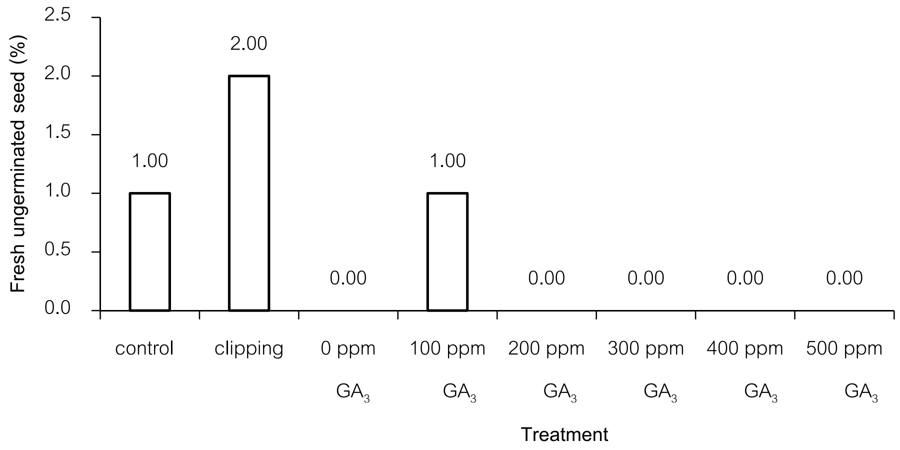


Figure 2 Fresh ungerminated seed of Japanese black pine seed by different methods

วิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นไม่มีผลทำให้เมล็ดตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3) โดยมีเมล็ดตายประมาณ 8.00-20.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) พบเมล็ดตายมากที่สุด คือ 20.00 เปอร์เซ็นต์ โดยถูกทำลายจากเชื้อรา และเมล็ดเน่าเละจากเชื้อแบคทีเรีย อาจเป็นเพราะการขลิบเปลือกเมล็ดอาจไปทำลายเอ็มบริโอภายในเมล็ด หรือเกิดรอยแผลทำให้เชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายเมล็ดได้ง่าย

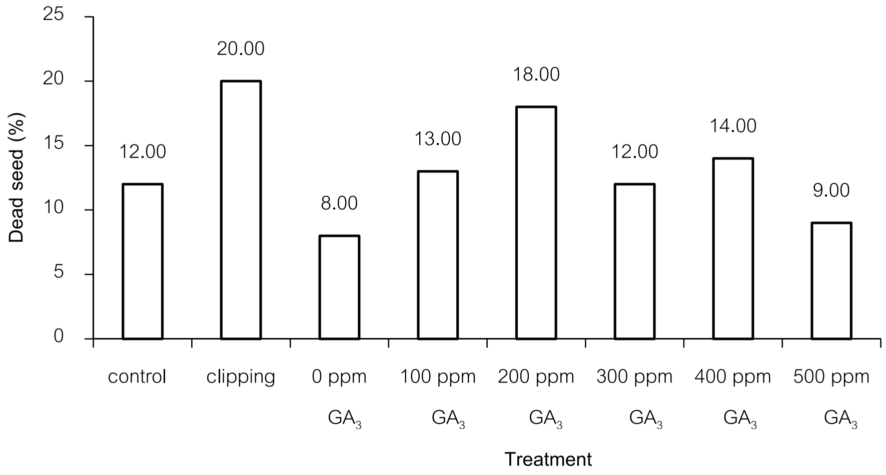


Figure 3 Dead seed of Japanese black pine seed by different methods

2. **จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก** (days to emergence)

จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการปรากฏรากของเมล็ด หากเมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดนั้นมีความแข็งแรงและเมล็ดสามารถงอกรากได้เร็ว (Dhillon, 1995) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นโดยการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) การแช่เมล็ดในน้ำ หรือสารละลาย GA_3 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย ความเข้มข้น 200 ppm มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด คือ 5.55 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 และ 300 ppm มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก 6.17 และ 6.05 วัน ตามลำดับ เพราะสาร GA_3 ช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ β- amylase เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเอนไซม์ protease จะช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต (วันชัย, 2553) ส่วนเมล็ดที่มีการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกช้าที่สุด คือ 7.75 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) โดยมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก คือ 7.70 วัน เพราะการขลิบเมล็ดอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างภายในเมล็ด อาจทำให้เมล็ดงอกช้า ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเปลือกเมล็ดที่หนาแข็งทำให้น้ำและออกซิเจนซึมผ่านเข้าได้อย่างช้า ๆ จึงใช้เวลาในการงอกนาน

3. **เวลาเฉลี่ยในการงอก** (mean germination time)

เวลาเฉลี่ยในการงอกเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการงอกของเมล็ด หากเมล็ดที่มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดนั้นงอกได้เร็ว (Ellis and Roberts, 1980) การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วย

การขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) การแช่เมล็ดในน้ำ หรือสารละลาย GA_3 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 200 ppm มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 11.77 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 100 300 400 และ 500 ppm โดยเมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 11.92-12.80 วัน เพราะการแช่เมล็ดในน้ำ หรือสารละลาย GA_3 สามารถกระตุ้นความงอกของเมล็ดได้ โดยน้ำทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในได้เร็ว เมล็ดจึงงอกได้เร็ว ส่วนสาร GA_3 ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด กระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ และเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (จวงจันทร์, 2529) ส่วนเมล็ดที่มีการขลิบเปลือกเมล็ด (clipping) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.47 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอก คือ 13.20 วัน อาจเป็นเพราะการขลิบเปลือกเมล็ดทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างภายในเมล็ด จึงทำให้เมล็ดงอกช้า ส่วนเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีเปลือกหนาแข็งจึงทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดช้า เมล็ดจึงงอกช้า

ดังนั้น การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกได้เร็ว 6.65 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 11.92 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอก85.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกช้าที่สุด คือ 7.70 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.20 วัน

Table 2 Days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) of Japanese black pine seed by different methods

Treatment	DTE (days)	MGT (days)
non-treated seeds (control)	7.70 a[1/]	13.20 a
clipping	7.75 a	13.47 a
soaking seeds in 0 ppm GA_3 solution (RO water)	6.17 bc	11.92 cd
soaking seeds in 100 ppm GA_3 solution	6.42 b	12.35 bcd
soaking seeds in 200 ppm GA_3 solution	5.55 bc	11.77 cd
soaking seeds in 300 ppm GA_3 solution	6.05 bc	12.05 cd
soaking seeds in 400 ppm GA_3 solution	6.27 b	12.50 bcd
soaking seeds in 500 ppm GA_3 solution	6.65 b	12.80 bcd
F-test	*	*
CV (%)	6.91	4.99

[1/] Means in the same column followed by a same letter are not significantly difference at $p \leq 0.05$ by Duncan's new multiple range test

สรุป

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์สนดำญี่ปุ่นด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกได้เร็ว 6.65 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 11.92 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (control) มีความงอก 85.00 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกช้าที่สุด คือ 7.70 วัน และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 13.20 วัน

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Asai, E.I. and K. Futai. 2001. Retardation of pine wilt disease symptom development in Japanese black pine seedlings exposed to simulated acid rain and inoculated with *Bursaphelenchus xylophilus*. **Journal of Forest Research** 6 (4): 297-302.

Barnes, B.V. and W.H. Wagner. 2004. **Michigan Trees a Guide to the Trees of the Great Lakes Region**. University of Michigan Press, USA.

Chan, P. 2014. **The Bonsai Bible**. 2nd ed. Octopus Publishing, China.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. **Principles of Seed Science and Technology**. 4th ed. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Dhillon, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. **Seed Science and Technology** 23: 881-884.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany** 45(1): 13-30.

Harrington, C.A. 1977. G77-380 Growing conifers from seed. **Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension** 851.

ISTA (International Seed Testing Association). 2011. **International Rules for Seed Testing.** Brassersdorf, Switzerland.

Kim, D.H., H.H. Sim and J.C. Lee. 2010. Germination and biochemical changes in accelerated aged and osmoprimed *Pinus thunbergii* seeds. **Journal of Korean Forest Society** 99(2): 244-250.

Krugmen, S.L. and J.L. Jenkinson. 1974. *Pinus* L. pine. **Agricultural Handbook** 450: 598-638.

USDA (United States Department of Agriculture) and NRCS (National Regulator for Compulsory Specifications). 2002. **Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.)**. Available Source: https://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs_pith2.pdf, October 4, 2017.

ผลของสารผสมที่ใช้ร่วมกับวัสดุปลูกที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก

The effect of mixture substances used in substrate culture on pathogenic fungi and the decay mushrooms

ญาณิศา แก้วบังวัน[1] ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล[1*] และ รัติยา พงศ์พิสุทธา[1]

Yanisa Kaeobangwan[1], Chainarong Rattanakreetakul[1*] and Ratiya Pongpisutta[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารผสมที่ใช้ร่วมในการปลูกพืชในวัสดุปลูก ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium* sp., *Sclerotium rolfsii, Rhizoctonia solani* และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก ในระดับห้องปฏิบัติการ ทดสอบกับสารผสมและสารปรับปรุงดิน 5 ชนิด ได้แก่ humic acid, fulvic acid, chito-oligo saccharide, chitosan, benzothiadiazole ที่ความเข้มข้น 0, 500, 1000, 2000 ppm พบว่า การทดสอบใน poisoned food และ soil extracted สำหรับสารชนิดเดียวกัน จะพบว่า humic acid. Fluvic acid. chito-oligo saccharide และ chitosan มีผลในทางการกระตุ้นการเจริญของเชื้อรา สำหรับสาร benzothiadiazole มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ การทดสอบผลของสารผสมโดยการฉีดพ่นกับต้นเมล่อน พบว่าสาร chito-oligo saccharide และ chitosan มีผลในทางกระตุ้นการเจริญของต้นเมล่อนได้ดี แต่สาร benzothiadiazole ทำให้ความสูงของเมล่อนน้อยกว่าชุดควบคุม เมื่อทดสอบการปลูกเชื้อลงบนลำต้นเมล่อนที่ได้รับสาร พบว่า ลำต้นของเมล่อนที่ได้รับ chito-oligo saccharide สามารถยับยั้งการทำลายของเชื้อรา *S. rolfsii* และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก

ABSTRACT

Effects of the mixtures substances for substrate cultivation on growth of fungi as *Pythium* sp., *Sclerotium rolfsii, Rhizoctonia solani* and the decay mushrooms were tested *in vitro*. Five mixtures substances and soil conditioners including humic acid, fulvic acid, chito-oligo saccharide, chitosan, benzothiadiazole were tested at concentrations of 0, 500, 1000 and 2000 ppm. In both poisoned food and soil extracted test, the results showed that humic acid, chito-oligo saccharide and chitosan could promote the fungal growth except benzothiadiazole was inhibited to the fungi. In melon treated with the substances chito-oligo saccharide and chitosan were promoted the plant growth but not in benzothiadiazole treated plant. The fungi were inoculated to the treated melon stem. The result showed the melon treated with chito-oligo saccharide could reduced the infected lesion from *R. solani, S. rolfsii* and the decay mushroom.

Key Words: Humic acid, Fulvic acid, Benzothaiadizote, soil extract medium

* Corresponding author; e-mail address: crattan99@yahoo.com

---

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Plant pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Nakhorn Pathom 73140

คำนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกพืชในวัสดุใด ๆ ที่ไม่ใช่ดิน เช่น ปลูกในทราย กรวด หิน วัสดุอินทรีย์ เช่น แกลบ กาบมะพร้าว ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย หรือการปลูกในน้ำที่มีธาตุอาหารของพืชละลายปนอยู่ (เมธิน, 2536) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นเป็นการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Styer and Koranski, 1997) เพื่อเพิ่มปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต โดยสามารถควบคุมน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารได้ (Resh, 1978; Doulas, 1985)

สารปรับปรุงดิน คือสารที่ได้จากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีของดิน ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (คณะกรรมการกำหนดมาตรการควบคุมการผลิตและจำหน่ายสารปรับปรุงดิน, 2542) สารปรับปรุงดินที่มีจำหน่ายมีหลายประเภท เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ สารอินทรีย์ธรรมชาติ สารอินทรีย์สังเคราะห์ เช่น กรดฮิวมิก กรดฟูลวิก เป็นต้น รวมถึงสารผสมหรือสารเดี่ยวจากสารอนินทรีย์หรือสารเคมี (ปิยะ, 2556) เช่น ยิปซัม ซีโอไลต์ แคลเซียมพอลิซัลไฟด์ เป็นต้น การใช้สารปรับปรุงดินสามารถใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพในระหว่างการเตรียมดินแล้ว ยังมีการใช้โดยการฉีดพ่น สารปรับปรุงดินนอกจากมีประโยชน์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังสามารถกระตุ้นการตอบสนองต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช โดยAbdel-Monaim (2011) ได้ศึกษาการใช้ benzothiadiazole และ humic acid เพื่อเหนี่ยวนำความต้านทานโรคเหี่ยวในถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทดสอบสารผสมและสารปรับปรุงดินในสภาพการฉีดพ่นเพื่อผลิตเมล่อนในระบบวัสดุปลูก เพื่อศึกษาผลของสารมีต่อการเจริญของเมล่อนและผลที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคในดิน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตพืชด้วยวัสดุปลูกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของสารผสมและสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก ในห้องปฏิบัติการ

1.1 การเตรียมเชื้อราและเชื้อเห็ด

เชื้อรา *Pythium* sp, *S. rolfsii, R. solani* นำมาจากห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา และห้องปฏิบัติการราวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และแยกเชื้อเห็ดที่พบในบริเวณของวัสดุปลูกที่ผุพังและเห็ดออรินจิ ได้จากการแยกเชื้อด้วยวิธี tissues transplanting technique (Agrios, 1978) นำเชื้อราไปเพิ่มปริมาณเส้นใยบนอาหาร PDA (potato dextrose agar) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

1.2 การศึกษาผลของสารผสมและสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยวิธี Poisoned food technique

ทดสอบประสิทธิภาพของสารผสมและสารปรับปรุงดินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Pythium* sp., *S. rolfsii, R. solani* และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกในระดับห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี Poisoned food technique (Agrios, 1978) ทำการทดลองโดยการวางแผนการทดสอบแบบ CRD จำนวน 6 ซ้ำ ทดสอบกับสารผสมและสารปรับปรุงดินทางการค้า 5 ชนิด ได้แก่ humic acid (100%), fulvic acid (100%), chito-oligo saccharide (60%), chitosan (80%), benzothiadiazole (100%) จำนวน 4 ความเข้มข้นที่ 0, 500, 1000, 2000 ppm ตามที่ Abdel Monaim (2001) และ El-Ghamry (2009) ได้ทำการศึกษาไว้ ผสมในอาหาร PDA

จากนั้นเทลงในจานเลี้ยงเชื้อ ย้ายชิ้นวุ้นที่มีปลายเส้นใยเชื้อราทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดโคโลนีของเส้นใยที่เจริญเติบโต และการสร้างเม็ด sclerotium และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติ

1.3 การศึกษาผลของสารผสม และสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกจาก soil extract medium

เตรียม soil extract medium ตามวิธีการของ Subba Rao (1977) โดยนำวัสดุปลูก 200 กรัม ที่ผสมสารผสมและปรับปรุงดินทางการค้าจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ humic acid ที่ 0.04 กรัม, fulvic acid ที่ 0.25 กรัม, chito-oligo saccharide ที่ 0.5 มิลลิลิตร, chitosan ที่ 0.5 มิลลิลิตร และ benzothiadiazole ที่ 0.25 กรัม และผสมน้ำ 500 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 12 ชั่วโมงและนำไปสกัดด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที กรองส่วนใสและปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร ปรับ pH 6.8 เติมผงวุ้น 7.5 กรัม นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทดสอบจากสารสกัดจากดินที่ผสมสารปรับปรุงดิน 7 ชนิด วางแผนการทดสอบแบบ CRD ทำการปลูกเชื้อ และตรวจวัดเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 1.2

2. การศึกษาผลของสารผสม และสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน ในสภาพโรงเรือน

2.1 การเตรียมวัสดุปลูก และการเตรียมสารปรับปรุงดิน

วัสดุปลูกพื้นฐานที่ใช้ในการทดลองจะเป็นอินทรียวัตถุ ประเภท กาบมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ ใช้กาบมะพร้าวสับ และขุยมะพร้าว ที่ผ่านการแช่น้ำ 48 ชั่วโมง ผสมกาบมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร ตามลำดับ บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 10 x 15 นิ้ว สำหรับปลูกต้นกล้า โดยผสมกับ humic acid 10 กรัมต่อถุง เป็นวัสดุปลูกพื้นฐาน

เตรียมสารผสมที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อการฉีดพ่นลงผิวใบ โดยใช้ปริมาณตามที่ฉลากแนะนำดังนี้ fulvic acid ในอัตรา 0.25 กรัม ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร, chito-oligo saccharide(BIG®) ในอัตรา 0.5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร, chitosan (ไคโตซานตราปลามังกร®) ในอัตรา 0.5 มิลลิตร ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร และ benzothiadiazole ในอัตรา 0.25 กรัม ต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร ตามรายงานของ Abdel-Monaim *et al*. (2011)

2.2 การทดสอบสารผสมเพื่อการปลูกเมล่อน ในระบบ substrate culture

ทำการเพาะเมล่อนจากเมล็ด โดยแช่เมล็ดในน้ำอุ่นนาน 5 นาที และนำไปบ่มให้ความชื้นในที่มืดเป็นระยะเวลา 2 วัน นำไปเพาะลงในพีทมอส เมื่ออายุต้นกล้า 2 สัปดาห์ ย้ายต้นกล้าลงถุงที่บรรจุวัสดุปลูก และให้สารผสมและสารปรับปรุงดินที่เตรียมไว้ตามอัตราในข้อ 2.1 ทำการฉีดพ่นบนผิวใบทั่วทั้งต้น ครั้งละ 20 มิลลิลิตร ทุก 7 วัน จำนวน 2 ครั้ง บันทึกผลความสูง ข้อใบ และน้ำหนักสดส่วนลำต้นเหนือดิน เมื่อครบกำหนด 21 วัน

2.3 การศึกษาการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยการปลูกเชื้อลงบนต้นเมล่อนที่ได้รับสารผสม

ทดสอบความสามารถในการเกิดแผลบนต้นเมล่อนที่ได้รับสารผสมและปรับปรุงดิน โดยนำต้นเมล่อนจากการทดลองข้อ 2.2 นำมาปลูกเชื้อด้วยเส้นใยของเชื้อรา *Pythium* sp., *S. rolfsii*, *R. solani* และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก ทำแผล 3 แผลต่อเชื้อรา โดยใช้เข็มเขี่ยปลายแหลมทำแผลบนลำต้นเมล่อน วางด้วย

ชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยของเชื้อราลงบนแผล บ่มลำต้นเมล่อนในกล่องพลาสติก ที่ชื้น เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจวัดขนาดของแผลที่เชื้อราเข้าทำลายภายหลังการวางเชื้อไว้ 2 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของสารผสม และสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยวิธี Poisoned food technique

จากการศึกษาผลของสารปรับปรุงดิน ได้แก่ humic acid, fulvic acid, chito-oligo saccharide, chitosan, benzothiadiazole ที่ความเข้มข้น 0, 500, 1000, 2000 ppm. ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Pythium* sp., *S. rolfsii, R. solani* และและเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยวิธี poisoned food technique พบว่า benzothiadiazole ที่ความเข้มข้น 2000 ppm มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทุกชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทุกสารทดสอบ ที่ 3.47, 3.48, 3.40, 3.22, 1.85 และ 1.23 ตามลำดับ (Table 1) และจะสังเกตได้ว่ามีการยับยั้งการสร้างเม็ด sclerotium ของ *S. rolfsii, R. solani* และพบว่า สารปรับปรุงดินชนิด fulvic acid 500 ppm,1000 ppm และ 2000 ppm ทำให้เชื้อรา *R. solani* และเห็ดออรินจิ เจริญเติบโตได้ดีกว่าเชื้อในชุดควบคุมที่ 8.90, 8.90, 8.77, 5.60, 5.10 และ 4.55 ตามลำดับ (Table 1) ในขณะที่เชื้อเห็ดทั้งสามชนิดมีการเจริญได้ดีกว่าชุดควบคุมบนอาหารที่ผสมสาร fulvic acid และ humic acid อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสาร fulvic acid สอดคล้องกับรายงานของ Lodhi *et al.* (2013) ได้รายงานไว้ว่า humic acid ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราโรคพืช

ผลของสารผสม และสารปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยวิธี Soil extract medium

จากการศึกษาผลของสารผสมและสารปรับปรุงดิน ได้แก่ humic acid, fulvic acid, chito-oligo saccharide, chitosan, benzothiadiazole, ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Pythium* sp., *S. rolfsii, R. solani* และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูกด้วยวิธี Soil extract medium พบว่า สารทดสอบกลุ่มสารผสมและสารปรับปรุงดินทุกชนิดไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา *R. solani* ในขณะที่ *S.rolfsii* มีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 4.02 เซนติเมตร บนอาหาร soil extracted ที่ผสม benzothiadiazole สำหรับเชื้อรา *Pythium* sp. มีการเจริญเติบโตเพียง 4.98 เซนติเมตร ถูกยับยั้งโดยสาร chito oligo saccharide เมื่อเทียบกับสารตัวอื่นในกลุ่มเชื้อเห็ดทั้งสามชนิดจะพบว่าสารแต่ละชนิดมีผลเพียงเล็กน้อย (Table 2)

ผลของการปลูกเมล่อนในระบบ substrate culture **ที่เสริมด้วยสารผสม และสารปรับปรุงดิน**

ทำย้ายต้นกล้าเมล่อนลงปลูกในวัสดุปลูกที่มีสาร humic ผสมเป็นพื้นฐาน พร้อมฉีดพ่นด้วยสารผสมและสารปรับปรุงดิน ได้แก่ fulvic acid, chito-oligo saccharide, chitosan, benzothiadiazole กับต้นกล้าเมล่อนเมื่ออายุ18 วัน ทำการวัดความสูง จำนวนข้อใบของต้นเมล่อน (Table 3) พบว่า humic acid ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานในการช่วยให้เมล่อนเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับ Mylonas and Mccant (1980) ที่พบว่าการใช้ humic acid ทำให้ต้นยาสูบมีความสูง และจำนวนรากมากขึ้น และ Seenivasan and Senthilnathan (2017) ได้ทดลองใช้ humic acid กับต้นกล้วย พบว่า ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดี สำหรับผลของสารผสม และสารปรับปรุงดินที่ฉีดพ่น พบว่า chitosan และ chito-oligo saccharide ทำให้พืชเจริญได้มากสุด ทั้งนี้ไม่มีผลต่อจำนวนข้อที่

พืชสร้าง สำหรับ benzothiadiazole มีผลทำให้ความสูงลดลง แต่มีจำนวนข้อที่ปกติ ซึ่งต่างจาก Abdel-Monaim *et al.* (2011) กล่าวว่า การใช้ humic acid คู่กับ benzothiadiazole ทำให้ถั่วเหลืองเจริญเติบโตดีและกระตุ้นกลไกธรรมชาติให้พืชต้านทานโรคได้

Table 1 Growth rate of *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani, Sclerotium roflsii,* White mushroom, Yellow mushroom, *Eringii* mushroom at different concentrations of mixtures substances and soil conditioners with poisoned food technique

Treatment	Mycelium growth (cm)					
	R S 1/	S R 2/	P 3/	W M 4/	Y M 5/	E M 6/
Control	3.90bc	6.95abcd	6.99d	6.80bc	2.18cde	1.84efg
HA 7/ 500 ppm	8.87a	7.40a	6.72de	6.80bc	2.22cd	2.15ef
HA 1000 ppm	8.83a	7.52a	6.87de	6.58c	2.10cdef	2.77d
HA 2000 ppm	8.87a	6.67bcde	6.62de	6.35c	2.20cde	2.42de
FA 8/ 500 ppm	8.90a	7.23ab	6.65de	7.25ab	2.68ab	4.55c
FA 1000 ppm	8.90a	7.28ab	6.65de	7.15ab	2.77a	5.10b
FA 2000 ppm	8.77a	7.05abc	6.48e	7.43a	2.78a	5.60a
CS 9/ 500 ppm	4.05bc	6.23de	8.13ab	5.13de	2.15cdef	1.53gh
CS 1000 ppm	3.73cd	6.27de	7.80bc	5.25def	2.08cdef	1.72fgh
CS 2000 ppm	3.43d	5.90e	7.58c	5.22de	2.08cdef	1.72fgh
CH 10/ 500 ppm	4.17b	6.18e	8.30a	5.38d	2.33bc	1.27h
CH 1000 ppm	4.02bc	6.45cde	7.83bc	5.67d	2.32bc	1.33gh
CH 2000 ppm	4.15b	6.48cde	7.90bc	5.47d	2.22cd	1.42gh
BZ 11/ 500 ppm	4.10bc	4.47f	5.25f	4.83e	1.78f	1.25h
BZ 1000 ppm	4.03bc	3.78g	4.43g	3.62f	1.95def	1.28gh
BZ 2000 ppm	3.47d	3.48g	3.40h	3.22f	1.85ef	1.23h
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3.28	6.37	3.33	4.74	8.94	12.89

*Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 95% level by DMRT

** significant at $p \leq 0.01$

1/ *Rhizoctonia solania* at 1 day
2/ *Sclerotium rolfsii* at 3 day
3/ *Pythium* sp at 1 day
4/ White mushroom at 4 day
5/ Yellow mushroom at 4 day
6/ *Eringii* mushroom at 6 day
7/ humic acid
8/ fulvic acid
9/ chito-oligo saccharide
10/ chitosan
11/ benzothiadizoe

Table 2 Growth rate of *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani, Sclerotium roflsii,* White mushroom, Yellow mushroom, *Eringii* mushroom at different concentrations of mixtures substances and soil conditioners with soil extract medium

Treatment	Mycelium growth (cm)					
	R S [1/]	S R [2/]	P [3/]	W M [4/]	Y M [5/]	E M [6/]
PDA	2.88b	8.95a	5.90b	3.23abc	2.63ab	2.08d
Soil Extract	3.75a	6.63bc	5.98b	2.55d	2.33b	3.03bc
HA[7/]	3.82a	6.78bc	6.87a	3.37a	3.45a	3.87a
FA[8/]	4.13a	6.72bc	5.99b	3.32ab	2.60ab	3.30b
CS[9/]	4.07a	6.80b	4.98c	2.90bcd	3.15ab	2.50cd
CH[10/]	4.00a	6.40bc	6.65a	3.10abc	2.72ab	3.38ab
BZ [11/]	4.18a	4.02d	6.77a	3.05abc	2.67ab	2.75c
F-test	**	**	**	*	ns	**
CV (%)	8.92	5.58	3.43	8.31	18.33	9.74

*Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 95% level by DMRT

** significant at $p \leq 0.01$ * significant at $p \leq 0.05$ ns non-singnificant difference

1/ *Rhizoctonia solania* at 1 day 5/ Yellow mushroom at 4 day 9/ chito-oligo saccharide

2/ *Sclerotium rolfsii* at 3 day 6/ *Eringii* mushroom at 6 day 10/ chitosan

3/ *Pythium* sp at 1 day 7/ humic acid 11/ benzothiadiazole

4/ White mushroom at 4 day 8/ fulvic acid

Table3 Plant height and number of node of melon after treated with soil conditioners

Treatment	Height (cm)				Number of node		
	Before treated	7 days	14 days	21 days	7 days	14 days	21 days
control substrate (no humic)	4.63	15.50	47.50a	28.67c	4.50	10.13	9.83b
control	5.25	7.88	11.25b	124.67ab	6.88	9.50	20.50a
fulvic acid	4.88	14.13	40.13a	87.50ab	4.38	8.38	17.17a
chito-oligo saccharide	5.44	15.88	40.63a	122.50ab	5.13	8.38	20.50a
chitosan	5.81	15.13	45.75a	128.33a	5.13	7.75	19.83a
benzothiadiazole	5.06	17.25	37.63a	77.83bc	4.63	4.38	20.83a
F-test	ns	ns	*	**	ns	ns	**
CV (%)	30.85	47.86	59.55	40.25	89.29	50.36	19.29

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 95% level by DMRT

** significant at $p \leq 0.01$ * significant at $p \leq 0.05$ ns non-significant difference

Table 4 Disease lesion on melon stem after treated with soil conditioners

Growth rate	Disease lesion on induced melon stem (cm)					
	R S [1/]	S R [2/]	P [3/]	W M [4/]	Y M [5/]	E M [6/]
control	1.93	3.27	9.20	1.93	0	0
fulvic acid	1.83	3.23	9.00	1.53	0	0
chito-oligo saccharide	1.93	1.70	8.67	1.27	0	0
chitosan	2.77	3.17	9.33	2.17	0	0
benzothaiadizote	2.17	2.53	9.17	1.40	0	0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21.10	25.96	10.19	23.84	0	0

ns non-singnificant difference

1/ *Rhizoctonia solania* 2/ *Sclerotium rolfsii*

3/ *Pythium* sp. 4/ White mushroom

5/ Yellow mushroom 6/ *Eringii* mushroom

ผลของการศึกษาการทำให้เกิดโรคของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก ด้วยวิธีการปลูกเชื้อ

จากการนำส่วนของต้นพืชที่ได้รับสารปรับปรุงดินจำนวน 2 ครั้ง ภายหลังการตรวจวัดการเจริญเติบโตและน้ำหนัก ได้นำมาทำการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืช และเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก ด้วยการปลูกเชื้อลงบนต้นพืช พบว่า เมล่อนที่ฉีดพ่นด้วย chito-oligo saccharide ส่งผลต่อการเข้าทำลายของ *Rhizoctonia solani* และ white mushroom ทำให้มีขนาดแผลที่น้อยกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ *Sclerotium rolfsii* จะทำให้เชื้องอกได้ดีบนต้นเมล่อนที่ได้รับ chitosan และ benzothiadiaole (Table 4)

สรุป

ผลของสารปรับปรุงดิน humic acid มีผลต่อการเจริญเติบโตของเมล่อน มีค่าเฉลี่ยที่ 124.67 เซ็นติเมตร และเมื่อใช้คู่กับ chitosan จะเห็นได้ว่า ต้นเมล่อนมีความสูงเฉลี่ย 128.33 เซนติเมตร และ fulvic acid ส่งผลให้เชื้อราสาเหตุโรคการเจริญเติบโตได้ดี รวมไปถึงเชื้อเห็ดสาเหตุการผุพังของวัสดุปลูก จากการทดลองด้วยวิธี poisoned food และ soil extract ในขณะที่ benzothiadiazole ที่ความเข้มข้น 2000 ppm มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และเชื้อเห็ดได้ ที่ 3.47, 3.48, 3.40, 3.22, 1.85 และ 1.23 ตามลำดับ โดยสาร chito-oligo saccharide จะมีผลต่อการพัฒนาของเมล่อนได้ดี ที่ 128.33 เซนติเมตร และยังทำให้การเกิดโรคในลำต้นได้น้อยกว่า ที่ 1.93, 1.70, 8.86 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และพี่ๆในห้องปฏิบัติ 3215 โดยเฉพาะ พี่สรรเสริญ รังสุวรรณ และพี่พิสุทธิ์ เขียวมณี ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการกำหนดมาตราฐานควบคุมการผลิตและจำหน่ายสารปรับปรุงดิน. 2542. **เอกสารประกอบการประชุมครั้งที่ 4/2542**, วันที่ 30 กันยายน 2542, กรมวิชาการเกษตร, น. 10.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2556. **สารปรับปรุงดิน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

เมธิน ศิริวงศ์..2536. **อิทธิพลของวัสดุปลูก ภาชนะและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศพันธุ์สีดา มก. ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

Abdel-Monaim, M.F., M.E. Ismail and K. M. Morsy. 2011. Induction of systemic resistance of benzothiadiazole and humic acid in soybean plants against fusarium wilt disease. **Mycobiology** 39 (4) : 290-298.

Agrios, G.N. 1978. **Plant Pathology**. Academic Press, New York.

Doulas, J.S. 1985. **Advanced Guide to Hydroponics**. BAS Printers Limited, Edinburgh.

El-Ghamry, A.M., K.M. Abd El-Hai and K.M. Ghoneem. 2009. Amino and Humic Acids Promote Growth, Yield and Disease Resistance of Faba Bean Cultivated in Clayey Soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences.** 3(2):731-739.

Lodhi A., S. Tahir, Z. Iqbal, A. Mahmood, M. Akhtra, T.M.Qureshi, M. Yaqub and A. Naeem. 2013. Characterization of commercial humic acid samples and their impact on growth of fungi and plants. **Soil Environ**. 32(1): 63-70.

Mylonas, V. A. and C. B. Mccants. 1980. Effect of humic acid and fuvic acid on growth of toaocco. **Plant and soil sci**. 54 : 485-490.

Resh, H.M. 1978. **Hydroponics Food Production**. Woodbridge Press Publishing Company, California.

Seeniavsan, S. and S. Senthilnathan. 2017 Effect of humic acid on meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood infecting banana (*Musa* spp.) **International Journal of Pest Management,** p1-9

Styer, R.C. and D.S.Koranski. 1997. **Plug and transplant production. A grower's guide**. Batavia, Illinois: Ball Publishing, 374 pp.

Subba Rao N. S. 1977, **Soil Microorganisms and Plant Growth**, p-251., Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการพัฒนาดอกและการติดผลของมะยงชิด

Effect of Plant Growth Regulators on Flower Development and Fruit Set of Marian Plum (*Bouea burmanica* Griff.)

อดิสร อร่ามรัตน์[1*] และ ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์[2]

Adison Aramrat[1*] and Chinawat Yapwattanaphun[2]

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อการพัฒนาของดอกและการติดผลของมะยงชิด โดยการติดเครื่องหมายที่ช่อดอกของมะยงชิด ระยะก่อนดอกบาน 1 วัน พ่นสารละลาย CPPU ความเข้มข้น 12.5, 25 และ 50 ppm สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 75, 150 และ 300 ppm สารละลาย 2,4-D ความเข้มข้น 5, 10 และ 20 ppm พบว่า การพ่นสารละลาย GA_3 ที่ระยะก่อนดอกบาน 1 วัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือที่ความเข้มข้น 300 ppm มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมากที่สุดที่ 71.27 มิลลิเมตร 120.01 มิลลิเมตร และ 2.97 มิลลิเมตร ตามลำดับ สาร GA_3 ที่ความเข้มข้น 150 ppm และ 75 ppm มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกรองลงมาตามลำดับ การพ่นสารละลาย CPPU มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือที่ความเข้มข้น 50 ppm มีการติดผลมากที่สุด 8.02 ผล สาร CPPU ที่ความเข้มข้น 25 ppm กับ 12.5 ppm มีการติดผลรองลงมาคือ 6.14 ผล กับ 1.42 ผล ตามลำดับ

ABSTRACT

Types and concentrations of plant growth regulators (PGRs) on flower development and fruit set in Marian Plum, inflorescences were sprayed 1-2days before an thesis with CPPU at concentrations of 12.5, 25 or 50 ppm; GA_3 at concentrations of 75, 150 or 300 ppm; and 2,4-D at concentrations of 5, 10 or 20 ppm. The results showed that 300 ppm GA_3 had the widest inflorescences and the longest inflorescences and the most Petiole Thickness- 71.27, 120.01, and 2.97 mm. respectively. 150 ppm GA_3 and 75 ppm GA_3 had the widest inflorescences, the longest inflorescences and the widest inflorescences respectively. The inflorescences were sprayed with 50 ppm CPPU showed the highest number of fruit set (mean 8.02 fruits), while CPPU at 25 ppm and 12.5 ppm showed the lowest fruit set of 6.14 and 1.42 fruits, respectively.

Key Words: flowering, fruit set, fruit drop

*Corresponding author; e-mail address : Adison_394@hotmail.com

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1] Graduate School, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

คำนำ

มะยงชิดเป็นไม้ผลเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ทวีศักดิ์, 2542) อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bouea burmanica* Griff. ชื่อสามัญ Marian plum มะยงชิดเป็นไม้ผลพื้นเมืองชนิดหนึ่งของประเทศไทย (ทวีศักดิ์, 2539; สมบัติ, 2550) มะยงชิดเป็นไม้ผลที่เริ่มมีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น แม้จะยังไม่แพร่หลายในตลาดมากนักแต่ด้วยคุณภาพ รสชาติ และสีสัน ทำให้มะยงชิดเป็นไม้ผลที่มีราคาค่อนข้างสูง เป็นไม้ผลที่ปลูกได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ทนทานต่อสภาพดิน น้ำ อากาศ ที่แห้งแล้ง ผลผลิตมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหารสูง ส่วนใหญ่จะมีผลผลิตออกสู่ตลาดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคมของทุกปี ในประเทศไทยพบว่ามีพื้นที่ปลูกมะยงชิดประมาณ 20,201 ไร่ ผลผลิต 2,726,660 กิโลกรัม ผลผลิตเฉลี่ย 348 กิโลกรัมต่อไร ราคาที่เกษตรกรขายเฉลี่ย 87.34 บาทต่อกิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) มะยงชิดสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง มีโรคและแมลงรบกวนน้อย การดูแลรักษา และเก็บผลผลิตจึงค่อนข้างง่าย ผลมีรูปร่าง ผิว และสีสันสวยงาม ผลมีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหารสูง มะยงชิดจะออกดอกเพียง 2 ครั้งต่อปี ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม อากาศหนาวเย็นช่วยกระตุ้นการออกดอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความพร้อมของต้นในการสะสมอาหารด้วย (ทองดี, 2539; เมืองไม้ผล, 2548; รักษ์เกษตร, 2551)

มะยงชิดในจังหวัดนครนายกจะมีการออกดอกในช่วงเวลาที่จำกัดอยู่แค่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ถ้าในปีนั้นสภาพอากาศไม่เหมาะสมจะทำให้มะยงชิดมีปัญหาในการพัฒนาของดอกและการติดผล ทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก หรืออาจจะไม่มีผลผลิตเลย และที่ผ่านมายังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่มีต่อการพัฒนาดอกและการติดผลของมะยงชิด

ในปัจจุบันนี้มีการศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ช่วยเพิ่มอัตราการติดผลในพืชได้ มีรายงานว่าการใช้ NAA ที่ความเข้มข้น 200 ppm พ่นกับมะม่วงเขียวเสวยระยะออกดอก สามารถเพิ่มดอกสมบูรณ์เพศ เพิ่มเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผล และจำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อได้ (สัมฤทธิ์, 2534) การใช้สาร 1-(2-chloro-4-pyridyl) 3-phynylurea (CPPU) ความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 ppm พ่นกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ระยะช่อดอกมีอายุ 10 วัน พบว่าช่อดอกที่ได้รับสารที่ความเข้มข้น 60 ppm จะมีการติดผลสูงสุดหลังจากให้สาร 7 วัน (สุรนันต์ และกุศล, 2540) ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงทำการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่มีต่อการพัฒนาของดอกและการติดผลของมะยงชิด

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นมะยงชิดอายุประมาณ 5 ปี ที่มีความสมบูรณ์ของต้นใกล้เคียงกันจำนวน 5 ต้น ติดเครื่องหมายที่ช่อดอกของมะยงชิดระยะก่อนดอกบาน 1 วัน (ช่อดอกย่อยยังไม่บาน) พ่นสารละลาย 1. Control 2. GA_3 75 ppm 3. GA_3 150 ppm 4. GA_3 300 ppm 5. CPPU 12.5 ppm 6. CPPU 25 ppm 7. CPPU 50 ppm 8. 2,4-D 5 ppm 9. 2,4-D 10 ppm 10. 2,4-D 20 ppm โดยใช้กระบอกฉีดพ่นที่ช่อดอก ช่อละ 1 ครั้ง รวม 10 treatments วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) มี 50 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ช่อ หลังจากพ่นสาร 7 วันทำการวัดความกว้าง และความยาวของช่อดอก และความหนาขั้วของช่อดอก นับจำนวนผลที่ติดต่อช่อหลังพ่นสารละลายแล้ว 14 วัน ทำการทดลองที่สวน นพรัตน์ ของคุณ อำนวย หงษ์ทอง อำเภอ

เมือง จังหวัด นครนายก และห้องปฏิบัติการกลาง ห้อง ก 415 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 - เดือนเมษายน พ.ศ. 2559

ผลการทดลอง

จากการศึกษาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชทั้งสามชนิดกับมะยงชิดในระยะก่อนดอกบาน 1 วันนั้น พบว่า ความกว้างของช่อดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 300 ppm มีความกว้างช่อดอกมากที่สุดคือ 71.27 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 75 ppm และช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm มีความกว้างช่อดอกรองลงมาที่ 65.36 มิลลิเมตร และ 65.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU มีความกว้างช่อดอกน้อยที่สุด พบว่าช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU ความเข้มข้น 50 ppm มีความกว้างช่อดอกน้อยที่สุดคือ 43.69 มิลลิเมตรซึ่งไม่มีความแตกต่างกับช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU ความเข้มข้น 25 ppm ที่มีความกว้าง 44.21 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร 2,4-D ความเข้มข้น 5 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 10 ppm CPPU ความเข้มข้น 12.5 ppm ชุดควบคุม และ 2,4-D ความเข้มข้น 20 ppm มีความกว้างช่อดอกรองลงมาที่ 53.47 มิลลิเมตร 49.97 มิลลิเมตร 49.28 มิลลิเมตร 48.00 มิลลิเมตร และ 46.87 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1)

ความยาวของช่อดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 300 ppm มีความยาวช่อดอกมากที่สุดคือ 120.01 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm และ GA_3 ความเข้มข้น 75 ppm มีความยาวช่อดอกรองลงมาที่ 114.04 มิลลิเมตร และ 110.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU มีความยาวช่อดอกน้อยที่สุด พบว่าช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU ความเข้มข้น 50 ppm มีความยาวช่อดอกน้อยที่สุดคือ 71.34 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับช่อดอกที่ไม่ได้รับสารที่มีความยาวช่อดอกที่ 74.63 มิลลิเมตร ช่อดอกที่ได้รับสาร 2,4-D ความเข้มข้น 5 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 20 ppm CPPU ความเข้มข้น 12.5 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 10 ppm และ CPPU ความเข้มข้น 25 ppm มีความยาวช่อดอกที่ 85.86 มิลลิเมตร 80.95 มิลลิเมตร79.64 มิลลิเมตร 78.34 มิลลิเมตร และ 75.07 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1)

ความหนาขั้วของช่อดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 300 ppm มีความหนาขั้วของช่อดอกมากที่สุดคือ 2.97 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm มีความหนาขั้วของช่อดอกรองลงมาที่ 2.81 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 75 ppm มีความหนาขั้วของช่อดอกที่ 2.79 มิลลิเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับช่อดอกที่พ่นด้วยสาร GA_3 ความเข้มข้น 300 ppm ช่อดอกที่ไม่ได้พ่นสารมีความหนาขั้วของช่อดอกน้อยที่สุดที่ 2.29 มิลลิเมตร ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร 2,4-D ความเข้มข้น 20 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 5 ppm CPPU ความเข้มข้น 25 ppm CPPU ความเข้มข้น 12.5 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 10 ppm และ CPPU ความเข้มข้น 50 ppm มีความหนาขั้วของช่อดอกรองลงมา 2.76 มิลลิเมตร 2.69 มิลลิเมตร 2.53 มิลลิเมตร 2.47 มิลลิเมตร 2.33 มิลลิเมตร และ 2.31 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1)

จำนวนผลต่อช่อดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ช่อดอกที่พ่นด้วยสาร CPPU ความเข้มข้น 50 ppm มีจำนวนผลต่อช่อมากที่สุดที่ 8.02 ผล ซึ่งมีความแตกต่างกับช่อดอกที่พ่นสาร CPPU ความเข้มข้น 25 ppm มีจำนวนผลต่อช่อที่ 6.14 ผล ช่อดอกที่พ่นสาร CPPU ความเข้มข้น 12.5 ppm GA_3 ความเข้มข้น 300 ppm GA_3 ความเข้มข้น75 ppm GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 20 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 10 ppm 2,4-D ความเข้มข้น 5 ppm และช่อดอกที่ไม่ได้รับสาร มีจำนวนผลต่อช่อที่ 1.42 ผล 0.70 ผล 0.66 ผล 0.50 ผล 0.04 ผล 0.00 ผล 0.00 ผล และ 0.00 ผล ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Inflorescences width, inflorescences length and inflorescences base width and number of fruits per inflorescence of Marian Plum after PGRs applications.

Teatment	Inflorescences width (Millimeters)	Inflorescences length (Millimeters)	Inflorescences base width (Millimeters)	Number of fruits per inflorescences (Fruits)
control	48.00 ab[1/]	74.63 ab[1/]	2.29 a[1/]	0.00 a[1/]
75 ppm GA_3	65.36 d	110.15 e	2.79 d	0.66 a
150 ppm GA_3	65.34 d	114.04 e	2.81 de	0.50 a
300 ppm GA_3	71.27 e	120.01 f	2.97 e	0.70 a
12.5 ppm CPPU	49.28 bc	79.64 bc	2.47 ab	1.42 a
25 ppm CPPU	44.21 a	75.07 ab	2.53 bc	6.14 b
50 ppm CPPU	43.69 a	71.34 a	2.31 a	8.02 c
5 ppm 2,4-D	53.47 c	85.68 d	2.69 cd	0.00 a
10 ppm 2,4-D	49.97 bc	78.34 bc	2.33 a	0.00 a
20 ppm 2,4-D	46.87 ab	80.95 cd	2.76 d	0.04 a
F-test	*	*	*	*
CV %	25.69	24.50	18.85	244.57

* Statistically significant difference

[1/] The average followed by a letter of the same vertical no satistically significant difference.

Compared by Duncan's New Multiple Range Test at 95% confidence.

วิจารณ์ผล

การศึกษาการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการพัฒนาดอกและการติดผลของมะยงชิด พบว่า การใช้สารละลาย GA_3 ทำให้ความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมากที่สุดที่ ความเข้มข้น 300 ppm มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมากที่สุด สาร GA_3ที่ความเข้มข้น 150 และ 75 ppm มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอก รองลงมาตามลำดับ สาร GA_3 มีบทบาทในการส่งเสริมการยืดตัวของผนังเซลล์ โดย GA_3 ไปส่งเสริมการแบ่งเซลล์ และการยืดตัวของเซลล์ (Taiz and Zeiger, 1991) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ช่อดอกที่ได้รับสาร GA_3 มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอก มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับช่อดอกอื่น และการใช้สาร GA_3 ที่ความเข้มข้นที่มากขึ้น ก็จะส่งผลให้ความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมากขึ้นด้วย สาร GA_3 นี้สามารถใช้เพิ่มขนาดของช่อดอกมะยงชิดได้ ทั้งนี้อาจจะมีการใช้ที่ความเข้มข้นมากขึ้นก็จะสามารถทำให้ช่อดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น และยังสามารถเพิ่มคุณภาพขอช่อดอกได้มากขึ้น

การใช้สารละลาย CPPU ช่วยเพิ่มการติดผลได้ เนื่องจากสาร CPPU เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของสารไซโตไคนิน ซึ่งสารนี้มีผลในการชักนำให้รังไข่ของพืชพัฒนาจนสมบูรณ์ได้ในช่วงของการออกดอก (Goodwin and Merve, 1983) สาร CPPU ที่ความเข้มข้น 50 ppm มีการติดผลมากที่สุด และสาร CPPU ที่ความเข้มข้น 25 และ 12.5 ppm จะมีการติดผลรองลงมา ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ที่มีรายงานว่า การใช้สาร CPPU ที่ความเข้มข้น 0, 20, 40 และ 60 ppm พ่นช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ระยะช่อดอกมีอายุ 10 วัน พบว่าช่อดอกที่ได้รับสาร CPPU ที่ความเข้มข้น 60 ppm จะมีการติดผลมากที่สุด จากรายงานยังบอกอีกว่า สาร CPPU ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีการติดผลมากขึ้นด้วย (สุรนันต์ และกุศล, 2540) สาร CPPU นี้สามารถใช้เพิ่มการติดผลในมะยงชิดได้ แต่จากการทดลองนั้นผลที่ติดจะไม่สามารถพัฒนาต่อไปจนถึงระยะที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ อาจเนื่องมาจากปริมาณธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอ ทั้งนี้ควรมีการให้ธาตุอาหารทางดิน และให้ธาตุอาหารเสริมทางใบในช่วงดอกบานด้วย

สรุปผล

การพ่นสารละลาย GA_3 ทำให้ขนาดของช่อดอกมะยงชิด ความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมะยงชิดที่พ่นด้วยสาร GA_3 มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกมากที่สุด สาร GA_3 ที่ความเข้มข้น 300 ppm มีขนาดช่อดอกมากที่สุดคือ ความกว้าง 71.27 มิลลิเมตร ความยาว 120.01 มิลลิเมตร และความหนาขั้ว 2.97 มิลลิเมตร สาร GA_3 ที่ความเข้มข้น 150 ppm และ 75 ppm มีความกว้าง ความยาว และความหนาขั้วของช่อดอกรองลงมาตามลำดับ และการพ่นสารละลาย CPPU มีการติดผลมากที่สุด สาร CPPU ที่ความเข้มข้น 50 ppm มีการติดผลมากที่สุดคือ 8.02 ผล สาร CPPU ที่ความเข้มข้น 25 ppm และ 12.5 ppm มีการติดผลรองลงมาที่ 6.14 ผล กับ 1.42 ผล ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสวนนพรัตน์ จังหวัดนครนายกที่ให้ใช้ต้นมะยงชิดในการทดลอง ขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณ ดร.ชินวัฒน์ ยัพวัฒนพันธ์ ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช. **ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online.** แหล่งที่มา: http://production.doae.go.th/report/report_main2.php, 3 มกราคม 2560.

ทองดี บ้านดอน. 2539. “ มะปรางยุคใหม่ ” สวนไม้เด็ด. **เคหการเกษตร**. 5 (20).

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2539. **มะปราง-มะยงชิด.** สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

______________, 2542. **คัมภีร์มืออาชีพมะปรางหวาน-มะยงชิด.** สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

พรพันธ์ กิตินันท์ประกร. 2527. **ผลของ GA_3 และ 2,4-D ต่อการติดผลของส้มเขียวหวาน.** ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เพ็ญระพี ทองอินทร์. 2541. **ผลของ GA_3 ต่อการเจริญเติบโตของผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่.** ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เมืองไม้ผล. 2548. สวนลุงเหลา แนะนำวิธีการปลูกและวิธีการดูแล มะยงชิดมะปราง. **เคหการเกษตร.** 5 (58).

รักษ์เกษตร (นามแฝง). 2551. ขั้นตอนการฉีดยาทำให้มะยงชิดออกผลดี และดก. **เคหการเกษตร.** 7 (76).

สมบัติ ทัพไทย. 2550. **ชาวสวน มะยงชิด มะปรางหวาน** ภาคเหนือ, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2534. “ผลของ เอนเอเอ ต่อการผันแปรเพศและการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย,” **แก่นเกษตร 19 (1)** : 29-33.

สุรนันท์ สุภัทรพันธุ์ และกุศล เอี่ยมทรัพย์. 2540. ผลของสารซีพีพียู (CPPU) (1-(2-chloro-4-pyridyl) 3-phenylurea). **วารสารเคหการเกษตร** 21 (5): 178-179.

Goodwin. T. W. and E. I. Merve. 1983. **Introduction to Plant Biochemistry**. Pergamon, New York.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. **Plant Physiology**. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California.

การพัฒนาสูตรอาหารที่จำเพาะต่อการแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน

Development of a Selective Medium for Fungal Pathogen isolation, Causing Root and Stem Rot of Durian

กนกพร ฉัตรไชยศิริ[1] , รัติยา พงศ์พิสุทธา[1*] และ ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล[1]
Kanokphorn Chatchaisiri[1] , Ratiya Pongpisutta[1*] and Chainarong Rattanakreetakul[1]

บทคัดย่อ

โรคที่ทำลายทุเรียนแพร่ระบาดได้ดี คือโรครากและโคนเน่า เชื้อสาเหตุโรคนั้นจัดเป็นเชื้อราในดิน สร้างสปอร์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้จำนวนมาก สามารถพักตัวอยู่ในดินและในเนื้อเยื่อพืชได้เป็นเวลายาวนาน การแยกเชื้อราในดินนั้นค่อนข้างยาก จำเป็นต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อประเภทอาหารจำเพาะซึ่งต้องเติมสารเคมีบางชนิดเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่น อย่างไรก็ตามสาร pentachloronitrobenzene (PCNB) นั้นได้ถูกจัดอยู่ในสารเคมีที่ถูกสั่งห้ามการใช้ สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ คือการพัฒนาสูตรอาหารจำเพาะต่อการแยกเชื้อราจากดินในแปลงทุเรียน โดยใช้ corn meal agar (CMA) ผสมกับสารปฏิชีวนะ (ampicillin, nystatin และ rifampicin) และทดสอบสารเคมีกำจัดเชื้อรา เพื่อนำมาทดแทนสาร PCNB จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ carboxin, quintozene และ tebuconazole ผสม trifloxystrobin พบว่าสารเคมีกำจัดเชื้อรา carboxin มีการยับยั้งจุลินทรีย์อื่นได้ดี ในขณะเดียวกันเชื้อราสาเหตุโรคสามารถเจริญบนอาหารจำเพาะได้ จากการแยกเชื้อบนอาหารดังกล่าว ได้เชื้อราจำนวน 5 ไอโซเลท เมื่อทำการจำแนกเชื้อสาเหตุโรคโดยอาศัยสัณฐานวิทยา พบเชื้อรา 2 สกุล คือ *Phytophthora* spp. (4 ไอโซเลท) และ *Pythium* sp.(1 ไอโซเลท)

ABSTRACT

The most devastating diseases of durian is root and stem rot which causal agents are soil fungi forming abundant of motile spore and capable of persisting in soil and plant tissue for long. Soil fungi isolation is very difficult which needs to use selective medium added some chemicals to suppress other organisms. However, one of the chemical like pentachloronitrobenzene (PCNB) was put in a banned list of chemical. The aim of this study was to develop a selective medium for fungal isolation from durian orchard soil using corn meal agar (CMA) mixed with antibiotics (ampicillin, nystatin and rifampicin) and 3 fungicides to compensate PCNB as carboxin, quintozene and tebuconazole mixed with trifloxystrobin. The result showed that carboxin was the greatest fungicide to inhibit other soil fungi while fungal pathogen could grow on the medium. Using the selective medium. 5 isolates were seperated from the soil. Identification based on morphological characteristics; there were 2 genera as *Phytophthora* spp. (4 isolates) and *Pythium* sp. (1 isolate).

Key Words: selective media, *Phytophthora* sp., *Pythium* sp.
*Corresponding author; e-mail address: agrryp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* Linn.) จัดเป็นไม้ผลเขตร้อนในวงศ์ Bombacaceae เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น แหล่งปลูกทุเรียนที่สำคัญจึงพบมากในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Nanthachai, 1994) ปัจจุบันพบว่าผลผลิตของทุเรียนมีปริมาณลดลงเนื่องจากประสบปัญหาโรค และแมลงศัตรูพืชตลอดระยะของการเจริญเติบโต เช่น โรคใบติด โรคจุดสนิม โรคราสีชมพู และโรคแอนแทรคโนส เป็นต้น (สุชาติ, 2531) โรครากและโคนเน่าของทุเรียน เป็นปัญหาของเกษตรกรมากที่สุด เนื่องจากในช่วงฝนตกชุกจะทำให้มีการแพร่ระบาดของเชื้อโรครุนแรง ทำให้ต้นทุเรียนได้รับความเสียหายเป็นอย่างมากเชื้อรานี้เข้าทำลายระบบรากทำให้รากทุเรียนเน่าเป็นสีน้ำตาล เมื่อระบบรากถูกทำลาย ใบทุเรียนบริเวณปลายกิ่งจะแสดงอาการซีดเหลือง ชะงักการเจริญเติบโต ส่วนลักษณะอาการเน่าที่โคนจะปรากฏแผลฉ่ำน้ำและเยิ้มออกมา เนื้อไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มเมื่อลุกลามรอบโคนต้นจะทำให้ใบทุเรียนร่วงและยืนต้นแห้งตาย (นิพนธ์, 2542) จากรายงานของ Santoso *et al.* (2015) พบว่าเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Phytophthora* spp. เป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นทุเรียนเกิดโรครากและโคนเน่า

การแยกเชื้อสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนนั้น ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากบริเวณต้นทุเรียนนั้นมีจุลินทรีย์ในธรรมชาติค่อนข้างมากเช่น แบคทีเรีย และเชื้อราซึ่งพบได้บ่อย ได้แก่ *Mucor Rhizopus stolonifer*, *Penicillium Aspergillous* และ *Rhizoctonia solani* เป็นต้น เมื่อใช้อาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา ไม่สามารถแยกเชื้อสาเหตุโรคออกมาได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวเจริญได้รวดเร็วดังนั้นการใช้อาหารจำเพาะ (selective medium) ในการแยกเชื้อสาเหตุโรคจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ จากรายงานของ Conway (1985) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมี etaconazole (1.125% EC) ในการพัฒนาอาหารแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากดินพบว่าสารเคมีดังกล่าวที่ผสมลงในสูตรอาหารจำเพาะ มีศักยภาพในการแยกเชื้อรา *Pythium* spp. จากดินได้สำเร็จ อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีเพิ่มขึ้น พบว่ามีผลกระทบต่อการเจริญของเชื้อรา *Pythium* sp. แม้สามารถเจริญได้บนอาหารแยกเชื้อนั้นได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Jeffers and Martin (1986) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอาหารจำเพาะ Pythium medium (P_{10}VP) และ Pythium selective medium (P_5ARP) ที่ใช้แยกเชื้อรา *Phytophthora* spp. และ *Pythium* spp. ผลการทดลองพบว่า อาหาร P_5ARP ที่มีการเติม hymexazol (50 mg/L) มีประสิทธิภาพในการแยกเชื้อราทั้งสองสายพันธุ์จากชิ้นส่วนพืชและดินได้ดีกว่าอาหาร P_{10}VP ในสูตรอาหารจำเพาะได้มีการผสมสารปฏิชีวนะ rifampicin nystatin และ ampicilin ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ต่างชนิดกัน คือ rifampicin หรือ rifampin เป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อจากแบคทีเรีย ส่วนสาร nystatin เป็นยาปฏิชีวนะต่อต้านเชื้อรา และยีสต์ โดยเฉพาะเชื้อราจำพวก Candida หรือ Monilia และสาร ampicillin เป็นยาปฏิชีวนะที่มีชื่อทางการค้าหลายชื่อ เช่น amilin, ampat, ampexin, ampicillin, pharmacia, ampicyn ออกฤทธิ์คล้ายกับ Benzypeni-Benzypenicillin โดยยานี้สามารถควบคุมเชื้อแบคทีเรียได้

ในปี พ.ศ. 2556 สาร pentachloronitrobenzene (PCNB) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ผสมในอาหารจำเพาะ เช่น อาหาร P_{10}VP และ P_5ARP ได้ถูกขึ้นทะเบียนบัญชีเป็นวัตถุอันตรายโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (ราชกิจจานุเบกษา, 2556) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาสารเคมีที่มีศักยภาพเทียบเท่ากับสาร PCNB มาใช้ทดแทน ในการแยกเชื้อสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน ให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่จุลินทรีย์อื่นในดินไม่สามารถเจริญได้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เก็บตัวอย่างเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน

เก็บตัวอย่างดินรอบโคนต้นทุเรียนที่แสดงลักษณะอาการรากและโคนเน่า จากแหล่งปลูกทุเรียนในเขตจังหวัดจันทบุรี และ ศรีสะเกษ นำมาผึ่งให้แห้งเป็นระยะเวลา 6-12 ชั่วโมง จากนั้นใช้โกร่งบดดินให้ละเอียด นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การทดสอบสูตรอาหารเพื่อแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ corn meal agar (CMA) ที่ผสมสารปฏิชีวนะ 3 ชนิดได้แก่ ampicillin 10 มิลลิกรัม, nystatin 1,000 ไมโครลิตร, rifampicin 10 มิลลิกรัม และสารเคมีกำจัดเชื้อรา benlate 100 มิลลิกรัม ซึ่งเรียกอาหารชนิดนี้ว่า BNPRA medium จากนั้นเลือกเติมสารเคมีกำจัดเชื้อรา carboxin (75%WP) หรือ quintozene (24%EC) หรือ tebuconazole ที่ผสม trifloxystrobin (75%WG) อย่างใดอย่างหนึ่ง ให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 100 พีพีเอ็ม เมื่อผสมในอาหาร corn meal agar (CMA) 1,000 มิลลิลิตร ส่วนการทดลองชุดควบคุมเติมสารเคมี PCNB ความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม (Table 1)

Table 1 The components of selective medium formula to isolate *Phytophthora* and *Pythium* from durian orchard soil using baiting method.

Component	Selective medium			
	1	2	3	4
BNRA medium	✓	✓	✓	✓
pentachloronitrobenzene (PCNB) (control)	✓	-	-	-
Carboxin	-	✓	-	-
Quintozene	-	-	✓	-
tebuconazole mixed with trifloxystrobin	-	-	-	✓

ชั่งตัวอย่างดินที่มาจากแหล่งที่เป็นโรครากและโคนเน่าของทุเรียน 15 กรัม ผสมน้ำสะอาดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นตัดชิ้นวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะที่ผสมสารเคมีกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด ขนาด 1 x 1 เซนติเมตร นำไปแช่ในตัวอย่างดินที่เก็บจากสวนทุเรียนที่พบปัญหาโรครากและโคนเน่า ที่ผสมน้ำสะอาด โดยวิธี baiting บ่มในที่มืดตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 1-2 วัน จากนั้นล้างชิ้นวุ้นด้วยน้ำสะอาดนึ่งฆ่าเชื้อ 2-3 ครั้ง ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่ และนำไปวางบนอาหาร CMA ที่ผสมสารเคมีกำจัดเชื้อราชนิดเดียวกัน บ่มใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-3 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะโคโลนีของเชื้อราเป้าหมายที่เจริญบนอาหารจำเพาะ ได้แก่ *Phytophthora* และ *Pythium* จากนั้นนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค hyphal tip บนอาหาร water agar (WA) นำเชื้อราที่ได้เลี้ยงใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง บนอาหาร carrot agar (CA) เป็นระยะเวลา 2-3 วัน นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ศึกษาต่อไป

การเปรียบเทียบลักษณะการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนที่แยกเชื้อราสาเหตุโรคบนอาหารจำเพาะโดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และ CA นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน บันทึกลักษณะโคโลนี และโครงสร้างของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ compound microscope ที่กำลังขยาย 40x

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เก็บตัวอย่างเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน

จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบโคนต้นทุเรียนที่แสดงอาการรากแผลสีน้ำตาล และเปลือกบริเวณโคนต้นล่อน เป็นแผลสีน้ำตาล ฉ่ำน้ำ ในจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดศรีสะเกษ ได้ตัวอย่างดินจำนวนทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง จากจังหวัดจันทบุรี จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ KL01 TM01 และ KC01 และจังหวัดศรีษะเกษ จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ SSK01 และ SSK02

การแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน และการพัฒนาสูตรอาหารแยกเชื้อจำเพาะ

จากการแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนโดยใช้วิธีการ bating บนอาหาร จำเพาะ BNPRA บ่มใต้แสง near UV สลับมืดเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า สามารถแยกเชื้อราสาเหตุโรคได้ทั้งหมด 5 ไอโซเลท ได้แก่ KL01 TM01 KC01 SSK01 และ SSK02 โดยเชื้อราในทุกไอโซเลท มีการสร้างเส้นใยสีขาว เจริญแผ่ราบไปกับผิวหน้าอาหารแยกเชื้อ มองเห็นได้ค่อนข้างยาก

การพัฒนาสูตรอาหารจำเพาะสำหรับแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนโดยใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ carboxin quintozene และ tebuconazole ผสม trifloxystrobin เพื่อทดแทนสารเคมี PCNB พบว่าอาหารแยกเชื้อราที่มีส่วนผสมของสาร carboxin มีประสิทธิภาพในการแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนได้ดีที่สุด เชื้อรา *Phytophthora* spp.และ *Pythium* sp สามารถเจริญบนอาหารแยกเชื้อดังกล่าว มีการสร้างเส้นใยสีขาว มองเห็นชัดเจน เจริญรวดเร็วบนอาหารจำเพาะเชื้อที่อายุ 3 วัน และยังสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อราอื่นได้ ผลการทดลองได้คล้ายกับการแยกเชื้อจากดินโดยใช้อาหารจำเพาะที่ผสมสารเคมี PCNB ซึ่งเป็นชุดควบคุม ส่วนบนอาหารจำเพาะที่ผสมสารเคมี quintozene และ tebuconazole ผสม trifloxystrobin นั้นพบว่ามีการสร้างเส้นใยสีขาวบนอาหาร มีการเจริญของเส้นใยค่อนข้างช้าบนอาหารจำเพาะที่อายุ 3 วัน นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรีย เจริญอยู่บนชิ้นวุ้นของอาหารแยกเชื้ออีกด้วย (Figure1)

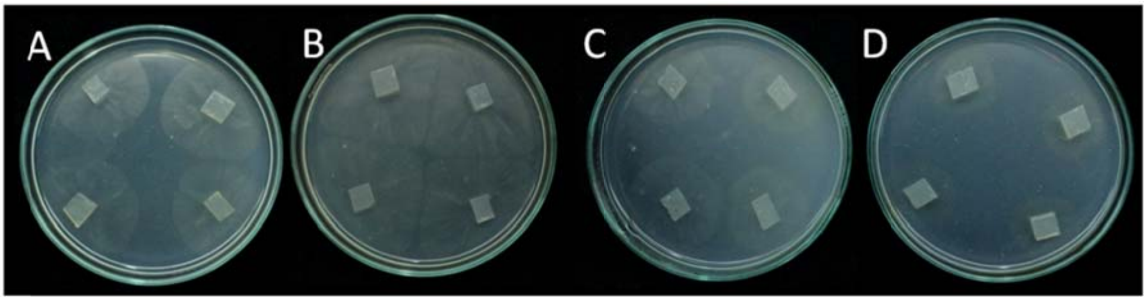


Figure 1 Selective media mixed with (A) PCNB (control) (B) carboxin (C) quintozene and (D) tebuconazole mixed with trifloxystrobin for soil fungi detection

สำหรับ carboxin เป็นสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมโรคเน่าคอดินของพืช ที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสาร PCNB จากรายงานของ Csinos (1989) ที่ทำการศึกษาสาร PCNB ในการควบคุมโรคลำต้นเน่าในถั่ว เกิดจากเชื้อรา *R. solani* และพบว่าสารเคมี PCNB จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ PCNB 10G, PCNB-chloropyrifos และ ethoprop PCNB 3-10G มีความสามารถในการควบคุมโรคดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อรา *R. solani* ได้ PCNB ยังมีความสามารถในการควบคุมโรคอื่นๆ อาทิ โรคสแคปในมันฝรั่ง โรคราในหญ้าสนาม (AMVAC, 2006)

ในส่วนของสารเคมี quintozene และ tebuconazol ผสม trifloxystrobin มีรายงานว่าสามารถควบคุมเชื้อรา *R. solani* ได้เช่นเดียวกัน (Chauhan *et al.*, 2008; Bag, 2009) แต่จากการทดลองพบว่าบนอาหารที่ผสมสารกำจัดเชื้อราดังกล่าวมีการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดได้ อีกทั้งเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนมีการเจริญที่ค่อนข้างช้ากว่าอาหารจำเพาะที่มีส่วนประกอบของ carboxin

การแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน และการพัฒนาสูตรอาหารแยกเชื้อจำเพาะโดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากการศึกษาลักษณะเชื้อราที่แยกได้จากดินแปลงปลูกทุเรียนจากจังหวัด จันทบุรี และศรีสะเกษ โดยใช้ลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าเชื้อราไอโซเลท KL01 มีการสร้างโคโลนีสีขาว แผ่ราบไปกับผิวหน้าอาหาร รูปร่างคล้ายกลีบกุหลาบ (rosaceous) เส้นใยหนาแน่น และค่อนข้างเหนียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่อายุ 5 วัน วัดได้ประมาณ 7.4-8.2 เซนติเมตร พบการสร้าง sporangium มี papilla หลายรูปแบบเช่น ellipsoid obovoid ovoid และรูปร่างผิดปกติ (distorted shapes) มีขนาดของ sporangium ประมาณ 6-10 x 7-13 ไมโครเมตร ส่วน pedicel สั้น มีความยาวประมาณ 1-2 ไมโครเมตร จำแนกเป็นเชื้อรา *Phytophthora* sp. (Figure 2)

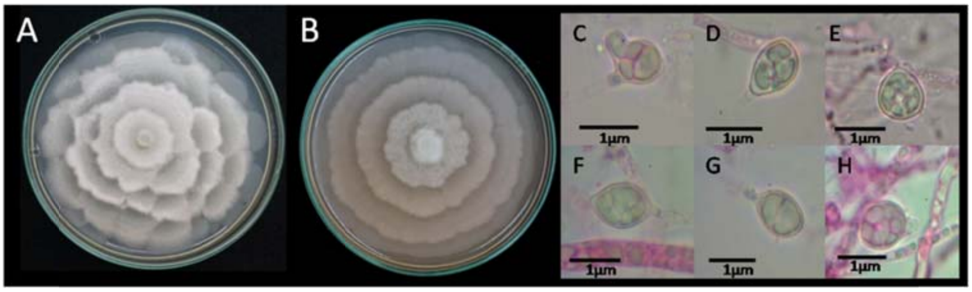


Figure 2 Colony type of isolate KL01 on (A) PDA with rosaceous pattern (B) CA and (C-H) sporangia with various shapes.

ไอโซเลท TM01 มีการสร้างโคโลนีสีขาว แผ่ราบไปกับผิวหน้าอาหาร คล้ายกลีบกุหลาบ ลักษณะเส้นใยค่อนข้างเหนียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่อายุ 5 วัน ประมาณ 8.1-8.5 เซนติเมตร พบการสร้าง sporangium มี papilla รูปร่าง ellipsoid obturbinate ovoid ไปจนถึง limoniform พบ sporangium มีขนาดประมาณ 7-10x 9-13 ไมโครเมตร มี pedicel สั้น ประมาณ 1-3 ไมโครเมตร จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Phytophthora* sp. (Figure3)

Figurs 3 Colony type of isolate TM01 on (A) PDA with rosaceous pattern (B) CA and (C-H)sporangia with variation in shapes.

ไอโซเลท SSK01 มีการสร้างโคโลนีสีขาว มีลักษณะฟูเล็กน้อย คล้ายกลีบดอกไม้ (petallate) ลักษณะเส้นใยค่อนข้างเหนียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่อายุ 3 วัน ประมาณ 9.0-9.1 เซนติเมตร พบการสร้าง sporangium มี papilla และมีรูปร่าง ellipsoid obturbinate ovoid ไปจนถึงรูปร่างผิดปกติ โดยมีขนาดของ sporangium ประมาณ 10-15x15-22 ไมโครเมตร พบ pedicel สั้น วัดได้ยาวประมาณ 1-4 ไมโครเมตร เชื้อรานี้จัดเป็น homothallic thallus พบการสร้าง oospore รูปร่างกลม ผนังเรียบหนามีการจับของ antheridium แบบ paragynous ขนาดของ oospore ประมาณ 12-15x15-17 ไมโครเมตร จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Phytophthora* sp. (Figure 4)

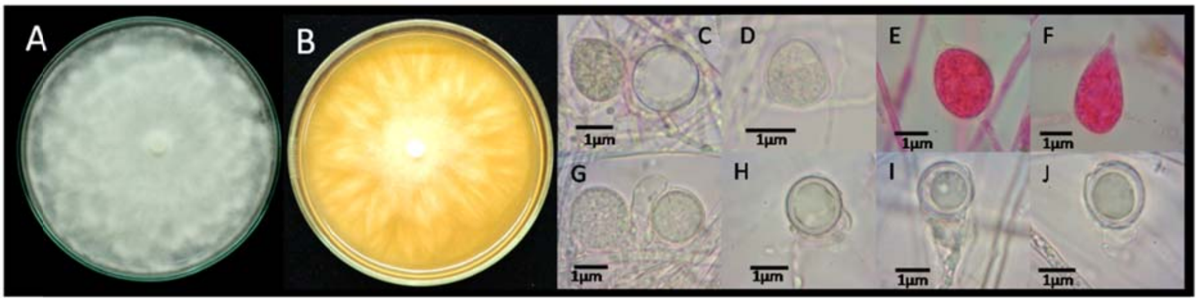
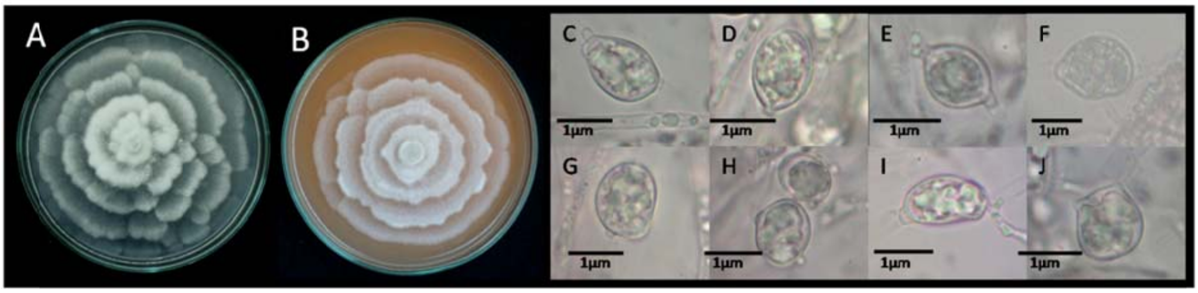


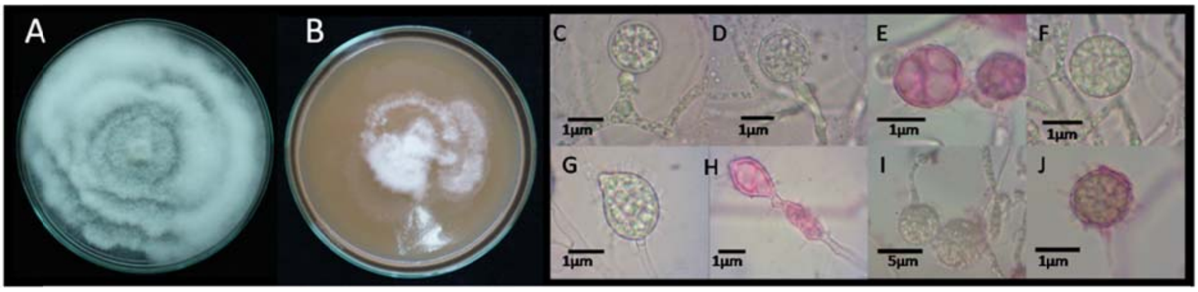
Figure 4 Colony type of isolate SSK01 on (A) PDA with petallate pattern and (B) CA with stellate pattern (C-F) sporangia in various shapes and (G) antheridium attaching oogonium and (H-J) oospore

ไอโซเลท SSK02 มีการสร้างโคโลนีสีขาว แผ่ราบไปกับผิวหน้าอาหาร คล้ายกลีบกุหลาบ ลักษณะเส้นใยค่อนข้างเหนียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่อายุ 5 วันประมาณ 7.2-8.1 เซนติเมตร พบการสร้าง sporangium หลายรูปแบบตั้งแต่ ellipsoid limoniform ovoid และ รูปร่างผิดปกติ มีขนาดประมาณ 7-12x10-15 ไมโครเมตร มีการสร้าง papilla พบ padicel สั้น วัดได้ยาวประมาณ 1-2 ไมโครเมตร จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Phytophthora* sp.(Figure 5)



Figurs 5 Colony type of isolate SSK02 on (A) PDA with rosaceous pattern (B) CA and (C-J) sporangia with variation in shapes.

ไอโซเลท KC01 มีการสร้างโคโลนีสีขาว ฟู ลักษณะเส้นใยค่อนข้างเหนียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีที่อายุ 3 วัน ประมาณ 8.9-9.0 เซนติเมตร พบการสร้าง sporangium หลายรูปแบบตั้งแต่ globose และ obturbinate ผนังมีลักษณะขรุขระ sporangium มีขนาดประมาณ 10-20x12-22 ไมโครเมตร พบการสร้าง oospore รูปร่างกลม ผนังขรุขระ มีโครงสร้างลักษณะคล้ายหนามยื่นออกมา จัดเป็น homothallic thallus พบการจับของ antheridium แบบ paragynous จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Pythium* sp. (Figure 6)



Figurs 6 Colony of isolate KC01 on (A) PDA (B) CA and (C-F) oospore and (G-J) sporangia.

สำหรับการจำแนกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนเบื้องต้นด้วยสัณฐานวิทยาโดยใช้หลักเกณฑ์ของ Erwin and Ribeiro (1996) และ Watanabe (1994) พบว่าสามารถจำแนกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรครากและโคนเน่าของทุเรียนได้ 2 สกุล ได้แก่ *Phytophthora* และ *Pythium* สำหรับ *Phytophthora* มีรายงานว่าเข้าทำลายทุเรียนได้นั้น คือ P. *palmivora* ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Santoso *et al*. (2015) และ Purwantara *et al*. (2004) ได้ทำการจำแนกเชื้อรา *Pythium cucurbitearum*, *Pythium vexans*, *Pythium deliense*, *Phytophthora cinnamomi และ Phytophthora palmivora* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคของทุเรียนในประเทศอินโดนีเซีย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเชื้อรา *Pythium* และ *Phytophthora* มากกว่า 300 สายพันธุ์ สามารถเข้าทำลาย และก่อให้เกิดโรคกับพืชชนิดอื่นอีกด้วย (Plaats-Niterink, 1981 และ Park *et al.*,2013)

สรุป

สารเคมีกำจัดเชื้อรา carboxin มีประสิทธิภาพในการแยกเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนของเน่าทุเรียนจากตัวอย่างดินดีที่สุด สามารถใช้ทดแทนสาร PCNB ได้ โดยเชื้อราสาเหตุสามารถเจริญได้ดีบนอาหารจำเพาะที่อายุ 3 วัน และไม่พบจุลินทรีย์ชนิดอื่น เชื้อราที่ตรวจพบหลังจากการแยกเชื้อราสาเหตุโรคด้วยอาหารจำเพาะ เมื่อทำการจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าสามารถจำแนกได้เป็นเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้จำนวน 4 ไอโซเลท คือไอโซเลท KL01, TM01, SSK01 และ SSK02 และจำแนกได้เชื้อรา *Pythium* sp.ได้จำนวน 1 ไอโซเลท คือ KC01 สำหรับการจำแนกในระดับสปีชีส์จะใช้วิธีการทางอณูชีวโมเลกุล และตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และ อุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ วิสารทานนท์. 2542. **โรคทุเรียน**. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการหลักสูตร “หมอพืช-ไม้ผล”, ฉบับที่ 4. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชกิจจานุเบกษา. 2556. **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย** เล่ม 130 ตอนที่ 125. หน้า 30.

สุชาติ วิจิตรานนท์. 2531. **โรคของทุเรียน**. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่อง ทุเรียน วันที่ 25-26 กุมภาพันธ์ 2531. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

American vanguard corporation(AMVAC). 2006. **PCNB (a fungicide used for a wide variety of field crops and turf and ornamental plants.)**. AMVAC Chemical Corporation.

Bag, M.K. 2009. **Efficacy of a new fungicide 'Trifloxystrobin 25% + Tebuconazole 50%' 75WG against sheath blight (*Rhizoctonia solani* Kühn) of rice**. Journal of Crop and Weed. 5(1): 224-226.

Chauhan, M.S., J.R.S. Yadav. and S. Gangopadhyay. 2008. **Chemical control of soilborne fungal pathogen complex of seedling cotton**. Tropical Pest Management 34: 159-161.

Conway, K. E. 1985. **Selective medium for isolation of *Pythium* spp. from soil**. Plant Disease 69: 393-395.

Csinos, S..A. 1989. **Targeting Fungicides for control of Southern Stem Rot on Peanut**. Plant Disease 73: 723-726.

Erwin, D.C. and O.K. Ribeiro. 1996. ***Phytophthora* Diseases Worldwide**. The American Phytopathological Society. USA.

Jeffers, S.N. and S.B. Martin. 1986. **Comparision of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species**. Plant Disease 70(11): 1038-1043.

Nanthachai, S. 1994. **Durian: Fruit development, postharvest physiology, handling andmarketing in ASEAN**. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia.

Park, B., F. Martin, D.M. Geiser, H. Kim and M.A. Mansfield *et al*. 2013. ***Phytophthora* database 2.0: Update and future direction**. Phytopathology 103: 1204-1208.

Purwantara, A. D. Manohara and J.S. Warokka. 2004. ***Phytophthora* Diseases in Indonesia**. Australian Centre for International Agricultural Research. Australia.

Santoso, P.J., I.N. P. Aryantha., A. Pancoro. and S. Suhandono. 2015. **Identification of *Pythium* and *Phytophthora* Associated with Durian (*Durio* sp.) in Indonisia: Their Molecular and Morphological Characteristics and Distribution.** Asian Journal of Plant Pathology 9(2): 59-71.

Plaats-Niterink, A.J. Van der. 1981. **Monograph of the genus *Pythium***. Study in.Mycology 21: 1-244.

Watanabe, T. 1994. **Soil and Seed Fungi**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.

การตอบสนองต่อสารเคมีกำจัดโรคพืชของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกได้จากพื้นที่ปลูกทุเรียน จังหวัดจันทบุรี

The Fungicidal Sensitivity on *Trichoderma* spp. from Durian Orchard in Chanthaburi Province

<u>กนกกร นาคอ้น</u>[1*] ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล[1] และ รัติยา พงศ์พิสุทธา[1]

<u>Kanokkon Nakon</u>[1*] , Chainarong Rattanakreetakul[1] and Ratiya Pongpisutta[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดเชื้อราต่อเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทำการแยกเชื้อรา *Trichoderma* spp. จากสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี ได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลท เมื่อนำมาทดสอบกับสารเคมีที่เกษตรกรได้รับคำแนะนำ ได้แก่ metalaxyl, benlate, carbendazim, thiophanate-methyl, iprodione และ prochloraz ด้วยวิธี poisoned food ในอัตราทดสอบตามฉลาก พบว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเจริญได้ในสารเคมีที่ทดสอบคือ metalaxyl และ iprodione เมื่อทำการตรวจสอบความสามารถในการเจริญของเชื้อราที่ความเข้มข้นของสารกำจัดเชื้อราสูงขึ้น พบว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเจริญได้บนอาหารผสม metalaxyl ความเข้มข้น 900 ppm ซึ่งมากกว่าอัตราที่แนะนำถึง 6 เท่า โดยโคโลนีถูกยับยั้งเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การทดสอบกับ iprodione พบว่ามีเชื้อราที่แยกได้ 3 ไอโซเลทสามารถเจริญได้ ถึงแม้ความเข้มข้นของสาร iprodione สูงถึงระดับ 1200 ppm ซึ่งแสดงถึง ความต้านทานของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่พบในสภาพธรรมชาติต่อสารกำจัดโรคพืช

ABSTRACT

The fungicidal sensitivity on *Trichoderma* spp. was concerned. *Trichoderma* spp. were isolated from durian orchard from Chanthaburi. All 14 isolates of *Trichoderma* spp. were tested with recommended fungicides as metalaxyl, benlate, carbendazim, thiophanate-methyl, iprodione and prochloraz at recommended rate by poisoned food technique. The result showed that *Trichoderma* spp. could be grown only in media contain with metalaxyl and iprodione. *Trichoderma* spp. were tested on the additional higher concentrations of both fungicides. The metalaxyl concentration at 900 ppm or 6 folds of recommended rate, *Trichoderma* spp. could be grown with slightly colony inhibition. Whilst the 1200 ppm iprodione treated, only three *Trichoderma* spp. isolates were observed. This means some fungicidal resistance *Trichoderma* spp. have occurred in the durian orchard.

Key Words: *Trichoderma* spp., fungicides resistance, sensitivity

* Corresponding author; e-mail address: crattan99@yahoo.com

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1]Department of Plant pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

การจัดการโรคพืชสามารถทำได้หลากหลายวิธีทั้งการเขตกรรม การใช้สารเคมี และการควบคุมโดยชีววิธี การใช้ *Trichoderma* spp. ในการควบคุมโรคพืชถือเป็นการควบคุมโดยชีววิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเป็นปรสิตโดยการรัดหรือพันเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช และปล่อยเอนไซม์ ไคติเนส เซลลูเลส เพื่อย่อยสลายผนังเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช (จิระเดช, 2547) รวมทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดี (Harman *et al*., 2004; Viterbo *et al*., 2007; Haggag and Mohamed, 2007) ทุเรียนเป็นพืชหนึ่งชนิดที่มีการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคู่กับสารเคมีเพื่อการควบคุมโรค (กรมวิชาการเกษตร, 2560) เพื่อควบคุมโรครากเน่าโคนเน่า จากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* มีคำแนะนำโดยภาครัฐให้ใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. และการใช้สารเคมี โดยเกษตรกรใช้สารเคมีในอัตราที่มากกว่าคำแนะนำบนฉลาก ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อเชื้อรา จุลินทรีย์ต่างๆ ในดิน การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความอ่อนแอของเชื้อรา *Trichoderma* spp. จากแปลงในจังหวัดจันทบุรี ต่อสารเคมีกำจัดโรคพืชที่มีการใช้ในสวนทุเรียนเป็นประจำ เพื่อให้ทราบถึงสภาพการตอบสนองต่อเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในสภาพการผลิตปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาความแตกต่างของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกได้จากแปลงทุเรียน

เก็บรวบรวมดิน รากและผิวเปลือกบริเวณโคนต้นทุเรียนจากสวนทุเรียนในท้องที่ของจังหวัดจันทบุรี อำเภอท่าใหม่ จำนวน 3 แหล่ง และอำเภอขลุง จำนวน 2 แหล่ง โดยนำตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืชมาแยกเชื้อรา *Trichoderma* spp. จากนั้นสังเกตความแตกต่างของโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยการเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อราบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) พร้อมตรวจสอบลักษณะของโคโลนีโดยสังเกต 3 ลักษณะ คือ การเจริญของเส้นใยในวันที่ 2 , อัตราการเจริญของเส้นใยในวันที่ 2 และตำแหน่งการสร้างสปอร์ 3 ตำแหน่งคือ จุดศูนย์กลางโคโลนี กลางโคโลนี และขอบโคโลนี (Leahy *et al*.,1990) และตรวจสอบลักษณะของ phialide phialospore และ chlamydospore ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อใช้ในการจำแนกสปีชีส์ตามวิธีของ Rifai (1969)

1.1. การแยกเชื้อรา *Trichoderma* spp.

ชั่งดินตัวอย่าง 25 กรัมต่อน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 250 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที หรือใช้รากทุเรียนบดละเอียดที่ผสมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ อัตรา 1 กรัม ต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร เจือจางตัวอย่างที่ 10^{-4} นำสารแขวนลอยที่เจือจาง 100 ไมโครลิตร เกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร Rose Bengal Agar สำหรับผิวเปลือกโคนต้นทุเรียนทำการแยกเชื้อราด้วยวิธี Tissue Transplanting Method ด้วยอาหาร Rose Bengal Agar และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง 3-7 วัน สังเกตลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Trichoderma* spp. และย้ายเชื้อราลงในอาหาร PDA เพื่อใช้ศึกษาต่อไป

1.2 การจำแนกนิดของเชื้อรา *Trichoderma* spp. โดยใช้เทคนิค Polymerase chain reaction

เตรียมเทคนิค polymerase chain reaction โดยนำเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่เลี้ยงในอาหาร Potato Dextrose Broth (PDB) เขย่าด้วยเครื่อง shaker 80 รอบต่อนาที นาน 5 วัน สกัดดีเอ็นเอของเชื้อราตามวิธีการของ Brandfass and Karlovsky (2008) นำ DNA ที่ได้ไปทำปฏิกิริยา PCR โดยใช้ไพรเมอร์

ITS1 (5'-TCTGTAGGTGAACCTGCGG-3') และ ITS4 (5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al*., 1990) ตรวจสอบลำดับนิวคลิโอไทด์และเทียบกับฐานข้อมูล NCBI เพื่อระบุชนิดของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

2. ศึกษาการตอบสนองของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อสารเคมีกำจัดเชื้อราตามความเข้มข้นที่ฉลากแนะนำ

นำเชื้อรา *Trichoderma* spp. มาทดสอบกับสารเคมีกำจัดโรคพืช 6 ชนิด ที่มีรายงานความต้านทานใน Fungicide Resistance Action Committee (FRAC, 2017) คือ metalaxyl, benlate, carbendazim, thiophanate-methyl, iprodione และ prochloraz ความเข้มข้นตามฉลาก 150, 450, 500, 700, 750 และ 225 ppm ตามลำดับสาร โดยผสมลงในอาหาร PDA ย้ายเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. วางลงบนอาหารทดสอบ บ่มเชื้อในอุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญของเส้นใยเป็นเวลา 5 วัน

3. การตอบสนองของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อสารเคมีกำจัดเชื้อราที่ความเข้มข้นที่ระดับสูง

นำเชื้อรา *Trichoderma* spp. มาทดสอบกับสารเคมีที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น โดยสารเคมี metalaxyl ที่ความเข้มข้น 150, 300, 600, 900 ppm และ iprodione ที่ความเข้มข้น 400, 750, 800, 1200 ppm โดยผสมลงในอาหาร PDA และย้ายเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. วางลงบนอาหารทดสอบ พร้อมบันทึกผลในช่วง 3-7 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อรา *Trichoderma* spp. จากแปลงทุเรียนและศึกษาความแตกต่างของเชื้อ

เชื้อรา *Trichoderma* spp. จากแปลงทุเรียน อำเภอท่าใหม่ และอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี (Table 1) ที่แยกได้ ทั้งหมด 14 ไอโซเลท เมื่อทำการศึกษาลักษณะความแตกต่างของเชื้อรา *Trichoderma* spp. โดยสังเกตลักษณะ ความแตกต่างของเส้นใย และอัตราการเจริญในวันที่ 2 ลักษณะของโคโลนี พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp.มีความแตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 2

Table 1 *Trichoderma* spp. isolated from durian orchard in Chanthaburi

No	Isolate from	Source	Code of isolate
1	Soil	Thung bencha, Tha mai, Chanthaburi	S1TT
2	Soil	Trok nong, Khlung, Chanthaburi	S1TK
3	Soil	Trok nong, Khlung, Chanthaburi	S2TK
4	Soil	Song phi nong, Tha mai, Chanthaburi	S2ST
5	Soil	Song phi nong, Tha mai, Chanthaburi	S1ST
6	Soil	Song phi nong, Tha mai, Chanthaburi	S3ST
7	Soil	Sueng, Khlung, Chanthaburi	S1SK
8	Soil	Sueng, Khlung, Chanthaburi	S2SK
9	Soil	Thung bencha, Tha mai, Chanthaburi	S2TT
10	Soil	Trok nong, Khlung, Chanthaburi	S11TK

11	Soil	Trok nong, Khlung, Chanthaburi	S22TK
12	Root	Song phi nong, Tha mai, Chanthaburi	R1ST
13	Root	Sueng, Khlung, Chanthaburi	R1SK
14	Bark	Sueng, Khlung, Chanthaburi	Ba2SK

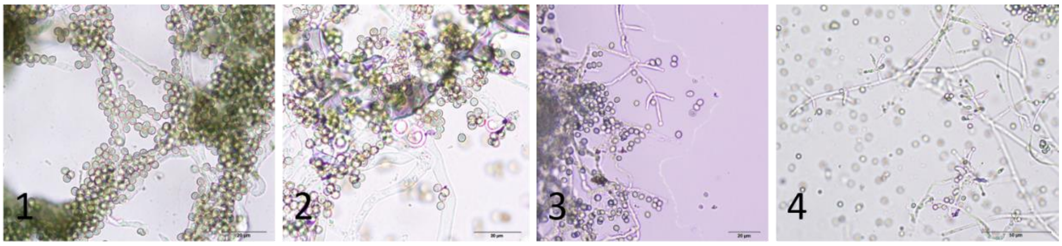
เชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 14 ไอโซเลท เมื่อนำมาจำแนกลักษณะความแตกต่างโคโลนี ตามเกณฑ์การบันทึกลักษณะของเชื้อที่ปรากฏของ Leahy *et al.* (1990) โดยสังเกตจาก สีของโคโลนี ลักษณะโคโลนี (Table 2) พร้อมจำแนกด้วยลักษณะสัณฐาน พบว่าเป็นเชื้อรา *Trichoderma asperellum* โดยมี phialospore รูปร่างกลม ไปถึงรูปไข่ ขนาดเล็ก ผนังขรุขระเล็กน้อย และ phialide เป็นกลุ่ม รูปร่าง skittle-shape และ conidiophore มีลักษณะแตกกิ่งก้าน (Rifai, 1969) (Figs. 1-4) ยืนยันถึงความแตกต่างของเชื้อโดยการตรวจสอบด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล

Table 2 Differentiation of *Trichoderma* spp. colony characteristics.

Isolate	Different of mycelium growth compared to average growth		Spore producing area on colony at 2 days
	Mycelium size (cm) $\bar{x}$=4.47	Growth rate (cm/day) $\bar{x}$=2.37	
S1TT	+0.28	+0.105	C
S1TK	+0.53	+0.13	A
S2TK	+0.43	+0.055	A
S2ST	+0.02	+0.03	A
S1ST	+0.20	-0.07	B
S3ST	+0.38	+0.03	A
S1SK	+0.01	+0.06	A
S2SK	-0.245	+0.08	A
S2TT	-0.5	-0.22	A
S11TK	-0.25	-0.045	A
S22TK	-0.27	-0.88	B
R1ST	-0.3	-0.12	C
R1SK	-0.07	+0.18	A
Ba2SK	-0.2	+0.03	A

A=spore producing in the center zone, B= spore producing in the middle zone, C=spore producing at the edge zone

“+”=mycelium growth more than $\bar{x}$, “-“=mycelium growth less than $\bar{x}$



Figs. 1. *Trichoderma asperellum* characters 1) phialospores 2) chlamydospores. 3-4) conidiophores and phialides

การตรวจสอบเชื้อรา *Trichoderma* spp. ด้วยเทคนิค polymerase chain reaction โดยใช้ primer ITS1/4 ซึ่งเป็นส่วนของ small-subunit ribosomal RNA (rRNA) และ large-subunit rRNA genes ของโครโมโซม ซึ่ง Asis and Siddiquee (2016) รายงานถึงส่วน internal transcribed spacer (ITS) regions และ translation elongation factor 1-alpha (TEF1) มีประสิทธิภาพในการระบุชนิดของเชื้อรา โดยเชื้อราทั้ง 14 ไอโซเลท มีผลการตรวจสอบลำดับเบสเทียบกับฐานข้อมูลลำดับเบสใน genebank (NCBI, 2017) มีความสอดคล้องกับ *T. asperellum* โดยมีความเหมือนที่ 77-85% ของข้อมูลที่เปรียบเทียบทั้งหมด 800-1200 ลำดับเบส

ศึกษาการตอบสนองของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อสารเคมีกำจัดเชื้อรา

การทดสอบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. asperellum* ต่อสารเคมีกำจัดเชื้อราจำนวน 6 ชนิดโดยอ้างอิงกับปริมาณสารที่ฉลากแนะนำ พบว่า เชื้อรา *T. asperellum* สามารถเจริญเติบโตได้ในสารเคมี metalaxyl และ iprodione เพียง 2 สารเท่านั้น (Table 3) แสดงให้เห็นว่าสารเคมีกำจัดเชื้อราชนิดอื่นๆไม่สามารถใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ได้ ผลของ metalaxyl ความเข้มข้นตามฉลากแนะนำไม่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับการทดลองของ Sivprasad *et al.*, (2014) และ Kraft and Papavizas (1983) ที่ทดสอบเชื้อรา *Trichoderma* spp. กับ metalaxyl ทำให้เชื้อราสร้างสปอร์มากกว่าชุดควบคุม เนื่องจากสาร metalaxyl ออกฤทธิ์ได้ดีต่อกลุ่มเชื้อรา oomycetes ในเชื้อรา *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp. (FRAC, 2017)

Table 3 Percentage of inhibition from *Trichoderma asperellum* to fungicides after 2 days incubation

Isolates	Fungicides concentration (ppm)						F-test	CV
	metalaxyl 150	iprodione 750	benlate 450	Carbendazim 500	thiophanate-metyl 700	procloraz 225		
S1TT	2.7b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	0
S1TK	-4.6b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	2.73
S2TK	-3.1b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	0.69
S2ST	0.35b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	0.73
S1ST	-23.45c	55.1b	100a	100a	100a	100a	**	3.66
S3ST	-0.05b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	1.49
S1SK	-0.05c	60.6b	100a	100a	100a	100a	**	1.83
S2SK	-2.35b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	2.61

S2TT	0.7b	90.7a	100a	100a	100a	100a	**	6.59
S11TK	-2.55b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	1.29
S22TK	-7.75c	58.05b	100a	100a	100a	100a	**	3.15
R1ST	6.4b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	1.98
R1SK	4.90c	80.95b	100a	100a	100a	100a	**	3.94
Ba2SK	6.25b	100a*	100a	100a	100a	100a	**	0.79

*regrowth after seven day,** Means within a raw under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 95% level by DMRT

การตอบสนองของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อสารเคมีกำจัดเชื้อรา metalaxyl และ iprodione

การทดสอบเชื้อรา *T. asperellum* กับสารเคมี metalaxyl ที่ความเข้มข้น 150, 300, 600, 900 ppm และ และ iprodione ที่ความเข้มข้น 400, 750, 800, 1,200 ppm ผลแสดงใน Table 4 โดย เชื้อรา *T. asperellum* สามารถเจริญได้เมื่อความเข้มข้นของสารเคมีที่ metalaxyl ที่เพิ่มขึ้นถึง 1200 ppm ซึ่งมากกว่าอัตราที่แนะนำถึง 9 เท่า ผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Sawant and Mukhopadhyay (1991) ที่พบว่า metalaxyl มีผลต่อการสนับสนุนการเจริญของเชื้อรา *T. asperellum*

สำหรับผลการทดสอบสาร iprodione ต่อเชื้อ *T. asperellum* ที่ระดับสูง พบว่ามีเชื้อรา 3 ไอโซเลท ได้แก่ S1ST, S1SK และ S22TK ที่สามารถเจริญได้ดีในทุกระดับความเข้มข้น จนถึง 1,200 ppm (Table 4) ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีลักษณะต้านทานต่อสารเคมีของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อสาร iprodione ซึ่งตรงกับรายงานของ FRAC (2017) ที่รายงานว่าสาร iprodione ทำให้เกิดความต้านทานกับเชื้อราได้

Table 4 Percentage of inhibition from *Trichoderma asperellum* response to metalaxyl and iprodione after 2 days incubation

isolate	metalaxyl (ppm)				iprodione (ppm)			
	150	300	600	900	400	750	800	1,200
S1TT	2.7r-w	10.1k-r	13.2h-k	20.6d-h	100a*	100a*	100a*	100a*
S1TK	-4.6v-x	13.6h-p	20.9c-h	26.6a-d	100a*	100a*	100a*	100a*
S2TK	-3.1v-x	16.8f-l	18.2d-k	23.6a-g	100a*	80.6c-e	100a*	95.3ab
S2ST	0.4t-x	9.8l-s	24.4a-f	29.3ab	100a*	100a*	100a*	100a*
S1ST	-23.5y	-2.6v-x	15.1h-n	14.9h-o	57.1f-h	81.9b-d	66.7e-h	66.7e-h
S3ST	-0.1t-x	9l-s	17.2f-l	25.5a-e	100a*	100a*	100a*	100a*
S1SK	-0.1t-x	16.2f-m	19.5d-i	17.4f-l	60.6f-h	56.9gh	68.3d-h	70.4d-f
S2SK	-2.6u-x	6p-u	15.2g-n	23.8a-f	100a*	61f-h	100a*	100a*
S2TT	1.4s-w	10.8j-r	20.6d-i	26.7a-d	90.7a-c	65.7e-h	93.6a-c	100a*
S11TK	-2.6v-x	1.5s-w	14.4h-p	12.9h-q	100a*	69.5d-g	100a*	100a*
S22TK	-7.8x	3.1r-w	4.25r-v	6.9n-t	58.1f-h	67.1d-h	68.2d-h	67.8d-h

R1ST	6.4o-t	7.9m-t	12.2i-q	17.4e-l	100a*	54.9gh	100a*	100a*
R1SK	4.9q-v	8.5m-t	19.3d-j	28.8a-c	80.9b-e	68.6d-g	93a-c	86.5a-c
Ba2SK	6.3p-u	9.6l-s	20.9b-h	29.4a	100a*	52.9h	100a*	100a*
Tricho. (A)			**				**	
Conc.(B)			**				**	
AxB			**				**	
CV			30.59				7.40	

*regrowth after seven day, **Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 95% level by DMRT

สารเคมีกำจัดเชื้อราชนิด benlate carbendazim thiophanate methyl และ prochloraz สามารถควบคุมเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp.ได้ ทำให้เกษตรกรไม่ควรใช้สารเคมีนี้ร่วมกัน หากเกษตรกรต้องการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถใช้ร่วมกับสาร metalaxyl ได้ สำหรับสารเคมี iprodione ไม่มีคำแนะนำให้ใช้ในแปลงทุเรียน แต่หากมีการใช้บ่อยครั้งอาจมีส่วนกระตุ้นให้เกิดความต้านทานของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp.ได้ อันอาจจะทำให้เชื้อราปฏิปักษ์ลดประสิทธิภาพลง

สรุป

เชื้อรา *T. asperellum* ที่แยกได้จากแปลงทุเรียนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ไม่สามารถเจริญได้บนสารเคมี benlate, carbendazim, thiophanate-methyl และ prochloraz ที่ความเข้นข้นตามฉลากแนะนำ ยกเว้นสารเคมี metalaxyl และ Iprodione เท่านั้นที่เชื้อเจริญได้ และเมื่อทดสอบกับความเข้นข้นที่เพิ่มขึ้นพบว่า เชื้อรา *T. asperellum* สามารถทน metalaxyl ได้ ถึงแม้ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า สำหรับ iprodione จะพบเพียง 3 ไอโซเลทของเชื้อรา *T. asperellum* เจริญได้ที่ความเข้มข้นสูงถึง 1,200 ppm ซึ่งแสดงถึงการต้านทานของสาร iprodione ใน *T. asperellum*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรจังหวัดจันทบุรีที่ให้ตัวอย่างและข้อมูลการใช้สารเคมี และขอขอบคุณ ผศ.ดร. ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล และพี่ในแลป 3215 โดยเฉพาะ พี่สรรเสริญ รังสุวรรณ และ พี่พิสุทธิ์ เขียวมณี ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. **โรครากเน่าโคนเน่าสวนทุเรียน**. แหล่งที่มา: https://www.thairath.co.th/content/1118292. 7 พฤศจิกายน 2560.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2547. **การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี**. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดินและภายในโรงเรือน จัดโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (ชุดโครงการ-การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ อาคารเจ้าคุณทหารคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

Asis, A. and S. Siddiquees. 2016. Identification of *Trichoderma* species from wet paddy field soil samples. **Transactions on Science and Technology** 3(1): 1 – 7

Brandfass, C. and P. Karlovsky. 2008. Upscaled CTAB-Based DNA extraction and real-Time PCR Assays for *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* DNA in plant material with reduced sampling error. **International Journal of Molecular Sciences** 9: 2306-2321.

Fungicide resistance action committee. 2017. **FRAC Code List**. Available Source: http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2017-final.pdf?sfvrsn=2, 15 September 2017.

Haggag, W.M. and H.A. A. Mohamed. 2007. Biotechnological aspects of microorganisms used in plant biological control. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture** 1(1): 7-12.

Harman, G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology** 2: 43-56.

Kraft, J. M. and G.C. Papavizas. 1983. Use of host resistance, *Trichoderma*, and fungicides to control soilborne diseases and increase seed yields of peas. **Plant Disease** 67:1234-1237.

Leahy J.G. and R.R. Colwell. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. **Microbiol Rev** 54(3): 305-315, 1990.

National Center for Biotechnology Information. 2017. **Primer-BLAST**. Available Source: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/, 30 December 2017.

Rifai M.A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. **Mycological papers no. 116**. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

Sawant, I. S. and A. N. Mukhopadhyay. 1991. Integration of metalaxyl with *Trichoderma harzianum* for the control of Pythium damping-off in sugarbeet. **Indian Phytopathology** vol 43: 535-541

Sivparsad, B. J., N. Chiuraise, M. D. Laing and M. J. Morris. 2014. Negarive effec of three commonly used seed treatment chemicals on biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. **African Journal of Agicultural Research**

Viterbo, A., A. Wiest, Y. Brotman, I. Chet and C. Kenerley. 2007. The 18mer peptaibols from *Trichoderma virens* elicit plant defence responses. **Molecular Plant Pathology** 8: 737–746.

White, T.J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. **Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics**. **PCR protocals: A Guide to methods and applications.** Academic Press.

Germination of Smooth Loofah (*Luffa cylindrica* (L.) M. Roem.) as Affected by Acetic Acid Fumigation

Fatima B. Paleracio[1, 2] and Songsin Photchanachai[1, 2*]

ABSTRACT

Physical dormancy is a limiting factor in attaining high and uniform seed germination. To overcome dormancy in smooth loofah seeds, germination percentage and germination index were gathered consecutively in two sets of experiments. Untreated seeds (control), scarified seeds using sand paper (positive control) and 1 h and 2 h acetic acid fumigation were the treatments in the first experiment while 4, 6, and 8 h with the control and scarified seeds were evaluated in the last experiment. Seed scarification gave 96% germination while short exposure time (1 and 2 h) had no effect, thus, longer exposure time was used thereafter. Aside from scarification, acetic acid fumigation for 4 h enhanced seed germination (64.67%) while 6 and 8 h were comparable to control. Though acetic acid had a minimal effect in seed germination of smooth loofah, its ambiguity in breaking seed physical dormancy can be further elucidated in future studies.

Key Words: acetic acid fumigation, germination, germination index, seed dormancy, smooth loofah

* Corresponding author; e-mail address: songsin.pho@kmutt.ac.th

[1]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 101502.

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok, 10400, Thailand.

INTRODUCTION

Seeds with physical dormancy are known to have low percentage and non-uniform emergence. Physical dormancy includes seeds with hard seed coat which inhibits germination mostly because of water impermeability brought by water-repellent substances present in the palisade layer (Sahai and Pal, 1995). *Luffa cylindrica* (L.) M. Roem, commonly known as smooth loofah or sponge gourd, exhibits serious physical dormancy mainly because of hard and thick seed coat containing narrow palisade-like osteosclereid with rod-like thickenings (Singh and Dathan, 1998).

Methods in overcoming physical dormancy using heat treatment and mechanical scarification has been studied for many years. However, the efficacy of heat treatment varies significantly on temperature, duration, heating devices and plant species (Kimura and Islam, 2012). Scarification using sandpaper is arduous while the use of mechanical scarifiers are dependent on seed length, width, thickness, and seed weight. It also damages the seed which may lead to dead seeds and abnormal seedlings (Acharya *et al*., 1993). Another successful method to break physical dormancy is acid scarification. Acid scarification using sulfuric acid destroys both the seed coat and the plugged natural opening (Baskin and Baskin, 2000). However, sulfuric acid is considered hazardous in nature.

Acetic acid is a weak acid with low oral toxicity to anyone who have contact with it (Borgen, 2001). It is an active ingredient of vinegar which makes it cheap and commercially available. It has been previously used as a control measure for postharvest decay and molds in low concentrations (El-Saidy and El-Hai, 2016). It also had no effect on germination of wheat seeds under storage when used as a fumigant at 0.38 and 0.78 ml solvent/kg of seed (Sholberg and Gaunce, 1996). However, the effect of acetic acid in physically dormant seeds is still unknown. Hence, this study was conducted to determine its effect on the dormancy of smooth loofah seeds when applied as a fumigant.

MATERIALS AND METHODS

1. Plant Material

Smooth loofah seeds were purchased from a local market in Bangkok, Thailand and were immediately stored at 0°C. Initial data were gathered: seed weight, 86.21 g/1,000 seeds; 96% seed viability by tetrazolium test and seed moisture content of 9.8%.

2. Preparation of Acetic Acid Fumigation

Two sets of experiments were conducted using 1 and 2 h acetic acid fumigation in the first set then 4, 6 and 8 h duration in the next experiment. Both experiments were conducted under ambient conditions (28±2°C).

Four beakers containing glacial acetic acid were placed at the bottom of a desiccator (6 L). The desiccator's platform was wrapped with a plastic net where seeds were evenly spread. To ensure its complete saturation, 5 ml of acetic acid was used for every gram of seeds treated. The remaining acetic acid was measured and only 0.01% acetic acid was utilized for every treatment. Untreated seeds were used as control while seeds scarified using sandpaper were used as positive control.

3. Standard Germination Test

Germination test was conducted under ambient conditions. Normal seedlings were counted at the 4^{th} and 14^{th} day of germination. Classification of seedlings and ungerminated seeds were based from ISTA (2007) with few adjustments. Abnormal seedlings were classified according to ISTA (2007) as damaged seedlings, no complete essential structures, and deformed, seedlings which were tightly twisted, constricted or with stubby hypocotyls. Meanwhile, seedlings with no abnormal features but has not reach 4 cm length or with cotyledons fully covered by the seed coat were considered as weak seedlings. Ungerminated seeds were classified as decayed or dead, if seeds were soft and mouldy, and hard seeds if it remained viable but did not imbibe water at all. Ungerminated seeds were further examined by tetrazolium test to confirm its viability.

4. Germination Index

Germination index (GI) was performed following AOSA (1983). Normal seedlings were recorded everyday until final count. It was calculated using the following equation where *N* is the number of normal seedlings at day *D* and *D* is the number of days from the start of germination test until final count.

$$\text{Germination Index (GI)} = \sum\left(\frac{N}{D}\right)$$

5. Statistical Analysis

All experiments were laid in a Complete Randomized Design in three replicates per treatment and 50 seeds per replicate. Mean differences were compared using Fisher's Least Significant Difference (LSD) at 5% probability level.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Germination characteristics of smooth loofah seeds fumigated with 1 h and 2 h acetic acid

Germination response of smooth loofah seeds (Table 1) showed that control seeds exhibited low germination (54.67%) while scarification using sand paper had significant difference among others. This indicates that scarification facilitated water uptake of the seed and further proved that seeds of smooth loofah used in the study has physical dormancy. Similar results were observed by

Chaodumrikul *et al*. (2016) when clipped smooth loofah seeds had 100% germination. Furthermore, acetic acid fumigation for 1 h (58.67%) and 2 h (53.33%) had no significant difference in germination compared to control. This might be due to short duration of exposure of seeds to acetic acid vapor thus, no effect was observed.

Germination index of seeds revealed the number of germinating seeds in a given period of time (AOSA, 1983). There was a significant difference in germination index among treatments but then again, scarified seeds had the highest GI among others (Table 1). The rest had no significant mean difference with the control.

Table 1. Germination and germination index of smooth loofah seeds fumigated for 1 and 2 h with acetic acid.

Methods of breaking dormancy	Germination (%)	Germination index
Control	54.67^{b}	4.71^{b}
Scarification	96.67^{a}	8.52^{a}
Acetic acid fumigation for 1 h	58.67^{b}	3.87^{b}
Acetic acid fumigation for 2 h	53.33^{b}	4.58^{b}

$^{a-b}$Means with different letters in the same column were significantly different at P≤0.05.

Abnormal seedlings were also recorded and classified as weak or deformed (Table 2). Weak seedlings were observed in 1 h fumigation of acetic acid but had no significant difference compared to other treatments. Deformed seedlings were insignificantly present in almost all treatments. Decayed seeds were also observed in scarified and acetic acid fumigated seeds which is comparable to control. Only hard seeds had a significant difference and followed the pattern in germination percentage.

Table 2. Classification of abnormal seedlings and ungerminated seeds of smooth loofah fumigated with 1 and 2 h acetic acid.

Methods of breaking	Abnormal seedling (%)		Ungerminated seed (%)	
dormancy	Weak	Deformed	Decayed	Hard
Control	0.00	0.67	3.33	41.33^{a}
Scarification	0.00	1.33	0.67	1.33^{b}
Acetic acid fumigation for 1 h	1.33	2.00	1.33	36.67^{a}
Acetic acid fumigation for 2 h	0.00	0.00	2.00	44.67^{a}

$^{a-b}$Means with different letters in the same column were significantly different at P≤0.05.

2. Germination characteristics of smooth loofah seeds fumigated with 4, 6 and 8 h acetic acid

Since 1 and 2 h fumigation of acetic acid had no effect in breaking dormancy of smooth loofah seeds, longer duration of exposure were investigated. Scarified seeds still had the highest germination (96.68%) with a GI of 8.24. Meanwhile, 4 h acetic acid significantly stimulated germination of smooth loofah seeds (64.67%) compared to control (51.27%). The effect of acetic acid on seed germination slightly decreases as exposure time is prolonged though results for 6 and 8 h were insignificant to control. Also, acetic acid fumigation (4, 6 and 8 h) did not affect germination index of smooth loofah seeds which indicates that the uniformity of seedlings over time were comparable with control.

Low pH in soil or growing medium enhances germination in seeds with thick seed coats which can be related to its manifestation of softening the seed coat (Deska *et al*., 2011). Low pH solution in the petri dish also caused seed coat weakening in Townsville stylo seeds, requiring lower embryo force to break the seed coat (Chaves *et al*., 2017). In this study, acetic acid fumigation probably softens the seed coat of smooth loofah which might be the reason of its enhanced germination. It might also damage the seed coat in the same manner as sulfuric acid, being the main ingredient of vinegar (Evans and Blazich, 1999), though its effect is lesser.

Table 3. Germination and germination index of smooth loofah seeds fumigated with 4, 6 and 8 h acetic acid.

Methods of breaking dormancy	Germination (%)	Germination index
Control	51.27^{c}	3.82^{b}
Scarification	96.68^{a}	8.24^{a}
Acetic acid fumigation for 4 h	64.67^{b}	4.56^{b}
Acetic acid fumigation for 6 h	56.00^{bc}	4.62^{b}
Acetic acid fumigation for 8 h	50.00^{c}	4.14^{b}

$^{a\text{-}c}$Means with different letters in the same column were significantly different at $P \leq 0.05$.

The occurrence of abnormal seedlings was not affected by any of the treatments. Decayed seeds had a slight increase when exposure time was prolonged to 6 and 8 h but were insignificant in all treatments. Control and 8 h acetic acid had the highest percent hard seeds while 4 h exhibited lower results than control. Scarified seeds did not have any hard seeds at all which further proves that smooth loofah has physical dormancy.

Results in abnormal seedlings and ungerminated seeds (Table 4) showed that longer exposure time did not have detrimental effects in the germinating seeds especially when hard seeds fumigated with 8 h acetic acid were found 100% viable under tetrazolium test following McDonald (2000) method. However, the slight decline in germination percentage can be related with the minor increase in decayed seeds fumigated with acetic acid for 6 to 8 h. This indicated that the prolonged exposure of seeds to acetic acid led to few seed death. In contrast, detrimental effects of acetic acid were found in wheat (80% and 79% germination) when soaked in 16 mM acetic acid for 90 mins and zinnia seeds (23.4% and 14% germination) when soaked in 5% acetic acid for 30 mins (Tunes *et al.*, 2012; Szopinska, 2013). This may be due to the method of application and seeds used. Smooth loofah seeds have hard seed coat that will be affected first while seeds in the aforementioned studies did not exhibit any physical dormancy.

Table 4. Percentage of abnormal seedlings and ungerminated seeds of smooth loofah seeds fumigated with 4, 6 and 8 h acetic acid.

Methods of breaking dormancy	Abnormal seedling (%)			Ungerminated seed (%)	
	Damaged	Weak	Deformed	Decayed	Hard
Control	0.67	1.21	0.00	3.76	43.09^{a}
Scarification	0.00	0.00	1.99	1.33	0.00^{c}
Acetic acid fumigation for 4 h	0.00	0.67	0.00	4.67	30.00^{b}
Acetic acid fumigation for 6 h	0.00	0.67	0.67	5.33	37.33^{ab}
Acetic acid fumigation for 8 h	0.67	1.33	0.00	6.00	42.00^{a}

$^{a-b}$Means with different letters in the same column were significantly different at $P \leq 0.05$.

CONCLUSION

Short duration of acetic acid fumigation (1 and 2 h) yielded no effect on seed germination of smooth loofah seeds. On the other hand, 4 h acetic acid could break the dormancy but in minimal level compared to scarification. Longer duration (6 and 8 h) did not have any detrimental effects. The minimal enhancement of seed germination by acetic acid is probably due to softening of seed coat. However, further studies are required to elucidate the effects of acetic acid fumigation in physically dormant seeds particularly in the seed coat which mainly restricts germination as well as its effects on seeds with different moisture content.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Multi-Intellectuals Scholarship for the research funds provided.

REFERENCES

Acharya, S.N., J.P. Kastelic, K.A. Beauchemin and D.F. Messenger. 2006. A review of research progress on cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L.). **Canadian Journal of Plant Science** 86(1): 49-62.

Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook. *In* "**Handbook on Seed Testing**" Contribution No. 32. Association of Official Seed Analysis, Springfield, IL.

Baskin, J.M., C.C. Baskin and X. Li. 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology** 15(2): 139-152.

Borgen, A. and B. Nielsen. 2001. Effect of seed treatment with acetic acid in control of seed borne diseases. *In* "**Proceedings of the BCPC Symposium No. 76: "Seed Treatment: Challenges & Opportunities**", Biddle, A.J. (eds.) 76. Farnham, 76, British Crop Protection Council.

Chaodumrikul, S., P. Kaewsorn, P. Chulaka and W. Chanprasert. 2016. Breaking seed dormancy in smooth loofah (*Luffa cylindrica* (L.) M. Roem.) using scarification and dry heat treatment. **Agriculture and Natural Resources** 50(2): 85-88.

Chaves, I.S., N.C.Q. Silva and D.M. Ribeiro. 2017. Effect of the seed coat on dormancy and germination in *Stylosanthes humilis* H.B.K. Seeds. **Journal of Seed Science** 39(2): 114-122.

Deska, J., K. Jankowski, A. Bombik and J. Jankowska. 2011. Effect of growing medium pH on germination and initial development of some grassland plants. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura** 10(4): 45-56.

El-Saidy, A.E.A. and K.M.A. El-Hai. 2016. Effect of some Evaporation Matters on Storability of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed. **Pakistan Journal of Biological Sciences** 19: 239-249.

Evans, E. and F.A. Blazich. 1999. **Overcoming seed dormancy: Trees and shrubs**. North Carolina Cooperative Extension Service.

International Seed Testing Association (ISTA). 2007. **International Rules for Seed Testing**, Seed Science and Technology, Bassersdorf, Switzerland.

Kimura, E. and M.A. Islam. 2012. Seed scarification methods and their use in forage legumes. **Research Journal of Seed Science** 5: 38-50.

McDonald, M.B. 2000. Herbicide trait testing *In* "**Seed Technologist Training Manual.**" M.B. McDonald, T. Gutormson and B. Turnipseed. (eds.) 292. Society of Commercial Seed Technologists.

Sahai, K. and A. Pal. 1995. Studies on seed treatments and histochemical characters on water barriers in seed coat of *Leucaena glauca* (L.) Benth. **Journal of Phytological Research** 8: 97-100.

Sholberg, P.L. and A.P. Gaunce. 1996. Fumigation of high moisture seed with acetic acid to control storage mold. **Canadian Journal of Plant Science** 76(3): 551-555.

Singh, D. and A.S.R. Dathan. 1998. Morphology and embryology *In* "**Cucurbits.**" N.M. Nayar and T.A. More. (eds.) Science Publishers, Inc., India, pp. 67-95.

Szopinska, D. 2013. The effects of organic acids treatment on germination, vigour and health of zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) seeds. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus** 12(5): 17-29.

Tunes, L.M.D., S.A.G. Avelar, A., A.C.S.A. Barros, D.C. Pedroso, M.F.B. Muniz and N.L.D. Menezes. 2012. Critical levels of organic acids on seed germination and seedling growth of wheat. **Revista Brasileira de Sementes** 34(3): 366-372.

ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีในดินนาภายในสภาพน้ำขัง

Effect of Phosphorus Fertilizer on Adsorption-Desorption of Zinc in Waterlogged Paddy Soils

สายชล สุขญาณกิจ[1] ศุภิฌา ธนะจิตต์[1*] สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1] และ เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Saychol Sukyankij[1], Suphicha Thanachit[1*], Somchai Anusontpornperm[1] and Irb Kheoruenromne[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีในชุดดินพิมายและชุดดินกุลาร้องไห้ที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน (0, 3, 6 และ 12 กก. P_2O_5 /ไร่) ภายใต้สภาพจำลองการขังน้ำในห้องปฏิบัติการเป็นระยะเวลา 30 วัน ชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ส่วนชุดดินกุลาร้องไห้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินทั้งสองเป็นกรดจัดมาก ชุดดินกุลาร้องไห้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าในชุดพิมายอย่างชัดเจน (2.15 และ 27.1 มก./กก.) แต่กลับมีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ต่ำใกล้เคียงกันโดยมีค่าเพียง 0.53 และ 0.40 มก./กก. ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีของดินทางสถิติโดยชุดดินพิมายมีปริมาณการดูดซับ (23.92-43.67 เปรียบเทียบกับ 7.69-71.95 มก./กก) และการปลดปล่อยสังกะสี (0.34-11.95 เปรียบเทียบกับ 1.01-15.03 มก./กก) ต่ำกว่าชุดดินกุลาร้องไห้ แต่การดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีของดินทั้งสองจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการขังน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลา 14 และ 30 วัน ชุดดินกุลาร้องไห้และพิมายจะดูดซับสังกะสีสูงสุดตามลำดับ และปลดปล่อยสังกะสีออกมามากที่สุดในวันสุดท้ายของการขังน้ำในทั้งสองชุดดิน

ABSTRACT

A study on adsorption-desorption of zinc (Zn) in Phimai (Pm) and Kula Ronghai (Ki) soil series as affected by different rates of P-fertilizer (0, 3, 6 and 12 kg P_2O_5/rai) was conducted under waterlogged condition in laboratory for 30 days. Pm soil series had clay while Ki soil series had sandy clay loam texture. Both soils were strongly acid. Ki soil series had much lower amount of available P than Pm soil series but the extractable Zn content in both soils were very low with the value of 0.53 and 0.40 mg/kg, respectively. Phosphorus fertilizer applied at different rates has no impact on adsorption and desorption of Zn in both soils. Pm soil series had lower contents of Zn adsorption (23.92-43.67 compared to 7.69-71.95 mg/kg) and desorption (0.34-11.95 compared to 1.01-15.03 mg/kg) than those obtained from Ki soil series. Adsorption and desorption of Zn of both soils were statically increasing with time of waterlogging where the maximum content of Zn adsorption of Ki and Pm soil series was detected at day 14 and 30, respectively. While the amount of Zn desorption was statically greatest at the last days of waterlogging for both soils.

Keywords: Available Zn, Paddy soils, P-fertilizer, Khao Dawk Mali 105

* Corresponding author; e-mail address: agrspc@ku.ac.th

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

การขาดสังกะสีเป็นปัญหาหลักสำหรับการปลูกข้าวแบบขังน้ำ (Alloway, 2008) รวมถึงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กรมการข้าว, 2559; Duangpatra, 1988; Inboonchuay *et al*., 2016) ข้าวที่ได้รับสังกะสีไม่เพียงพอจะมีใบลีบเล็ก ตายอดและข้อปล้องไม่ขยาย แคระแกร็น แตกกอน้อย ส่งผลให้จำนวนช่อดอก น้ำหนักเมล็ด รวมทั้งคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลงโดยเฉพาะทางด้านโภชนาการ (Dobermann and Fairhurst, 2000) ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจึงอาจจำกัดการเจริญเติบโตของข้าวในภูมิภาคนี้ ทำให้มีผลผลิตข้าวเฉลี่ยเพียง 330-380 กก./ไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557) ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดินจะถูกควบคุมโดยสมบัติดินโดยเฉพาะสภาพรีดอกซ์ (Kabata-Pendias, 2004; Gao *et al*., 2010) รวมถึงพีเอชดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณคาร์บอเนตในดิน (Alloway, 2008) และการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้นโดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัส (Mandal and Mandal, 1990; Zhao and Selim, 2010; Pérez-Novo *et al*., 2011) มีหลายข้อสันนิษฐานถึงความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสและสังกะสี โดย Saeed (1977) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราสูงเป็นตัวชักนำให้เกิดการขาดธาตุสังกะสีในพืชเนื่องจากสังกะสีเกิดการตกตะกอนร่วมกับฟอสฟอรัสกลายเป็นสารประกอบที่ละลายได้ยาก ขณะที่ Pérez-Novo *et al.* (2011) รายงานว่าการดูดซับสังกะสีที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสนั้นเกิดจากการการรวมตัวกันแล้วกลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ P-Zn บริเวณพื้นผิวของคอลลอยด์ในสารละลายดิน ขณะที่ยงยุทธ (2558) รายงานว่าอันตรกิริยาระหว่างฟอสฟอรัสและสังกะสีเกิดขึ้นในดินเป็นหลักเนื่องจากการเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้สังกะสีถูกดูดยึดกับเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์ไม่ใช่เพราะตกตะกอนเป็นสารประกอบของสังกะสีฟอสเฟต ซึ่งจากข้อมูลที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างสังกะสีและฟอสฟอรัสยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนเนื่องจากข้อมูลจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ยังมีความขัดแย้งกัน อีกทั้งการศึกษาผลระหว่างสังกะสีและฟอสฟอรัสในดินของประเทศไทยยังมีข้อมูลน้อยมากจึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่าง ๆ ต่อจลนศาสตร์ของการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีในดินนาที่มีเนื้อดินแตกต่างกันในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 แหล่งใหญ่ของประเทศ การศึกษาจะทำให้ได้ข้อมูลเพื่อประกอบการจัดการปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากบ้านศรีณรงค์ ตำบลศรีณรงค์ อำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ เป็นดินตัวแทนของชุดดินกุลาร้องไห้ (Typic Natraqualfs) และบริเวณบ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นดินตัวแทนของชุดดินพิมาย (Ustic Endoaquerts) นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในโรงเรือน คลุกเคล้าตัวอย่างดินให้เข้ากัน บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น ตามวิธีการของ National Soil Survey Center (1996) และวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์โดยวิธี DTPA (pH 7.3) (Lindsay and Norvell, 1978)

การวางแผนการทดลอง

นำตัวอย่างดินทั้ง 2 ชุดดินมาใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกัน 4 อัตรา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ชุดควบคุม) 2-4) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา

0.5, 1 และ 2 เท่าของอัตราแนะนำสำหรับข้าวหอมมะลิตามค่าวิเคราะห์ดิน (ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์, 2554) ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับ 3, 6 และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ตามลำดับ ใช้ตัวอย่างดินที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างดินใส่ขวดแก้วขนาด 25 มิลลิลิตร จำนวน 3 กรัม ใส่น้ำกลั่นลงไปจำนวน 5 มิลลิลิตรเพื่อจำลองสภาพการขังน้ำ จากนั้นทำการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามตำรับการทดลอง ปิดปากขวดด้วย parafilm และเจาะรูเพื่อระบายอากาศ ทำการขังน้ำในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14 และ 30 วัน เมื่อครบระยะเวลาการบ่มที่กำหนดนำตัวอย่างดินในแต่ละขวดไปวิเคราะห์ลักษณะการดูดซับ และการปลดปล่อยสังกะสีต่อไป

การวิเคราะห์อัตราการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสี

ดัดแปลงวิธีการทำจากวิธีการของ Khaokaew (2010); Pérez-Novo *et al.* (2011) และ Hararah *et al.* (2012) นำตัวอย่างดินที่ทำการบ่มภายใต้สภาพการขังน้ำในห้องปฏิบัติการมาเติมสารละลาย 0.01 M $CaCl_2$ จำนวน 20 มิลลิลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นของสังกะสีแตกต่างกันจำนวน 5 ความเข้มข้น โดยชุดดินกุลาร้องไห้ใช้ความเข้มข้นของสังกะสีเท่ากับ 0, 50, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดดินพิมายใช้ความเข้มข้นของสังกะสีเท่ากับ 0, 50, 100, 150 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสังกะสีที่ใช้จะใช้ในรูป $Zn(NO_3)_2$ จากนั้นเขย่าเป็นครั้งคราวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารละลายดินเข้าสู่สมดุล (equilibrium) เมื่อครบกำหนดนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกของแข็งและสารละลายออกจากกัน นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer เพื่อคำนวณการดูดซับสังกะสี ตัวอย่างดินที่เหลือจากการปั่นเหวี่ยงนำมาเติม 0.01 M $CaCl_2$ จำนวน 20 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำไปปั่นเหวี่ยงแยกของแข็งและสารละลายออกจากกัน ของเหลวที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer เพื่อคำนวณการปลดปล่อยสังกะสี ซึ่งการวิเคราะห์อัตราการดูดซับ และการปลดปล่อยสังกะสีของดินจะใช้สมการ Freundlich (Freundlich, 1906)

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

เมื่อ q_e = ปริมาณการดูดซับหรือการปลดปล่อยสังกะสี ณ จุดยุติ C_e = ความเข้มข้นของสังกะสี ณ จุดยุติของการทดลอง (มิลลิกรัม/ลิตร) K_F = ค่าคงที่ด้านความจุของ Freundlich ในการดูดซับ n = ค่าคงที่ด้านความหนาแน่นของ Freundlich ในการดูดซับ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P<0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

ชุดดินตัวแทนที่ทำการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ชุดดินพิมาย และชุดดินกุลาร้องไห้ซึ่งเป็นดินมักที่ใช้ในปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กรมการข้าว, 2559) สมบัติดินเบื้องต้น พบว่า ชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว แต่ชุดดินกุลาร้องไห้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินทั้งสองเป็นกรดจัดมาก โดยชุดดินกุลาร้องไห้มีระดับความเค็ม

สูงกว่า แต่มีระดับความอุดมสมบรูณ์ต่ำกว่าโดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (2.15 มก./กก. เทียบกับ 27.1 มก./กก.) แต่ชุดดินทั้งสองกลับมีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำโดยมีค่าเท่ากับ 0.40 และ 0.53 มก./กก. สำหรับชุดดินพิมายและกุลาร้องไห้ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Properties of Phimai (Pm) and Kula Ronghai (Ki) soil series used in the experiment

Soil properties	Pm	Ki
Texture class	Clay	Sandy Clay Loam
Sand (g/kg)	83.2	655.6
Silt (g/kg)	623.4	266.7
Clay (g/kg)	293.4	77.7
pH ($1_{soil}:1_{water}$)	4.65	4.45
EC_e (dS/m)	0.35	3.08
Organic matter (g/kg)	22.8	14.7
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	49.8	10.39
Available Phosphorus (mg/kg)	27.1	2.15
Exchangeable Potassium (mg/kg)	68.5	32.33
Extractable Zinc (mg/kg)	0.40	0.53

ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่ออัตราการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสี

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลให้ปริมาณการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีสูงสุดของดินทั้งสองชุดดินมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกระยะเวลาการบ่มดิน (Tables 2 and 3) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Perez-Novo *et al.* (2011) ที่ทำการศึกษาในดินกรดเช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่ำ (1.68-28.02 กก.P/ไร่) จะไม่มีผลต่อปริมาณการดูดซับสังกะสี แต่ปริมาณการดูดซับสังกะสีของดินจะเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อมีการใช้ฟอสฟอรัสในอัตราสูง (6.82-67.22 กก.P/ไร่) ขณะที่ Saeed (1977) พบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสช่วยลดการดูดซับสังกะสีในดินเนื้อปูนของประเทศปากีสถาน ซึ่งผลที่ได้จะมีความเด่นชัดในดินที่มีปริมาณคาร์บอเนตต่ำ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นอัตราที่น้อยเกินไป จึงไม่มีผลกระทบต่อการดูดซับหรือการปลดปล่อยสังกะสีในดินทั้ง 2 ชุดดิน นอกจากนี้ พีเอชของดินเป็นตัวการในการกำหนดสภาพการละลายได้ของสังกะสี แต่ในสภาพดินนาขังน้ำ พีเอชของดินถูกกำหนดด้วยสภาพรีดอกซ์ของดินอีกทีหนึ่ง เป็นเหตุทำให้สภาพพีเอชของดินนาขังน้ำมีความแตกต่างจากดินที่ดอน กล่าวคือหลังจากผ่านการขังน้ำพีเอชของดินกรดจะเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้สภาพเป็นกลาง (Bradl, 2004; Zhao and Selim, 2010) จึงทำให้ปริมาณสังกะสีที่ดูดซับได้ไม่แตกต่างกันดังแสดงในการศึกษาครั้งนี้ ในภาพรวมชุดดินพิมายมีปริมาณการดูดซับสังกะสีต่ำกว่าชุดดินกุลาร้องไห้โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 23.92-43.67 และ 7.69-71.95 มก./กก. ตามลำดับ ยกเว้นในวันแรกหลังการขังน้ำที่ให้ค่าสูงกว่าในทุกตำรับการทดลอง (Table 2) นอกจากนี้ชุดดินพิมายยังมีปริมาณการปลดปล่อยสังกะสีต่ำกว่าชุดดินกุลาร้องไห้โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.34-11.95 และ 1.01-

15.03 มก./กก. ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว รวมทั้งมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าในชุดดินกุลาร้องไห้อย่างชัดเจน จึงทำให้ชุดดินพิมายนั้นดูดซับสังกะสีไว้มาก

Table 2 Adsorption of zinc in Pm and Ki soils series as affected by phosphorus fertilizer

P_2O_5 rate (kg/rai)	Pm soil series				Ki soil series			
	Day after waterlogged (day)				Day after waterlogged (day)			
	1	7	14	30	1	7	14	30
	mg/kg							
0	23.92	17.55	19.09	44.76	13.01	64.57	71.95	55.96
3	24.98	27.86	20.47	42.02	11.01	51.03	65.19	58.56
6	26.66	23.31	19.38	43.56	17.57	57.55	71.11	44.17
12	23.61	36.06	18.65	43.68	7.69	39.91	58.27	71.82
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12	33	12	11	30	26	15	20

[NS] - not significant at 0.05 probability levels using DMRT test.

Table 3 Desorption of zinc in Pm and Ki soils series as affected by phosphorus fertilizer

P_2O_5 rate (kg/rai)	Pm soil series				Ki soil series			
	Day after waterlogged (day)				Day after waterlogged (day)			
	1	7	14	30	1	7	14	30
	mg/kg							
0	0.57	2.81	3.66	11.59	1.46	3.21	5.00	15.03
3	0.42	0.52	4.16	9.94	1.64	2.63	3.96	12.36
6	0.77	5.14	6.31	11.05	1.01	2.77	2.59	14.99
12	0.49	0.34	5.62	8.87	2.19	3.76	3.30	15.09
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	58	109	28	37	38	56	46	11

[NS] - not significant at 0.05 probability levels using DMRT test.

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการขังน้ำต่อลักษณะการดูดซับและปลดปล่อยสังกะสีของดินทั้งสองชุดดิน พบว่า ปริมาณการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการขังน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) การขังน้ำเป็นระยะเวลา 30 วัน ทำให้ปริมาณการดูดซับและปลดปล่อยสังกะสีสูงสุดในชุดดินพิมายมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่โดยมีค่า 44.76 และ 11.95 มก./กก. ตามลำดับ ขณะที่การขังน้ำที่ระยะเวลา 1-14 วันให้ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 17.55-23.92 และ 0.57-3.66 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนในดินกุลาร้องไห้ พบว่า หลังจากการขังน้ำเป็นระยะเวลา 1 วันจะให้ปริมาณการดูดซับและปลดปล่อยสังกะสีต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่โดยมีค่า 13.01 และ 1.46 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณการดูดซับ (55.69-

64.57 มก./กก.) และปลดปล่อยสังกะสี (3.21-15.04 มก./กก) จะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อระยะเวลาการขังน้ำนานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) แสดงให้เห็นว่าในสภาพดินนา ระยะเวลาในการขังน้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลลำดับต้น ๆ ต่อการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสี โดยเฉพาะเมื่อขังน้ำไปแล้ว 14-30 วัน ซึ่งสอดคล้องกับ Kashem and Singh (2001) ที่พบว่าภายหลังจากการขังน้ำเป็นระยะเวลา 30 วัน ส่งผลให้การละลายได้ของแคดเมียม นิเกิล และสังกะสีที่ลดลง เช่นเดียวกับ Forno *et al.* (1975) ที่พบว่าปริมาณสังกะสีในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อดินผ่านการขังน้ำเป็นเวลานานประมาณ 8 สัปดาห์ ส่วนการทดลองของ Khaokaew *et al.* (2012) พบว่า การปลดปล่อยสังกะสีจะเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในดินด่างมากกว่าดินกรด ซึ่งจะปลดปล่อยออกมาในช่วง 1 วันได้มากกว่าช่วง 30 วัน ทั้งนี้เนื่องจากการขังน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชดินซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพรีดอกซ์ของดินจึงผลต่อการละลายได้ของสังกะสี (Bradl, 2004; Kabata-Pendias, 2004; Gao *et al.*, 2010) ซึ่งความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจะลดลงเมื่อระยะเวลาการขังน้ำนานขึ้นเนื่องจากในสภาพรีดักชันที่รุนแรง สังกะสีจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายในรูปของแร่สปาเลอไรท์ (ZnS) อย่างไรก็ตามสังกะสีจะเป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นชั่วคราวหลังจากการขังน้ำ (ทัศนีย์, 2550)

Table 4 Adsorption-desorption of zinc in Pm and Ki soils series as affected by phosphorus fertilizer

Day after waterlogged (day)	Zn adsorption		Zn desorption	
	Pm soil series	Ki soil series	Pm soil series	Ki soil series
	---------------mg/kg---------------			
1	23.92^{b}	13.01^{b}	0.57^{b}	1.46^{b}
7	17.55^{b}	64.57^{a}	2.81^{b}	3.21^{b}
14	19.09^{b}	71.95^{a}	3.66^{b}	5.00^{b}
30	44.76^{a}	55.69^{a}	11.95^{a}	15.04^{a}
F-test	**	*	**	**
CV (%)	18	29	45	50

Mean with the same column followed by the same letters indicate significant differences among treatment using by DMRT, *, ** Significant different at 0.05 and 0.01 probability levels.

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณปลดปล่อยสังกะสีในทั้งสองชุดดินพบว่าเป็นสัดส่วนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับสังกะสีในทั้งสอง 2 ชุดดินในทุกระยะเวลาของการขังน้ำทั้งในกรณีที่มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Tables 2-4) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณดินเหนียว ปริมาณแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ส่งเสริมการดูดซับสังกะสี (Mandal *et al.*, 1988; Akay and Doulati, 2012; Huang *et al.*, 2014) ซึ่งส่งผลเชิงลบต่อการปริมาณการปลดปล่อยสังกะสีของดิน จึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยสังกะสีในทั้งสองชุดดินที่ทำการศึกษามีค่าต่ำมากโดยเฉพาะในชุดดินพิมาย

สรุป

ปริมาณการดูดซับและปลดปล่อยสังกะสีในชุดดินพิมายและกุลาร้องไห้ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0- 12 กก. P_2O_5/rai ในสภาพจำลองการขังน้ำเป็นระยะเวลา 30 วัน แต่ระยะเวลาใน

การขังน้ำมีผลต่อการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีโดยในชุดดินกุลาร้องไห้และพิมายมีการดูดซับสังกะสีสูงสุดเมื่อมีการขังน้ำไปแล้ว 14 และ 30 วันตามลำดับ แต่ดินทั้งสองปลดปล่อยสังกะสีออกมาสูงสุดในวันสุดท้ายของการขังน้ำ ปริมาณการปลดปล่อยสังกะสีเป็นสัดส่วนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับสังกะสีของดินทั้งสองโดยชุดดินพิมายยังมีปริมาณการดูดซับและการปลดปล่อยสังกะสีต่ำกว่าชุดดินกุลาร้องไห้ทั้งในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในทุกระยะเวลาการขังน้ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559. **รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าว ปี 2559/60 รอบที่** 1. กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2550. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. **ธาตุอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์. 2554. **การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดศรีษะเกษ**. เอกสารวิชาการ กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2557. **ข้อมูลเอกภาพ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Akay, A. and B. Doulati. 2012. The effect of soil properties on Zn adsorption. **J. Int. Environ. App. Sci.** 7: 151-160.

Alloway, B.J. 2008. **Zinc in soils and crop nutrition**, 2nd eds. International Zinc Association Brussels, Belgium and International Fertilizer Industry Association Paris, France.

Bradl, H.B. 2004. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. **J. Colloid Interface Sci.** 277: 1–18.

Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. **Rice: Nutrient disorders and nutrient management.** Potash and phosphate institute (PPI), Phosphate institute of Canada (PPIC) and International rice research institute (IRRI).

Duangpatra, P. 1988. Soil and climate characterization of major cassava growing area in Thailand. *In*. Howeler, R.H. and Kawano, K., eds. **Cassava breading and agronomy research in Asia.** Proceedings of regional workshop held in Rayong, Thailand.

Forno, D.A., S. Yoshida and C.J. Asher. 1975. Zinc deficiency in rice. I. Soil factors associated with the deficiency. **Plant and Soil** 42: 537-550.

Freundlich, H.M.F. 1906. Over the adsorption in solution. **J. Phys. Chem.** 57: 385 – 470.

Gao, X. T.J. Schröder, E. Hoffland, C. Zou, F. Zhang and S.E.A.T.M. van der Zee. 2010. Geochemical modeling of zinc bioavailability for rice. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 74: 310-309.

Hararah, M.A., F.L. Nasir, T.E. Hasan and A.H.L. Muhtaseb. 2012. Zinc adsorption-desorption isotherm: possible effects on the calcareous vertisol soils from Jordan. **Environ. Earth Sci.** 65: 2079–2085 .

Huang, B., Z. Li, J. Huang, L. Guo, X. Nie, Y. Wang, Y. Zhang and G. Zeng. 2014. Adsorption characteristics of Cu and Zn onto various size fractions of aggregates from red paddy soil. **J. Hazard. Materials** 264: 176– 183.

Inboonchuay, T., A. Suddhiprakarn, I. Kheoruenromne, S. Anusontpornperm and R.J. Gilkes. 2016. Amounts and association of heavy metal in paddy soils of the Khorat basin, Thailand. **Geoderma Regional** 7: 120-131.

Kabata-Pendias, A. 2004. Soil plant transfer to trace element an environmental issue. **Geoderma** 122: 143-149.

Kashem, M.A. and B.R. Singh. 2001. Metal availability in contaminated soils: I. Effects of flooding and organic matter on changes in Eh, pH and solubility of Cd, Ni and Zn. **Nutri. Cyc. Agroeco**. 61: 247–255.

Khaokaew, S. 2010. **Speciation and release kinetic of cadmium and zinc in paddy soils**. Ph.D. Dissertation. University of Delaware, USA.

Khaokaew, S.,Landrot, G., Chaney, R.L., Pandya, K. and D.L. Sparks. 2012. Speciation and release kinetics of Zn in contaminated paddy soils. **Environ. Sci. Technol**. 46: 3957-3963.

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421-428.

Mandal, B., G.C. Hazra and A.K. Pal. 1988. Transformation of zinc in soils under submerged condition and its relation with zinc nutrition of rice. **Plant and Soil** 106: 121-126.

Mandal, B. and L.N. Mandal. 1990. Effect of phosphorus application on transformation of zinc fraction in soil and on the zinc nutrition of lowland rice. **Plant and Soil** 121: 115-123.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil survey laboratory methods manual.** Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Washington, D.C: Natural Resources Conservation Service, USDA.

Pérez-Novo, C., A. Bermúdez-Couso, E. López-Periago, D. Fernández-Calviño and M. Arias-Estévez. 2011. Zinc adsorption in acid soils, Influence of phosphate. **Geodema** 162: 358 – 364.

Saeed, M. 1977. Phosphate fertilization reduces zinc adsorption by calcareous soils. **Plant and Soil** 48: 641-649.

Zhao, K. and H.M. Selim. 2010. Adsorption-desorption kinetics of Zn in soil: influence of phosphate. **Soil Sci.** 175: 145-153.

A Response of Corn Grown on Different Aggregate Size of Si Khiu Soil Series Applied with Different Phosphorus Fertilizer Rates

Sasiprapa Sinsuk[1], Suphicha Thanachit[1*] and Somchai Anusontpornperm[1]

ABSTRACT

A pot experiment was conducted in the greenhouse to determine the effect of P fertilizer rate on growth and P uptake of corn grown on three sizes of aggregate of micro-, medium-, and macro-aggregates (<0.5, 2-0.5 and 2-8 mm) of Si Khiu soil series. There were 5 rates of P fertilizers calculated from P adsorption characteristics of each aggregate size at 0.5, 1.0 and 2.0 time of the maximum P adsorption capacity (0.5, 1.0, 2.0 Pmax), at 0.2 mg P L^{-1} and no P fertilizer (control). The values of Pmax and 0.2 mg P L^{-1} of micro-, medium-, and macro- aggregates were 82 and 40, 98 and 47, and 102 and 56 mg kg^{-1}, respectively. Results showed that the application of P fertilizer clearly gave higher straw weight than did no application of this fertilizer but different rate of P fertilizer gave no statistical difference in this context. Phosphorus uptake of corn was markedly increased with increasing P fertilizer rates. Phosphorus contents remaining in soils were statistically increased with increasing P fertilizer rates especially in the case of micro aggregate. Most P in all aggregate was total P followed by available P and organic P respectively. Among P forms, available P had the greatest correlation with straw weight (r = 0.69**) and P concentration in straw (r = 0.95**) of corn. These findings that the available form of P by BrayII extractable method was suitable to assess P availability for growing corn on this soil.

Key Words: Macro aggregate, Medium aggregate, Micro aggregate, P availability, Tropical red soils

* Corresponding author; e-mail address: agrspc@ku.ac.th

[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

INTRODUCTION

Phosphorus (P) is an essential element for all living organism. As a consequence, the production of crops for food and fibers requires and adequate supply of P in the soil (Smith *et al.*, 1990; Syers *et al.*, 2008). Phosphorus was required by crops in the large amounts which necessary for root and seed growing and important for product quality. Phosphorus is uptake from the soil solution by plant roots as orthophosphate ions, principally $H_2PO_4^-$ and to a lesser extent HPO_4^{2-} (Havlin *et al.*, 2005). Several factors can influence both the rate and amount of P taken up by the plant and, therefore, can affect the recovery of a single applications P fertilizer. Phosphorus is one of the major nutrients limiting agricultural production especially corn in many highly weathered soils in the tropics including Thailand (Saengdech, 2004; Olusegun, 2014; Ademba *et al.*, 2015). These soils often have low available P because of high P retention by Al and Fe oxides and amorphous materials. Highly weathered soils contain many of aluminum and iron that can fix phosphorus which effect on phosphorus adsorption and releasing in soils (Syers *et al.*, 2008; Yassoglou *et al.*, 1997). Recent studies have provided evidence that soil aggregate size influences P sorption and bioavailability in highly weathered soils (Wang *et al.*, 2001). The amount of P fertilizer needed depends not only on the crop P requirement, but also on the amount of extractable soil P and the P fixing capacity of the soil (Smith *et al.*, 1990; Syers *et al.*, 2008). If soil aggregation plays an important role in P adsorption and P availability in highly weathered soils, a better understanding of the relationship between soil aggregate size and P adsorption, P content in soil and plant P availability will refine the current soil P tests and fertilizer P recommendation procedures. The objective of this study was to investigate the effect of P fertilizer rates calculation from P adsorption characteristics of soil on P content in soil, growth and P uptake of corn grown on different aggregate sizes of a tropical red soil.

MATERIALS AND METHODS

1. Soil sample

The representative soil was a tropical red soil namely Si Khiu soil series (Typic Rhodustalfs). Soil samples were collected at topsoil horizon (0-20 cm) from agricultural area in Nakhon Ratchasima province, Thailand. The soil was sandy loam having a pH of 4.9 and low fertility level as reflected by low contents of available potassium and cation exchange capacity and very low total nitrogen (Table 1).

2. Pot experiment design and cultivation

A pot experiment was conducted in the greenhouse at Kasetsart University Bangkok, Thailand to determine the effect of P fertilizer rate on corn grown on different aggregate size. Soil sample preparation, after air-drying in a shaded area, three size fractions of micro-, medium-, and macro-aggregates (<0.5, 2 - 0.5 and 2 - 8 mm) was obtained using dry-sieving method. There were 5 rates of

P fertilizers calculated from P adsorption characteristics of each aggregate size by Freundlich equations (Jiao *et al.*, 2008) at 0.5, 1.0 and 2.0 time of the maximum P adsorption capacity (0.5 Pmax, Pmax, 2 Pmax), at 0.2 mg P L^{-1} (PBC) and no P fertilizer (control). The value of Pmax and PBC of micro-, medium-, and macro- aggregates were 82 and 40, 98 and 47, and 102 and 56 mg kg^{-1}, respectively. The pots were arranged in completely randomized design with three replications.

Table 1 Properties of the studied soils, top soil of Si Khiu series

Property	Value
Texture	Loamy sand
pH (1:1 H_2O)	4.9
Organic matter (g kg^{-1})	35.6
Total N (g kg^{-1})	0.3
Available P (mg kg^{-1})	24.3
Available K (mg kg^{-1})	39.7
CEC (cmol kg^{-1})	4.5

CEC = Cation exchange capacity

Seven kilogram of each soil aggregate size was filled in each pot. Three seeds of 'Insee 2' corn were sown in each pot and thinned to one plant at 3 days after sowing. The fertilizers, according to the designed treatment, were evenly mixed in each pot. Water and other essential nutrients except for P were supplied sufficiently to the plates for plant growth throughout these experiments.

3. Data collection and analysis

Plants were harvested at 45-days old. Plant shoots were oven-dried at 70°C for 48 hours and weighed. Dried, ground shoot samples were analyzed for total P content by wet digestion of acid mixture (HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$) (Johnson and Ulrich, 1959) and P was determined by vanadomolybdate yellow color method using spectrophotometer at 440 nm wavelength (Murphy and Riley, 1962). Soil samples were taken from the pots after harvesting and air dried to analyse for total P (Attanandana and Wachrinrat, 1999), available P by BrayII method (Murphy and Riley, 1962) and organic P (modified from Pardo *et al.*, 2003). All parameters were analyzed using T-test and Duncan's Multiple Range Tests (DMRT).

RESULTS AND DISCUSSION

Effects of P fertilizer on plant growth and P uptake of corn

Plant growth parameters and the P uptake of corn were statistically different among the P fertilizer rates except for plant heights (Table 2). The growth of corn was healthy throughout the pot experiments without P deficiency symptoms. All rates of P fertilizer applications in all aggregate size significantly gave higher straw dry weight (31.2 - 38.3 g pot^{-1}) and total P uptake (114 - 163 g pot^{-1}) than those without P-fertilizer application (21.9 - 26.7 and 31 - 38 g pot^{-1}). However, the straw weight were not significantly different among the P fertilizer rates. Phosphorus application at the rate of 2 Pmax gave the highest P uptake of corn grown on the macro aggregate with the values of 243 mg pot^{-1}, respectively. The highest of P uptake of 114 - 163 mg pot^{-1} was found in corn grown on medium aggregate pot with the P fertilizer at rate of 0.5 - 2 Pmax While the highest of P uptake of 99-142 mg pot^{-1} was found in corn grown on micro aggregate pot with the P fertilizer application. These results indicating the total P uptake of corn was markedly increased with increasing P fertilizer rates in macro and medium aggregate, greater P uptake of corn at 2Pmax rate in macro aggregates. This was consistent with the higher available P that was found in the macro aggregates especially in pot with P application at the rate of 2Pmax.

Table 2 Effect of phosphorus fertilizer on plant height, dry weight of straw and P uptake of corn grown on micro-, medium-, and macro- aggregates (<0.5, 2-0.5 and 2-8 mm) of Si Khiu soil series

P rate (mg kg^{-1} soil)[1]	Plant height (cm)			Dry weight of straw (g pot^{-1})			P uptake (mg pot^{-1})		
	Aggregate size (mm)								
	8-2	2-0.5	<0.5	8-2	2-0.5	<0.5	8-2	2-0.5	<0.5
Control	119	110	110b	26.7b	23.7b	21.9b	37d	38c	31c
PBC	121	116	123a	37.3a	31.2a	33.7a	115c	68bc	109ab
0.5 Pmax	122	133	120a	36.4a	34.2a	36.2a	130c	114ab	128a
Pmax	115	115	130a	35.7a	32.2a	38.3a	184b	124a	142a
2 Pmax	113	122	125a	34.8a	33.6a	37.3a	243a	163a	99ab
F-test[2]	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	4	11	5	11	10	10	41	25	9

[1] P rate applied at control, PBC, 0.5 Pmax, Pmax, 2 Pmax of Aggregate size of 2-8 mm: 0, 1.379, 1.432, 2.863 and 5.727 g P pot^{-1}, Aggregate size of 0.5-2.0 mm: 0, 0.759, 1.706, 3.413 and 6.826 g P pot^{-1} and aggregate size <0.5 mm: 0, 1.955, 1.776, 3.551 and 7.103 g P pot^{-1}

[2] ** Significantly level at $p \leq 0.01$ respectively; ns: no statistically

Effect of P fertilizer on P contents remaining in soil after harvesting

The effects of different P rates on P contents of soil after harvesting were verified, The 5 treatments were measured in 3 forms of P including total P, available P and organic P. The contents of all P forms were statistically different among the treatments (Figure 1). Most of total P in all aggregate was available P. Available and organic P were statistically increased with increasing P fertilizer rates especially in the case of micro aggregate. It was expected that the smaller aggregates with higher surface area would have higher P sorption capacity, consequently, available P should be negatively correlated with aggregate size as previous research (Wang *et al.*, 2001) found that P sorption by aggregates separated from the same soil increased with decreasing aggregate size, and increased with increasing reactive mass because of greater surface area for P sorption in smaller aggregates.

Correlation coefficient of dry weight of straw, P concentration and P content in soil

Correlation coefficient (r) between corn straw weight, P content in soils and P concentration in straw was shown in Table 3. Straw weight of corn was statistically correlated with available P in soil micro aggregate (r = 0.69**). Phosphorus concentration in straw had a linear correlation with all forms of P in soils except in the case of macro aggregate. The highest correlation coefficient of 0.95 and 0.83 was found between available P in soil and medium- and micro aggregate, respectively. This can be interpreted that the available form of P by BrayII extractable method was suitable to assess P availability for growing corn on this soil more than those obtained by the other forms of P.

Table 3 Correlation coefficients (r) for linear relationship between corn straw, P content in soils and P concentration in straw

Aggregate size (mm)	Correlation coefficient (r)					
	Dry weight of straw (g pot^{-1})			P concentration (mg kg^{-1})		
	Total P	Available P	Organic P	Total P	Available P	Organic P
<0.5	0.28	0.69**	0.69	0.72**	0.95**	0.95**
2.0-0.5	0.46	0.50	0.62	0.66**	0.83**	0.78**
8.0-2.0	0.12	0.14	0.23	0.09	0.06	0.47

*Correlation are significant at p ≤ 0.05, ** correlation are significant at p ≤ 0.01, N = 15

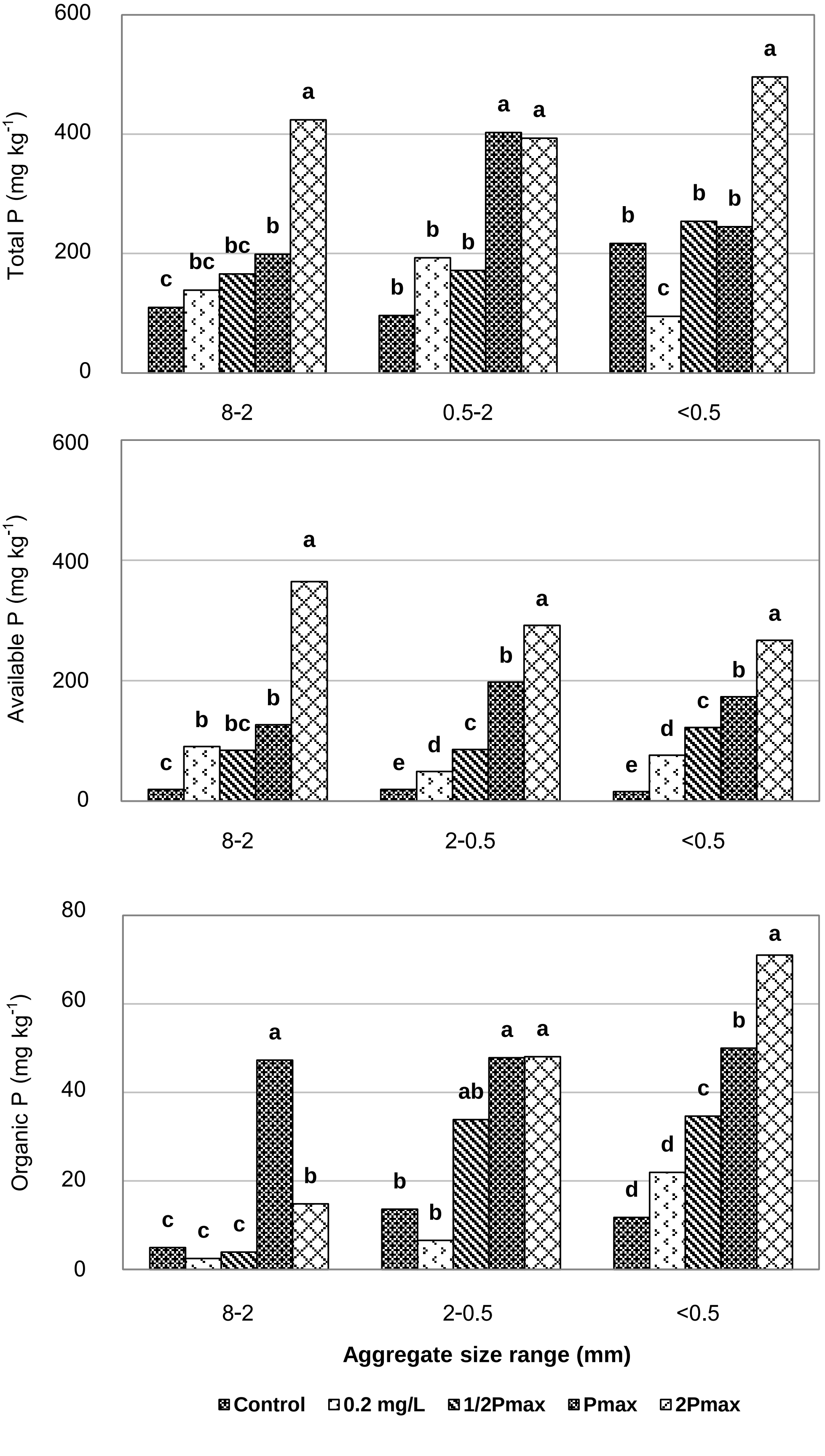


Figure 1 Effect of P fertilizer on total P, available P and organic P contents remaining in soil after harvesting corn

CONCLUSION

Phosphorus fertilizer clearly had the effect on a response of corn grown on a tropical red soil, Si Khiu soil series, in terms of above ground biomass and P uptake but different rate of P fertilizer gave no statistical difference in the context of straw weight. Among total P, available P, organic P remaining in soil, the available P had the greatest linear correlation with straw weight and P concentration in straw of corn, consequently BrayII extractable method was suitable to assess P availability for growing corn on this soil

REFERENCES

Ademba, J.S., J.K. Kwach, A.O. Esilaba and S.M. Ngari. 2015. The effects of phosphate fertilizers and manure on maize yields in South Western Kenya. **East African Agri. Forestry J.** 81(1): 1 - 11.

Attanandana, T. and C. Wachrinrat. 1999. **Soil and Plant Analysis.** Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci.** 59: 39 - 45.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizer: an Introduction to Nutrient Management.** 7^{th} ed., Prince-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. **Calif. Agri. Exp. Stat. Bull.** 767: 25 - 78.

McBeath, T.M., R.D. Armstrong, E. Lombi, M.J. Mclaughlin and R.E. Holloway. 2005. Responsiveness of wheat (*Triticum aestivum*) to liquid and granular phosphorus fertilizers in southern Australian soils. **Aust. J. Soil Res.** 43: 203 - 212.

Murphy, J. and J.P. Riley. 1992. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta.** 27: 31-36. National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0. National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Olusegun, S.O. 2014. Nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilizer application on maize (*Zea mays* L.) growth and yield at Ado-Ekiti, South-West, Nigeria. **Amer. J. Experimental Agri.** 6(1): 22 - 29.

Pardo, P., J. F. López-Sánchez and G. Rauret. 2003. Relationship between phosphorus fractionation and major components in sediments using the SMT harmonised extraction procedure. **Anal. Bioanal. Chem.** 376: 248-254.

Saengdech, N. 2004. **Effects of Application of Chicken Manure Phosphorus, Phosphorus Inorganic Fertilizer and Phosphorus in Combination with Silicon on Yield and Phosphorus Uptake of Corn Grown on Pak Chong Soil Series**. Thesis, Kasetsart University.

Syers, J.K., A.E. Johnston and D. Curtin. 2008. **Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus Use.** FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 18. Rome, Italy.

Smith, F.W., W.A. Jackson and P.J. Vanden Berg. 1990. Internal phosphorus flows during development of phosphorus stress in *Stylosanthes hamata*. **Aust. J. Plant Physio.** 17: 451 - 464.

Wang, X., R.S. Yost and B.A. Linquist. 2001. Soil aggregate size affects phosphorus desorption from highly weathered soils and plant growth. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 65: 139 - 146.

Yassoglou, N., C. Kosmas and N. Moustakas. 1997. The red soils, their origin, properties, use and management in Greece. **Catena** 28: 261 - 278.

ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดถั่วพร้า ร่วมกับการให้ปุ๋ยทางท่อน้ำต่อลักษณะทางพืชไร่ และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

Effects of Jack bean Green Manure and Fertigation on Agronomic Characteristics and Yield of 'Hauy Bong 80' Cassava

ณัฐพร วรธงไชย[1] สุตเขตต์ นาคะเสถียร[1*] เอ็จ สโรบล[1] และ สุดสายสิน แก้วเรือง[2]

Nattaporn Worathongchai[1], Sutkhet Nakasathein[1*], Ed Sarobol[1] and Sudsaisin Kaewrueng[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการตอบสนองทางลักษณะทางพืชไร่ และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ภายใต้วิธีการให้ปุ๋ยเคมีทางท่อน้ำ และการให้ปุ๋ยเคมีทางดินร่วมกับการปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในเดือนมิถุนายน 2559 โดยวางแผนการทดลองแบบ Strip plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ กำหนด ให้ Vertical plot คือ วิธีการให้ปุ๋ย ได้แก่ การให้ปุ๋ยทางท่อน้ำ (F) และการให้ปุ๋ยทางดิน (SAF) Horizontal plot เป็นการเปรียบเทียบการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด (ชุดควบคุม, GM_0) และการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด (GM_1) ขุดเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก (MAP) พบว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อการปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด โดยมันสำปะหลังที่ปลูกภายใต้ GM_1 ที่อายุ 8, 10 และ 12 MAP ให้ผลผลิตหัวสดเท่ากับ 4.8, 5.1 และ 6.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และผลผลิตแป้งเท่ากับ 1.5, 1.3 และ 1.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สูงกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกภายใต้ GM_0 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อพิจารณาวิธีการให้ปุ๋ย พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกภายใต้ F มีแนวโน้มทำให้ความสูง น้ำหนักสดส่วนเหนือดินและผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด ผลผลิตแป้งรวมทั้งเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกภายใต้ SAF

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effects of green manure and fertigation on agronomic characteristics and yield of cassava. Cassava was planted at the end of early rainy seasons (June 2016), using Huay Bong 80 variety. The Strip plot in RCBD with 4 replications was adopted with 2 vertical plots of fertigation (F) and soil-applied fertilization (SAF). The horizontal plots composed of 1) without green manure (as a control, GM_0) and 2) using Jack bean (*Canavalia ensiformis*) as green manure (GM_1). Cassava was harvested at 8, 10 and 12 MAP. The results revealed that the green manure incorporation resulted in highly significant fresh root yield of 4.8, 5.1 and 6.5 ton/rai, respectively, and starch yield of 1.5, 1.3 and 1.5 ton/rai, respectively, when compared with the control. The fertigation or SAF had no effect on the above ground biomass, root yield, starch yield and starch content.

Key Words: Cassava, Green manure, Fertigation, Soil-applied fertilization

* Corresponding author; e-mail address: agrskn@ku.ac.th

[1] ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปัญหาการกร่อนดิน และปัญหาความเสื่อมโทรมของดินพื้นที่ปลูก ทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตน้อยลง (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2558) ยิ่งไปกว่านั้นการปลูกมันสำปะหลังโดยขาดการจัดการดินที่เหมาะสม นำไปสู่การสูญเสียธาตุอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ไปพร้อมกับการเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง (ปิยะ และคณะ, 2542; นรชัย, 2559) การเพิ่มผลผลิตพืชที่เน้นการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวโดยไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องการปรับปรุงดิน อาจไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมี รวมทั้งการจัดการดินที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากจะเพิ่มผลผลิตแล้วยังช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และมีศักยภาพในการผลิตสูงและยั่งยืน จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ซึ่งการศึกษาของ ธวัชชัย และประทีป (2536) พบว่า การปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารแก่ดิน ช่วยให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงได้ทำการเปรียบเทียบผลของการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด ร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมีทางท่อน้ำ กับการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน ต่อการตอบสนองทางลักษณะทางพืชไร่ และผลผลิตของมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Strip plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ กำหนดให้ Vertical plot คือ วิธีการให้ปุ๋ย ได้แก่ 1) การให้ปุ๋ยทางท่อน้ำ (F) และ 2) การให้ปุ๋ยทางดิน (SAF) และ Horizontal plots คือ การไม่ใช่ปุ๋ยพืชสด (GM_0) และการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสด (GM_1) โดยปลูกมันสำปะหลังช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559 ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,817 มม. ในช่วง 4 เดือนแรกของการปลูกมันสำปะหลัง (ก.ค. - ต.ค. 2559) มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 188-271 มม. หลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนลดลง ฝนเริ่มตกในช่วงเดือนมีนาคม 2560 และสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2560 (297 มม.) ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง (Table 1)

Table 1 Rainfall (mm) during the study period from June 2016 - 2017.

2016							2017						Total
Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	
106	271	188	217	231	83	0	15	14	78	37	297	280	1,817

2. การปลูกและการจัดการ

เตรียมแปลงทดลองโดยจัดแบ่งแปลงย่อยขนาด 12x16 ตร.ม. จำนวน 24 แปลงย่อย พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 30.72 ตร.ม. ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังห้วยบง 80 ขนาดความยาว 20 เซนติเมตร ระยะปลูกระหว่างต้น 0.8 เมตร และระยะห่างระหว่างแถว 1.2 เมตร

กรณีที่ใช้ปุ๋ยพืชสด ต้องหว่านเมล็ดถั่วพร้าให้ทั่วแปลง อัตรา 10 กก./ไร่ ไถกลบถั่วพร้าที่อายุ 60 วันหลังปลูก (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2547) ทิ้งไว้ประมาณ 30 วัน ซึ่งให้น้ำหนักสดในช่วงออกดอกก่อนการไถกลบประมาณ 3.4 ตัน/ไร่ ให้ธาตุไนโตรเจนประมาณ 10-20 กก./ไร่ โดยมีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในถั่วพร้าประมาณ 2.72, 0.54 และ 3.14 % ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

หลังจากปลูกมันสำปะหลังมีการใส่ปุ๋ยเคมีทางท่อน้ำ และให้ปุ๋ยเคมีแบบเม็ดทางดินและฝังกลบระหว่างต้น โดยทั้ง 2 วิธี ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กก./ไร่ จำนวน 1 ครั้ง กระทำเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนหลังปลูก พร้อมกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม

3. การเก็บข้อมูล

ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนและหลังปลูก เก็บตัวอย่างดินในแปลงโดยใช้เทคนิคการเก็บแบบตัวอย่างดินรวม (composite sampling) เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินบางประการ และปริมาณธาตุอาหารของดินในพื้นที่แปลงทดลอง เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนตลอดการทดลอง ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูง ผลผลิตน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง โดยวัดปริมาณแป้งในหัวสดด้วยเครื่องวัดปริมาณเชื้อแป้ง (Reimann scale) และผลผลิตแป้ง [เปอร์เซ็นต์แป้ง x ผลผลิตหัวสด (กก./ไร่) /100]

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการ

โดยสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินทั้งก่อนปลูกและหลังปลูกถั่วพร้า เป็นดินกรดจัดมาก โดยมีค่า pH เฉลี่ย 4.8 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน อยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) (Table 2) การปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งการปรับปรุงดินโดยใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนปลูกมันสำปะหลัง ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดินได้ และรักษาสมบัติของดินในระยะยาว (ธวัชชัย และประทีป, 2536)

Table 2 Some properties of lateritic soil before and after planted green manure.

Soil property	Before planted green manure	After planted green manure
Soil pH (1:1 H_2O)	4.87	4.84
EC_e (dS/m)	0.49	0.82
Organic matter (%)	1.10	1.18
Total N (%)	0.056	0.059
Available P (mg/kg)	16.56	19.04
Exchangeable K (mg/kg)	64.98	67.17
Exchangeable Ca (mg/kg)	190.94	200.84
Exchangeable Mg (mg/kg)	39.54	42.84

2. การเจริญเติบโต และผลผลิตมันสำปะหลัง

2.1 ความสูงต้นมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก มีความสูงต้นเฉลี่ย 211, 216 และ 256 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติ พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสด วิธีการให้ปุ๋ยเคมี และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมี ไม่มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลัง (Table 3) เช่นเดียวกับ นรชัย (2559) ที่พบว่า วิธีการให้ปุ๋ยไม่มีผลทำให้ความสูงของมันสำปะหลังแตกต่างกัน

2.2 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด

วิธีการใช้ปุ๋ยพืชสด และวิธีการให้ปุ๋ยเคมี มีผลต่อการสะสมน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดที่อายุ 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก มีการสะสมน้ำหนักสดส่วนเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 1.7, 2.2 และ 2.8ตัน/ไร่ ตามลำดับ และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยเท่ากับ 4.5, 4.7 และ 6.1 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 4) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด (4.8, 5.1 และ 6.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากการใช้ปุ๋ยพืชสดที่ได้จากพืชตระกูลถั่ว ในปมรากจะมีจุลินทรีย์ไรโซเบียม ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเก็บสะสมไว้ในปมรากถั่ว และสะสมในพืช เมื่อปุ๋ยพืชสดย่อยสลาย จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้น (People *et al.*, 1995) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชื่นจิต และคณะ (2558) ที่พบว่า ปุ๋ยพืชสดช่วยให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งทางเคมี และกายภาพดินให้มีศักยภาพในการผลิตมันสำปะหลังได้ในระยะยาว (กอบเกียรติ และคณะ, 2531; ธวัชชัย และ ประทีป, 2536; Tarawali and Pamo, 1992) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมี พบว่า เฉพาะที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวิธีการให้ปุ๋ยเคมีและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมี ไม่มีผลที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสดส่วนเหนือดินและผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมีทางท่อให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (2.1, 2.5 และ 3.0 ตัน/ไร่

ตามลำดับ) และผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงสุด (5.1, 5.2 และ 6.6 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด ร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน (Table 4)

อาจเนื่องจากระยะที่มีการให้ปุ๋ยเป็นช่วงที่เริ่มมีฝนตก ทำให้การให้ปุ๋ยเคมีทางดินสามารถละลายได้ดี และมีผลให้มันสำปะหลังสามารถดูดใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อการเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลของวิธีการให้ปุ๋ยจึงไม่แตกต่างกัน

Table 3 Effects of fertigation and green manure on plant height (cm).

Treatment	8 MAP (Jun. 2016 – Feb. 2017)	10 MAP (Jun. 2016 – Apr. 2017)	12 MAP (Jun. 2016 – Jun. 2017)
Fertilization methods			
Fertigation (F)	217.6	220.6	263.6
Soil-applied fertilization (SAF)	204.3	212.1	248.1
LSD 0.05	ns	ns	ns
Green manure			
No green manure (GM_0)	207.8	214.6	255.1
Green manure (GM_1)	214.1	218.1	256.6
LSD 0.05	ns	ns	ns
Interaction between Fertilization methods x Green manure			
F x GM_0	212.4	215.8	245.6
F x GM_1	222.9	225.4	267.6
SAF x GM_0	203.3	213.5	250.6
SAF x GM_1	205.3	210.8	259.6
LSD 0.05	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.2	2.5	3.2
Average	210.9	216.3	255.9

ns = Not significant; Means within the same column followed by same lower case letter are not significantly different at *P*<0.05 by least significant difference (LSD).

Table 4 Effects of fertigation and green manure on fresh above-ground biomass (ton/rai) and root yield (ton/rai) of cassava.

Treatment	8 MAP (Jun. 2016 – Feb. 2017)		10 MAP (Jun. 2016 – Apr. 2017)		12 MAP (Jun. 2016 – Jun. 2017)	
	Above-ground biomass	Root yield	Above-ground biomass	Root yield	Above-ground biomass	Root yield
Fertilization methods						
Fertigation (F)	1.8	4.6	2.2	4.9	2.8	6.2
Soil-applied fertilization (SAF)	1.5	4.3	2.1	4.6	2.8	6.1
LSD 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green manure						
No green manure (GM_0)	1.5	4.1 b	1.9	4.4 b	2.7 b	5.8 b
Green manure (GM_1)	1.8	4.8 a	2.3	5.1 a	3.0 a	6.5 a
LSD 0.05	ns	0.5	ns	0.2	0.3	0.3
Interaction between Fertilization methods x Green manure						
F x GM_0	1.6 b	4.0	2.0	4.5	2.5	5.7
F x GM_1	2.1 a	5.1	2.5	5.2	3.0	6.6
SAF x GM_0	1.5 b	4.2	1.9	4.3	2.8	5.9
SAF x GM_1	1.5 b	4.5	2.2	4.9	2.9	6.3
LSD 0.05	0.5	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.8	6.2	22.1	8.8	11.8	11.0
Average	1.7	4.5	2.2	4.7	2.8	6.1

ns = Not significant; Means within the same column followed by same lower case letter are not significantly different at *P*<0.05 by least significant difference (LSD).

2.3 ผลผลิตแป้ง และเปอร์เซ็นต์แป้ง

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลผลิตแป้งเฉลี่ยเท่ากับ 1.4, 1.2 และ 1.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (Table 5) เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า การใช้ปุ๋ยพืชสดให้ผลผลิตแป้ง (1.5, 1.3 และ 1.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) สูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตแป้งขึ้นอยู่กับผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง (Table 4 และ 5) และมีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดเฉลี่ยเท่ากับ 30.2, 25.3 และ 22.7 % ตามลำดับ ส่วนวิธีการให้ปุ๋ยเคมี และปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยเคมี ไม่มีผลทำให้ผลผลิตแป้ง และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด มีความแตกต่างกันทางสถิติ

(Table 5) เช่นเดียวกับ สุรชาติ (2557) ที่พบว่า วิธีการให้ปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อความของเปอร์เซ็นต์ในหัวสด ซึ่งสอดคล้อง มาริสา (2550) และ Booth (1976) ที่รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้าง และสะสมเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังสดส่วนใหญ่เกิดจากสภาพแวดล้อม และชนิดพันธุ์ของมันสำปะหลังมากกว่าปัจจัยด้านอื่นโดยเฉพาะปัจจัยทางด้านการเขตกรรม

Table 5 Effects of fertigation and green manure on starch yield (ton/rai) and starch content (%) of cassava.

Treatment	8 MAP (Jun. 2016 – Feb. 2017)		10 MAP (Jun. 2016 – Apr. 2017)		12 MAP (Jun. 2016 – Jun. 2017)	
	Starch yield	Starch content	Starch yield	Starch content	Starch yield	Starch content
Fertilization methods						
Fertigation (F)	1.5	31.4	1.3	26.2	1.4	23.2
Soil-applied fertilization (SAF)	1.3	29.1	1.1	24.6	1.3	22.1
LSD 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Green manure						
No green manure (GM_0)	1.2 b	29.9	1.1 b	25.6	1.3 b	22.8
Green manure (GM_1)	1.5 a	30.6	1.3 a	25.2	1.5 a	22.6
LSD 0.05	0.2	ns	0.1	ns	0.1	ns
Interaction between Fertilization methods x Green manure						
F x GM_0	1.3	31.3	1.2	26.4	1.4	21.8
F x GM_1	1.6	31.6	1.4	26.0	1.5	23.3
SAF x GM_0	1.2	28.5	1.1	24.8	1.3	22.4
SAF x GM_1	1.4	29.6	1.2	24.3	1.3	23.2
LSD 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	10.7	2.3	9.1	7.5	10.3	3.5
Average	1.4	30.2	1.2	25.3	1.4	22.7

ns = Not significant; Means within the same column followed by same lower case letter are not significantly different at $P<0.05$ by least significant difference (LSD).

สรุป

มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกภายใต้การปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมี มีผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด สูงกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกโดยไม่มีการปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการให้ปุ๋ยเคมี ในทุกช่วงอายุเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับการผลผลิตแป้งของมัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ภายใต้โครงการวิจัยการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับการจัดการน้ำและปุ๋ย เพื่อผลผลิตของมันสำปะหลัง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. การใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน. *ใน* **เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีชุดความรู้ และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน**. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร, 2544. **ผลงานวิชาการประจำปี 2544 เล่ม** 3. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชุมพล นาควิโรจน์, โชติ สิทธิบุศย์, นงลักษณ์ วิบูลสุข, ไพโรจน์ โสมนัส, บุญเลิศ บุญยงค์, พิน สุวรรณ และ มณเฑียร โสมภีร์. 2531. อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 3. **รายงานการสัมมนา เรื่อง การปลูกพืชในดินเลวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์ศึกษา ค้นคว้า และพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.ขอนแก่น.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชื่นจิต แก้วกัญญา, ชยานันท์ หนองใหญ่ และ อนุรักษ์ เรียมแสน. 2558. การใช้พืชตระกูลถั่วในระบบการปลูกพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินลูกรัง. **แก่นเกษตร** 43 (1): 635-642.

ธวัชชัย ณ นคร และ ประทีป วีระพัฒนนิรันทร์. 2536. การจัดการและอนุรักษ์ดินและน้ำในระดับไร่นา, น. 102-116. *ใน* **รายงานวิจัยประจำปี.** กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

นรชัย ช่วยพรัด. 2559. **การตอบสนองทางสรีรวิทยา การแบ่งส่วนธาตุอาหาร และผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในฤดูต้นฝน ภายใต้การให้น้ำหยดใต้ผิวดิน และน้ำหยดบนดิน เปรียบเทียบกับน้ำฝนตามธรรมชาติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารณ์ วิชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียมจำนรรจา, เอ็จ สโรบล และ วัชรี เลิศมงคล. 2542. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง. *ใน* **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการโครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มาริสา ยูรสิทธิ์. 2550. **ความแปรปรวนของปริมาณแป้งและองค์ประกอบของแป้งในเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2547. **การปรับปรุงดินมันสำปะหลังโดยวิธีการใช้ปุ๋ยพืชสด.** เอกสารประกอบคำแนะนำ. กรุงเทพฯ

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2558. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2555-2557**. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2560.

สุรชาติ สินวรณ์. 2557. **ผลของการใช้ระบบชลประทานแบบน้ำหยด ปุ๋ยท่อและปุ๋ยทางดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Booth, R.H. 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) I. Post-harvart deterioration and its control. **Experimental Agricultural 12**: 103-111.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.

People, M.B., D.F. Herridge and J.K. Ladha. 1995. Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture. **Plant Soil** 174: 3-18.

Tarawali, G. and E.T. Pamo. 1992. A case for on-farm trials of fodder banks on the Adamawa Plateau in Cameroom**. Exp. Agri.** 28: 229-235.

Comparative Phytochemistry and Antibacterial Properties of *Guettarda speciosa* L.

Wanitcha Muangrom[1] and Srunya Vajrodaya[1*]

ABSTRACT

Many plant species are sources of bioactive compounds that can be the therapeutic treatments against bacteria. *Guettarda speciosa*, an ethnomedicinal plant that is used for poultice, sore throat, conjunctivitis and abscess treatment was used in this study. Four individuals of *G. speciosa* were collected from four different locations, two locations from the eastern coasts (Rayong and Chantaburi) and two locations from the southern coasts (Krabi and Ranong). Comparative phytochemistry was conducted during June 2016 – November 2017 using chromatographic technique i.e. HPLC. HPLC profiles of lipophilic extracts from different plant parts (leaves, stem barks and root barks) from each individual showed specific chemical characters in same plant parts of four individuals from different localities. Whereas, the extract from Ranong showed slight difference from the others. Moreover, HPLC profiles of all plant parts in the same individual are rather similar, showing only quantitative differences. The lipophilic extracts from *G. speciosa* collected from Ranong were investigated for antibacterial activity using disk diffusion and broth microdilution method. One Gram-positive bacterium (*Staphylococcus aureus* ATCC 43300) and four Gram-negative bacteria (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 37166 and ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC–BAA 1705 and *Salmonella choleraesuis* ATCC 10708) were used as tested bacteria. The minimum inhibitory concentration (MIC) of lipophilic extracts from stem and root bark showed good potentials against *S. choleraesuis* at 128 µg/ml and from leaf at 256 µg/ml. The lipophilic root extract at the concentration 800 µg/ml could inhibit *S. aureus* and at the concentration 1,600 µg/ml could inhibit both strains of *P. aeruginosa*, while the stem bark extract could inhibit *P. aeruginosa* ATCC 37166 at the concentration 1,600 µg/ml.

Key words: *Guettarda speciosa* L., comparative phytochemistry, antibacterial activity

*Corresponding author; e-mail address: **fscisyv@ku.ac.th**

[1]Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

INTRODUCTION

Plants are the source of an enormous number of compounds with medicinal applications which known as secondary metabolites (Figueiredo *et al.*, 2008). For centuries, Humans have used these therapeutic secondary compounds from medicinal plants as remedies for diseases (Nostro *et al.*, 2000). Furthermore, the medicinal actions of plants are unique to particular plant species or groups (Wink and Schimmer, 1999) and they can be varied by many factors i.e. collecting sites, seasons, plant ages or herbivores (Sampaio *et al.*, 2016).

Antibiotic resistance, the ability of bacteria to stop an antibiotic from working against it, is one of the biggest threats to global health, food security, and development today (World Health Organization, 2016). The traditional medicine from plants has been accepted as an alternative form of antimicrobials (Taylor, 2013). *Guettarda speciosa* L. is the ethnomedicinal plant in genus *Guettarda*, family Rubiaceae. Leaves and stem barks are used by islander, Indian and African to treat cough, wound, abscess, dysentery, diarrhea, conjunctivitis and epilepsy (Han, 1998; Sabaldica, 2011). These diseases; sore throat, conjunctivitis, diarrhea and abscess are caused by bacteria which are *Streptococcal pharyngitis, Staphylococcus aureus, Salmonella* spp.*, Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* respectively (Marx, 2010; James and Allen, 1937; Viswanathan *et al*., 2009 and Singer and Talan, 2014). Therefore, *Guettarda speciosa* might have some antibacterial substances

Phytochemical investigations in leaves of *Guettarda speciosa* revealed several compounds, including iridoid, phenol, steroid, alkaloid, coumarin and terpenoid (Inouye *et al*., 1988; Cai *et al*., 2011; Revathi and Rajeswari, 2015). There is only one study about antibacterial activity of *G. speciosa* by Thamizhvanan *et al*. (2010). They screened inner bark extract using disk diffusion method against *Staphylococcusaureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*. The chloroform and ethanolic extract exhibited potent antibacterial activity.

Hence, our study aims to investigate and compare secondary metabolites of methanolic extracts from roots, stem barks and leaves of *G. speciosa* using HPLC technique. Moreover, we aim to investigate antibacterial activity of this plant against the other bacterial species and strains.

MATERIALS AND METHODS

1. Plant extraction

Plant samples were collected from one mature tree as a representative in each location, considering there was only a few nature trees in nearby site. Leaves and stem barks of *Guettarda speciosa* were collected from four different locations i.e. Ao Khai beach (Rayong), Chao Lao beach (Chanthaburi), Khao Sam Nuai island (Krabi) and Praphat beach (Ranong). Root barks were only

collected from Ao Khai beach and Praphat beach, since the trees in the other two locations were hard to collect the roots. Plant samples were dried at room temperature, and then ground and macerated in methanol for seven days. The extracts were filtered through a filter paper then partitioned into two parts; lipophilic extract and hydrophilic extract, using chloroform and distilled water, respectively. The lipophilic extract was stored at -40 °C.

2. HPLC analysis

The HPLC technique was performed on an Agilent 1100 series using C_{18} reversed-phase column detected with a UV photodiode arrays detector with wavelengths of 230 nm. The solvent system was methanol gradient of 60-100% in an aqueous buffer (0.015 M ortho-phosphoric acid and 0.015 M tetrabutyl ammonium hydroxide). Lipophilic extract samples of 10 mg in 1 ml methanol were loaded and the flow rate was 1 ml/min.

3. Antibacterial activity

A Gram-positive bacteria (methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ATCC 43300) and four Gram-negative bacteria (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC 37166 and ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATCC–BAA 1706 and *Salmonella choleraesuis* ATCC 10708) were kindly provided by the Department of Medical Science, Ministry of Public Health, Thailand.

Only the extracts from three plant parts from Praphat beach were used for antibacterial tests. The lipophilic extracts were tested for their antibacterial activities with two methods: disk diffusion and broth microdilution methods. The bacterial strains were inoculated in Müller-Hinton broth at 37°C for 18 hours. The standard inoculums (0.5 Mcfarland) were spread on Müller-Hinton agar. The disk is a 6mm filter paper that contains 200 µg of extracts was placed 30 mm apart from each other on Müller-Hinton agar. The agar plate was incubated at 37°C for 24 hours. Two antibiotics; Ciprofloxacin and Amikacin were also tested as positive controls.

For the broth microdilution method, the stock solutions of 40 mg/ml of extracts were 2-fold serially diluted with dimethyl sulfoxide (DMSO). Each well of 96-well plate was filled with the diluted extract solution ranged from 6.25 µg/ml to 3,200 µg/ml and bacteria in Muller-Hinton broth. Pure DMSO was used in place of extract as control. The plates were incubated at 37°C for 18 hours.

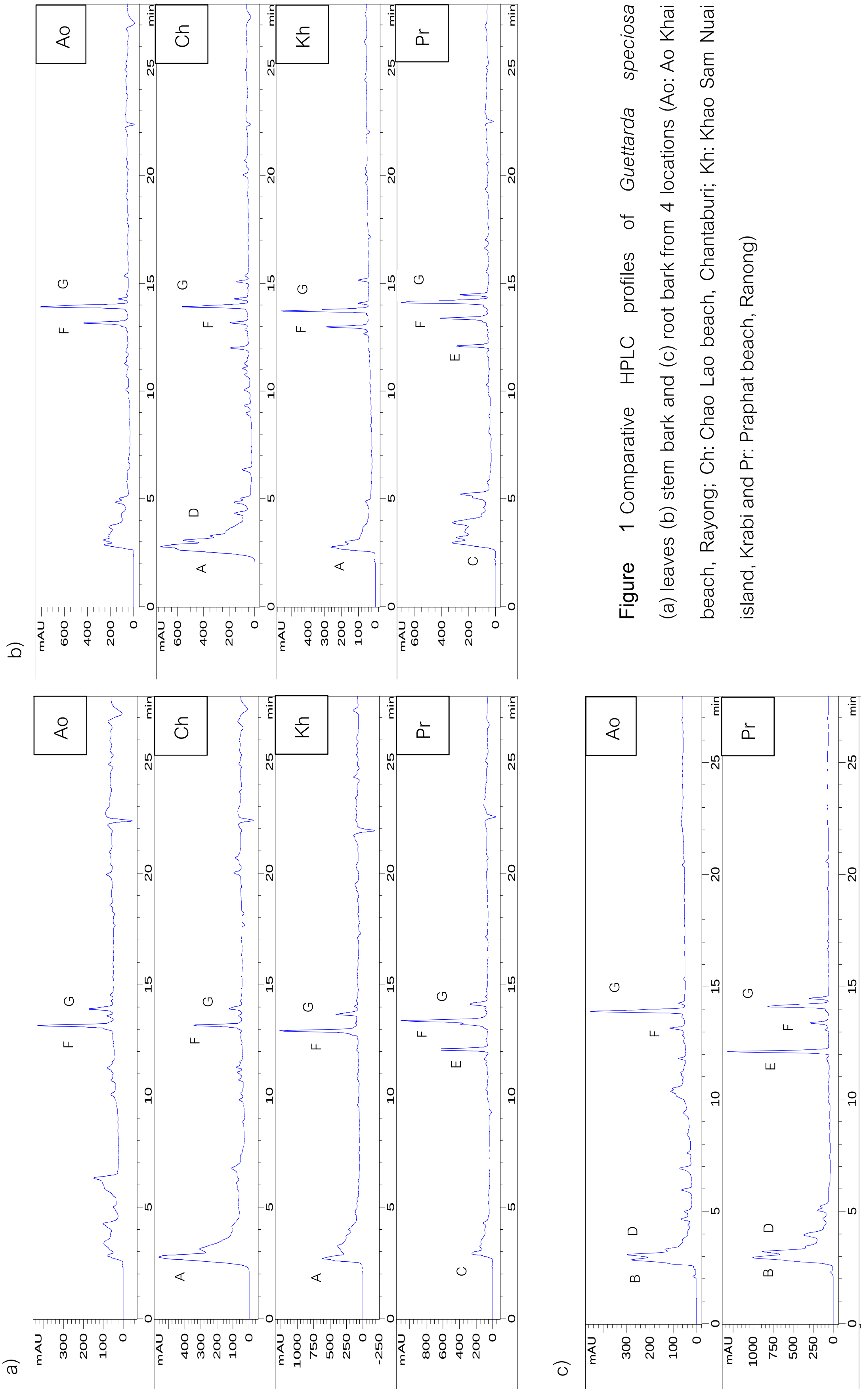


Figure 1 Comparative HPLC profiles of *Guettarda speciosa* (a) leaves (b) stem bark and (c) root bark from 4 locations (Ao: Ao Khai beach, Rayong; Ch: Chao Lao beach, Chantaburi; Kh: Khao Sam Nuai island, Krabi and Pr: Praphat beach, Ranong)

RESULTS AND DISCUSSION

1. HPLC analysis

In this experiment, both chromatogram and UV spectra were used to determine in comparing. The HPLC chromatograms of leaf, stem bark and root bark extracts as shown in Figure 1, dominant peaks occurred at retention time around the 2 - 5 minute and 12 - 15 minute.. From patterns of dominant peaks and UV spectra, there were two peaks: peak F and peak G occurring in every extracts. They might be used as a chemical marker of this plant species. The chromatograms of leaf and stem bark extracts from Chao Lao beach and Khao Sam Nuai Island were similar by having the peak A. Peak B occurred only in root extract that indicated a specific substance accumulated in root. All plant part extracts from Praphat beach showed same site-specific peak (peak E) that did not appear in the other locations. The result conformed to Chen *et al.* (2015) who studied the chemotypic diversity of *Epimedium sagittatum* from different geographical regions of China. They found that profiles were different and could be classified into five groups from eleven wild populations. These caused difficult quality control.

2. Antibacterial activity

1) Disk diffusion method

From the results of the disk diffusion method (Table 1), plant extracts showed the activity against test bacteria at 6-9.5 mm of clear zone. The highest antibacterial activities were leaf and stem bark extracts against *S. choleraesuis* at 9.5 mm.

Table 1 Disk diffusion method of *Guettarda speciosa* extracts

Extract	Mean of diameter of inhibition zones (mm)				
	S.aureus (MRSA) ATCC 43300	*P. aeruginosa* ATCC 37166	*P. aeruginosa* ATCC 27853	*S. choleraesuis* ATCC 10708	*K. pneumoniae* ATCC–BAA 1706
Leaf	6	7.5	6	9.5	6
Stem bark	6	6	6	9.5	6
Root bark	7	6	6	9	6
Ciprofloxacin *	29	36	36	32	11
Amikacin*	30	29	24	25	-

* The diameter (mm.) of clear zone in each antibiotic was within quality control ranges based on CLSI (2014). CIP (Ciprofloxacin 5 μg) and AK (Amikacin 30 μg).

2) Broth microdilution method

The lowest MIC indicated the best inhibition potential. The MIC of stem and root bark extracts showed the potential antibacterial activity against *S. choleraesuis* at 128 µg/ml, while the leaf extract was at 256 µg/ml. The MIC of root extract were 800 µg/ml against *S. aureus* and 1,600 µg/ml against both strains of *P. aeruginosa*, while the stem bark extract affected *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 37166 at 1,600 µg/ml.

Table 2 Broth microdilution method of *Guettarda speciosa* extracts

Extract	Minimum Inhibitory Concentration (µg/ml)				
	S.aureus (MRSA) ATCC 43300	*P. aeruginosa* ATCC 37166	*P. aeruginosa* ATCC 27853	*S. choleraesuis* ATCC 10708	*K. pneumoniae* ATCC– BAA 1706
Leaf	>3,200	>3,200	>3,200	256	>3,200
Stem bark	>3,200	1,600	>3,200	128	>3,200
Root bark	800	1,600	1,600	128	>3,200

The antibacterial properties of lipophilic extracts from leaf, stem bark and root bark against *S. aureus* and *K. pneumoniae* were consistent with Thamizhvanan *et al.* (2010) who tested antibacterial activities of inner bark of *G. Speciosa* extract with disk diffusion method against *S. aureus* and *K. pneumoniae* and the resulted were 22 and 23 mm. clear zones in chloroform extract and 29 and 25 mm. in ethanolic extract. The active secondary metabolite might be iridoid and coumarin as referred to in other studies. Dinda *et al*. (2007) reported that several iridoid from plants in the family Rubiaceae had antimicrobial activity. Yasunaka *et al*. (2005) reported that coumarin, extracted from Mexican medicinal plants, had antimicrobial activity against *S. aureus* and *E. coli*.

The lipophilic extracts had promising inhibitory effects against *S. Choleraesuis* which usually causes systemic infections in humans and also is resistant to many antibiotics such as ampicillin, chloramphenicol, trimethoprim-sulfamethoxazole and, fluoroquinolone (Chiu *et al*., 2004). For disk diffusion method, the clear zone were at 9-9.5 mm. Likewise for microdilution method, the lowest MIC against *S. choleraesuis* in root and stem bark extracts was 128 µg/ml and 256 µg/ml in leaf extract. It indicated that some compounds in *G. speciosa* had a strongly inhibitory activity and worthwhile for further investigation.

CONCLUSION

The HPLC chromatograms of lipophilic extracts from leaf, stem bark and root bark of *G. speciosa* collected from different localities showed chemical character with two specific peaks (peak F and G) which expressed through all plant parts (leaf, stem bark and root bark). Hence, these chemical characters could be used as taxonomic character of *G. speciosa*. The chemical patterns in all plant parts of *G. speciosa* from Ranong were significantly differ from the other collections by having one more peak (peak E) which may was caused by locality adaptation. The extract exhibited antibacterial properties against *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa,* and the most potent against *Salmonella choleraesuis*. The lipophilic extract of *G. speciosa* could be a good source for anti *S. choleraesuis* agent.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported from graduate scholarship provided by the National Research Council of Thailand (NRCT) as of fiscal year 2018.

REFERENCES

Cai, W.H., K. Matsunami, H. Otsuka, T. Shinzato and Y. Takeda. 2011. A glycerol alpha-D-glucuronide and a megastigmane glycoside from the leaves of *Guettarda Speciosa* L. **Journal of Natural Medicine.** 65(2): 364-369.

Chen, J., Y. Xu, G. Wei, S. Liao, Y. Zhang, W. Huang, L. Yuan and Y. Wang. 2015. Chemotypic and genetic diversity in *Epimedium sagittatum* from different geographical regions of China. **Phytochemistry.** 116: 180-187.

Chiu, C.H., L.H. Su and C. Chu. 2004. *Salmonella enterica* serotype *Choleraesuis*: epidemiology, pathogenesis, clinical disease, and treatment. **Clinical Microbiology Reviews.** 17(2): 311-322.

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). 2014. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing, twenty-first informational supplement M100-S21**. Clinical and Laboratory Standards Institute. Pennsylvania.

Dinda, B., S. Debnath and Y. Haringaya. 2007. Naturally occurring secoridoids and bioactivity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin.** 55: 689-728.

Figueiredo, A.C., J.G. Barroso, L.G. Pedro and J.J.C. Scheffer. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal.** 23: 213-226.

Han, S.T. 1998. **Medicinal Plants in the South Pacific.** World Health Organization. Switzerland.

Inouye, H., Y. Takeda, H. Nishimura, A. Kanomi, T. Okuda and C. Puff. 1988. Chemotaxonomic studies of rubiaceous plants containing iridoid glycosides. **Phytochemistry.** 27(8): 2591-2598.

James, H. and M. D. Allen. 1937. Staphylococcic conjunctivitis: experimental reproduction with Staphylococcus toxin. **American Journal of Ophthalmology.** 20(10): 1025-1031.

Marx, J. 2010. **Rosen's emergency medicine: concepts and clinical practice.** 7th ed. Elsevier, USA.

Nostro, A., M.P. Germanoa , V. D. Angelo, A. Marino and M.A. Cannatelli. 2000. Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. **Letters in Applied Microbiology.** 30: 379-384.

Revathi, D. and M. Rajeswari. 2015. Phytochemical analysis of *Guettarda Speciosa* Linn. **Asian Journal of Plant Science and Research.** 5(9): 1-4.

Sabaldica, A. C. 2011. **A Primer on Medicinal Plants for Livestock Healthcare.** Western Sustainable Agriculture, n.p.

Sampaio, B. L., R. Edrada-Ebel and F. B. Da Costa. 2016. **Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants.** Scientific Reports 6, Article number: 29265; doi:10.1038/srep29265

Singer, A. J. and D. A. Talan. 2014. Management of skin abscesses in the era of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **The New England Journal of Medicine** 370(11): 1039–1047.

Taylor, P. W. 2013. Alternative natural sources for a new generation of antibacterial agents. **International Journal of Antimicrobial Agents** 42 (3): 195-201.

Thamizhavanan, K., P. P. Kumar, T. Bachala, D. M. Mohan, P. Krishnakishore and K. P. Kumar. 2010. Antibacterial and antifungal activities of variousm extract of *Guettarda speciosa* L. **International Journal of Phytopharmacology** 1(1): 20-22.

Viswanathan, V.K., K. Hodges and G. Hecht. 2009. Enteric infection meets intestinal function: how bacterial pathogens cause diarrhoea. **Nature Reviews Microbiology** 7(2): 110–119.

Wink, M. and O. Schimmer. 1999. Modes of action of defensive secondary metabolites. **Functions of Plant Secondary Metabolites and Their Exploitation in Biotechnology.** 17–112.

World Health Organization. 2016. **Antimicrobial resistance.** Available Source: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/en/, May 7, 2017.

Yasunaka, K., A. Fumiko, A. Nagayama, H. Okabeb, L. Lozada-Perez, E. Lopez-Villafranco, E. E. Muinz, A. Aguilarf and R. Reyes-Chilpa. 2005. Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthones. **Journal of Ethnopharmacology** 97: 293–299.

ประสิทธิภาพของเทคนิค Indirect NCM-ELISA สำหรับการประเมินการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรคและการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งโดยแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* Stål)

Efficiency of an Indirect NCM-ELISA for Survival Assessment of *Rice ragged stunt virus* Infectivity and Transmission from Frozen Rice Plant Tissue Samples by an Insect Vectors, the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål)

ฐานัฏ ณ พัทลุง[1] วิชชุดา รัตนากาญจน์[2] และ วิภา ตังคนานนท์[1*]

Thanat Na-Phatthalung[1], Witchuda Rattanakarn[2] and Wipa Tangkananond[1*]

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้เทคนิค Indirect NCM-ELISA เพื่อตรวจสอบการรอดชีวิตของการก่อโรค และการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวที่เก็บรักษานาน 10 เดือน ในสภาพการแช่เยือกแข็ง โดยแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ผลการวิจัยพบว่า สามารถตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนแผ่นไนโตรเซลลูโลสได้อย่างชัดเจน โดยประสิทธิภาพการเป็นแมลงพาหะ การเป็นพืชอาศัย และอัตราการเจือจางตัวอย่างน้ำคั้นเพื่อการตรวจสอบ แปรผันตรงกับระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสที่เพิ่มมากขึ้นในแมลงพาหะและพืชอาศัย ตามลำดับ เปรียบเทียบกับผลการประเมินสภาวะความคงทนของไวรัสในตัวอย่างน้ำคั้นเพื่อการตรวจสอบ ซึ่งแปรผกผันกับระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำคั้นที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ

ABSTRACT

Application of an Indirect NCM-ELISA for survival detection of *Rice ragged stunt virus* (RRSV) infectivity and transmission from 10 months of frozen rice plant tissues which were infected with RRSV by an insect vectors, the brown planthopper (BPH, *Nilaparvata lugens* Stål). The research was found that the reaction can be clearly detected on nitrocellulose membrane, which were insect vector efficiency, host plants, and crude sap samples dilution for detection were direct variation with increasing of viral-latent period in BPHs and host plants, respectively. Comparison with the results of the stability condition assessment of infected crude sap samples for detection were inverse variation with increasing of temperature and crude sap samples preservation period, respectively.

Key Words: *Rice ragged stunt virus*, brown planthopper (BPH, *Nilaparvata lugens* Stål), Infectivity survival, Indirect NCM-ELISA

*Corresponding author, e-mail address: **wipatang@tu.ac.th**

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี 12120

[1]Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Center, PathumThani 12120

[2]สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[2]Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Phaholyothin Road, Ladyao, Chatuchack, Bangkok

คำนำ

โรคใบหงิกข้าวหรือโรคจู๋ข้าว (Rice ragged stunt disease, RRSD) มีสาเหตุจากไวรัสใบหงิกข้าว (*Rice ragged stunt virus*-RRSV, *Oryzavirus*: *Reoviridae*) สามารถถ่ายทอดได้โดยแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* Stål) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูข้าวจำพวกดูดกินน้ำเลี้ยง (juice sucker, *Homoptera*: *Delphacidae*) ปัจจุบันแม้ว่าจะมีอุบัติการณ์ของการระบาดที่ลดน้อยลง เนื่องจากประสิทธิภาพของการบริการจัดการและมาตรการเฝ้าระวัง แต่ยังจัดเป็นโรคข้าวที่มีความสำคัญและส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตในเขตพื้นที่นาชลประทานภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยในระดับ 10-100 เปอร์เซ็นต์ (ฐานัฎ และคณะ, 2560) วิธีการตรวจสอบและวินิจฉัยโรคพืชที่มีสาเหตุจากไวรัสนั้นถือเป็นขั้นตอนปฏิบัติที่สำคัญอันจะนำไปสู่กระบวนการบริหารจัดการเพื่อควบคุมการระบาดของโรค งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิควิธีทางซีรัมวิทยา (serology) คือ เทคนิค Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay on Nitrocellulose Membranes (Indirect NCM-ELISA) หรือ Dot-Immunobinding Assay (DIA หรือ DIBA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจสอบไวรัสพืชได้หลากหลาย ให้ผลเร็ว มีความถูกต้องแม่นยำ ง่ายต่อการปฏิบัติงานประจำในห้องปฏิบัติการ ราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และแปลผลปฏิกิริยาได้ด้วยตาเปล่า (Ali, 2017) ทั้งนี้ไวรัสใบหงิกข้าวสามารถถ่ายทอดได้ด้วยแมลงพาหะทางเดียวเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงวิธีการถ่ายทอดไวรัสพืชอื่น ๆ สู่แมลงพาหะด้วยการฉีดไวรัสเข้าสู่แมลงโดยตรง (Maramorosch, 1955) และการดูดกินน้ำคั้นพืชผ่านแผ่นแมมเบรน (Rochow, 1960) ตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชในสภาพสด และตัวอย่างเนื้อเยื่อในสภาพการแช่เยือกแข็ง (Zhang *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2011) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้เทคนิค Indirect NCM-ELISA เพื่อประเมินการรอดชีวิตและประสิทธิภาพในการก่อโรคของไวรัสจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากการถ่ายทอดไวรัสจากตัวอย่างในสภาพการแช่เยือกแข็งไม่จำเป็นต้องอาศัยทักษะและประสบการณ์ขั้นสูงของผู้ปฏิบัติ รวมถึงเครื่องมือที่มีราคาแพง และตัวอย่างทดสอบสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน ซึ่งสามารถที่จะประยุกต์และต่อยอดองค์ความรู้พื้นฐานสู่การปฏิบัติงานประจำในระดับห้องปฏิบัติการ การศึกษาพฤติกรรมและการเข้าทำลายต้นข้าวของไวรัสใบหงิกข้าวและแมลงพาหะได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชอาหาร พืชอาศัย และแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) โดยใช้ต้นกล้าข้าวพันธุ์ กข7 อายุ 7 - 10 วัน เป็นพืชอาหารและพืชอาศัยของแมลงพาหะ ภายใต้สภาวะโรงเรือนที่ระดับอุณหภูมิ 27 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) 70 ± 10 เปอร์เซ็นต์ และช่วงแสง (photoperiod) 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยจะเปลี่ยนต้นกล้าข้าวชุดใหม่เพื่อให้แมลงดูดกิน เมื่อต้นกล้าข้าวชุดเก่าเริ่มเหี่ยวได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

แหล่งของไวรัสใบหงิกข้าวและการถ่ายทอดโรค

เก็บตัวอย่างต้นข้าวที่แสดงอาการของโรคใบหงิกจากแปลงนาและนำมาเพาะปลูกในเรือนทดลอง โดยใช้ข้าวพันธุ์ไทชุงเนทีฟ 1 (TN1) ในการทดสอบโรค จากนั้นจึงถ่ายทอดไวรัสโดยคัดเลือกแมลงพาหะระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 เพื่อดูดกินต้นข้าวที่แสดงอาการของโรคอย่างชัดเจน ประมาณ 50 - 100 ตัวต่อต้น ปล่อยให้แมลงดูดกินต้นข้าวที่เป็นโรค (acquisition period) นาน 7 วัน จากนั้นย้ายแมลงไปเลี้ยงบนต้นกล้าข้าว กข7 ปกติ อายุ 7 -

10 วัน โดยให้แมลงดูดกินนาน 7 วัน เพื่อรอระยะให้ไวรัสแฝงตัวในแมลง (latent period) เมื่อครบเวลาย้ายแมลงไปสู่ต้นกล้าข้าว TN1 อายุ 7 - 10 วัน โดยปล่อยให้แมลงดูดกินต้นข้าวเพื่อถ่ายทอดโรค (transmission period) นาน 2 วัน และนำต้นกล้าข้าวที่ได้รับการถ่ายทอดโรคมาพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง รอเวลาให้ต้นข้าวแสดงอาการของโรคอย่างชัดเจนแล้วจึงคัดเลือกนำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบต่อไป

การตรวจสอบการรอดชีวิตและการถ่ายทอดไวรัสเพื่อทดสอบการก่อโรคเบื้องต้น จากการเก็บรักษาตัวอย่างในสภาพการแช่เยือกแข็ง

การคัดเลือกและเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ

คัดเลือกและเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวที่แสดงอาการของโรคใบหงิกอย่างชัดเจนในสภาพการแช่เยือกแข็ง (frozen) ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 10 เดือน เพื่อเป็นตัวอย่างในการประเมินการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรคและการถ่ายทอดไวรัสจากตัวอย่างโดยแมลงพาหะ และสำหรับการประเมินความคงทนของไวรัสในตัวอย่างน้ำคั้นแมลงและน้ำคั้นพืช จะทำการทดสอบทั้งในสภาพการแช่เยือกแข็ง (-20 องศาเซลเซียส) และสภาพสด (non-frozen) ที่ระดับอุณหภูมิ 4 - 8, 25, 37 - 40 และ 50 - 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การตรวจสอบการรอดชีวิต และระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในแมลงพาหะ

คัดเลือกแมลงพาหะในระยะตัวอ่อนวัยที่ 3 เพื่อดูดกินเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็ง โดยแต่ละตัวอย่างทดสอบใช้จำนวนแมลง 250 ตัว นำเนื้อเยื่อต้นข้าวใส่ในบีกเกอร์ ซึ่งภายในบรรจุสำลีที่อิ่มตัวด้วยน้ำเป็นวัสดุรองพื้นเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น ปล่อยแมลงพาหะลงในบีกเกอร์เพื่อให้แมลงดูดกินเนื้อเยื่อต้นข้าว นาน 2 วัน (ปิดบีกเกอร์ด้วยแผ่นพลาสติกที่มีการเจาะช่องว่างไว้เพื่อให้อากาศสามารถไหลเวียนได้) เมื่อครบเวลาคัดเลือกแมลงที่รอดชีวิต และย้ายแมลงไปเลี้ยงบนต้นกล้าข้าว กข7 อายุ 7 - 10 วัน จากนั้นจึงสุ่มเก็บตัวอย่างแมลงจำนวน 5 ตัวต่อตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสที่ระยะเวลาแฝงตัวในแมลงพาหะที่แตกต่างกัน และคำนวณสัดส่วนแมลงที่ได้รับการถ่ายทอดไวรัสต่อจำนวนแมลงที่คัดเลือกในแต่ละครั้ง

การถ่ายทอดไวรัสเพื่อการก่อโรค และระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในต้นข้าว

คัดเลือกแมลงพาหะที่รอดชีวิตจากการดูดกินเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็ง เพื่อใช้ในการถ่ายทอดไวรัสโดยแมลงพาหะสู่ต้นกล้าข้าว TN1 อายุ 7 - 10 วัน ปล่อยให้แมลงดูดกินต้นข้าว นาน 2 วัน โดยใช้แมลงเพื่อการถ่ายทอดไวรัสจำนวน 1 ตัวต่อต้น และใช้ต้นกล้าข้าวทดสอบจำนวน 5 ต้นต่อตัวอย่าง จากนั้นจึงคัดเลือกและเก็บตัวอย่างต้นข้าวเพื่อตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสที่ระยะเวลาแฝงตัวในต้นข้าวที่แตกต่างกัน และคำนวณสัดส่วนต้นข้าวที่ได้รับการถ่ายทอดไวรัสต่อจำนวนต้นข้าวที่คัดเลือกในแต่ละครั้ง

การตรวจสอบไวรัสใบหงิกข้าวด้วยเทคนิค Indirect NCM-ELISA

ทำการคัดเลือกตัวอย่างเพื่อการทดสอบและเตรียมสารเคมี (Table 1) เตรียมแผ่นไนโตรเซลลูโลส (NCM, pore size 0.45 ไมครอน, Bio-Rad) การดำเนินปฏิกิริยา และตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนแผ่นไนโตรเซลลูโลสตามวิธีของฐานัฎ และคณะ (2560) และเตรียมตัวอย่างน้ำคั้นแมลงเริ่มต้นจากจำนวนแมลง 3 ตัวต่อ 1 ตัวอย่าง ด้วยบัฟเฟอร์สกัดปริมาตร 0.2 มล. และเตรียมตัวอย่างน้ำคั้นพืชเริ่มต้นจากจำนวนพืช 1 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง ด้วยบัฟเฟอร์สกัดปริมาตร 2.0 มล. จากนั้นเจือจางน้ำคั้นตัวอย่างเพื่อการทดสอบแบบสองเท่าลำดับส่วน (two-fold serial dilution) ให้ได้อัตรา 1:2 - 1:4,096 เท่า โดยพิจารณาอัตราการเจือจางของน้ำคั้นตัวอย่างทดสอบสูงสุดที่ให้ผลการตรวจสอบที่ชัดเจน

Table 1 The solutions for RRSV detection by Indirect NCM-ELISA

Ingredients	
Extraction buffer, plant sap	0.01 M phosphate buffered saline (PBS), pH 7.4
Extraction buffer, BPH sap	0.01 M PBS (pH 7.4), 2% polyvinylpyrrolidone (PVP)
Dilution buffer (DB)	0.01 M PBS (pH 7.4)
Blocking buffer (PBS-T-SK)	0.01 M PBS (pH 7.4), 0.5% Tween-20, 5% skimmed milk (SK)
Washing buffer (PBS-T)	0.01 M PBS (pH 7.4), 0.5% Tween-20
Antiserum buffer	anti-RRSV IgG diluted 1:1,000 in PBS-T-SK
Enzyme buffer	GAR-AP (ZyMax™) diluted 1:5,000 in PBS-T
Substrate solution	BCIP/NBT alkaline phosphatase substrate (SIGMA*FAST*™) (pH 9.5)
Stop solution	deionized water

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจสอบการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรคของไวรัสใบหงิกข้าวด้วยเทคนิค Indirect NCM-ELISA และการถ่ายทอดไวรัสจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งสู่แมลงพาหะ

การประเมินประสิทธิภาพของการถ่ายทอดไวรัสจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งสู่แมลงพาหะ พบว่า ระยะเวลา 3 วัน เป็นระยะเวลาแฝงตัวที่น้อยที่สุด (minimum latent period, MLP) ของไวรัสในแมลงพาหะ และมีประสิทธิภาพการเป็นแมลงพาหะเพื่อการถ่ายทอดโรคเริ่มต้นในระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 80 และ100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากแมลงพาหะดูดกินเนื้อเยื่อต้นข้าว นาน 10 และ 15 วัน ตามลำดับ (Figure 1) เนื่องจากไวรัสใบหงิกข้าวเป็นไวรัสชนิดไม่มีเยื่อหุ้ม (non - enveloped virus หรือ naked virus) จึงมีความคงทนต่ออุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรดด่าง และสารเคมี นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการก่อโรคและการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวของเซลล์เจ้าบ้านได้ยาวนานกว่าไวรัสชนิดที่มีเยื่อหุ้ม (enveloped virus) (Firquet *et al.*, 2015)

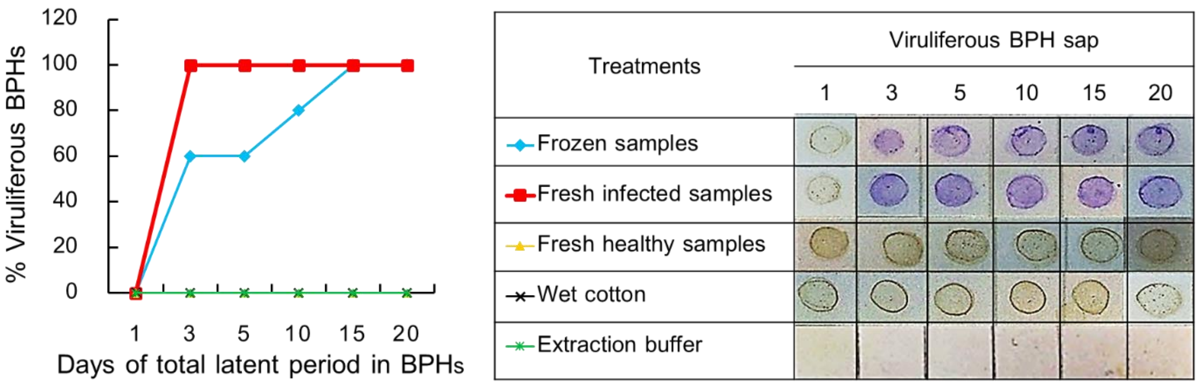


Figure 1 Percentages of viruliferous BPHs and BPHs sap detection by Indirect NCM-ELISA

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการเป็นแมลงพาหะในการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวแปรผันตรง (direct variation) กับระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในแมลงพาหะที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนประสิทธิภาพสูงสุดของ

การตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งในแมลงพาหะ (อัตราเจือจางน้ำคั้นแมลง) อยู่ที่ระดับ 1:16 เท่า (Figure 2)

Treatments	Two-fold dilutions of viruliferous BPH sap												
	undiluted	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128	1:256	1:512	1:1,024	1:2,048	1:4,096
Frozen samples, MLP 3 DAI													
Fresh infected samples, MLP 3 DAI													
Fresh healthy samples													
Wet cotton													
Infected BPHs, 13-15 DAI													
Extraction buffer													

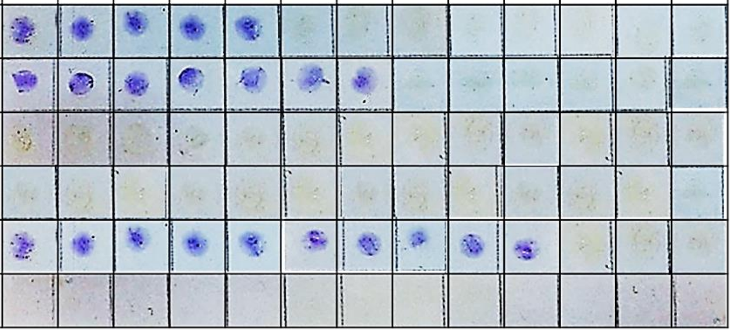
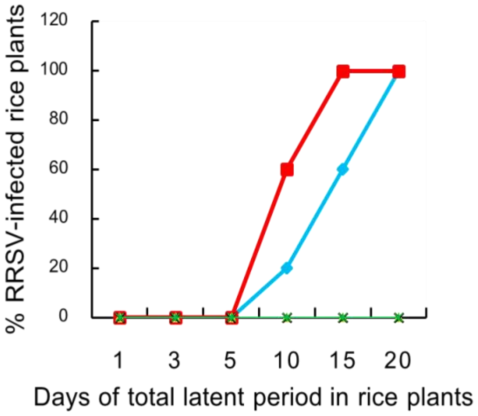


Figure 2 Efficiency detection of MLP in BPHs (3 days after inoculation, DAI) by Indirect NCM-ELISA

การตรวจสอบการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรคของไวรัสใบหงิกข้าวด้วยเทคนิค Indirect NCM-ELISA และการถ่ายทอดไวรัสจากแมลงพาหะสู่ต้นข้าว

การตรวจสอบการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรคและการถ่ายทอดไวรัสจากแมลงพาหะสู่ต้นข้าว พบว่าระยะเวลา 10 วัน เป็นระยะเวลาแฝงตัวที่น้อยที่สุดของไวรัสในต้นข้าวที่สามารถตรวจสอบได้ก่อนปรากฏลักษณะอาการของโรค โดยพืชมีประสิทธิภาพของการได้รับการถ่ายทอดไวรัสและการเป็นพืชอาศัยของไวรัสเริ่มต้นในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 60 - 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากถ่ายทอดไวรัสจากแมลงพาหะสู่ต้นข้าว TN1 นาน 15 - 20 วัน (Figure 3)



Treatments	Rice plant sap					
	1	3	5	10	15	20
Frozen samples						
Fresh infected samples						
Fresh healthy samples						
Wet cotton						
Extraction buffer						

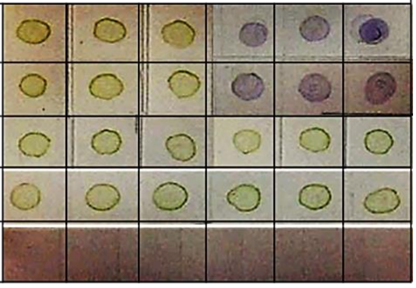


Figure 3 Percentages of RRSV-infected rice plants, which transmitted at MLP of viruliferous BPHs, and rice plant sap detection by Indirect NCM-ELISA

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของการได้รับการถ่ายทอดไวรัสจากแมลงพาหะและการเป็นพืชอาศัยของไวรัส แปรผันตรงกับระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในแมลงพาหะที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนประสิทธิภาพสูงสุดของการตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสในต้นข้าว (อัตราเจือจางน้ำคั้นพืช) อยู่ที่ระดับ 1:64 เท่า (Figure 4)

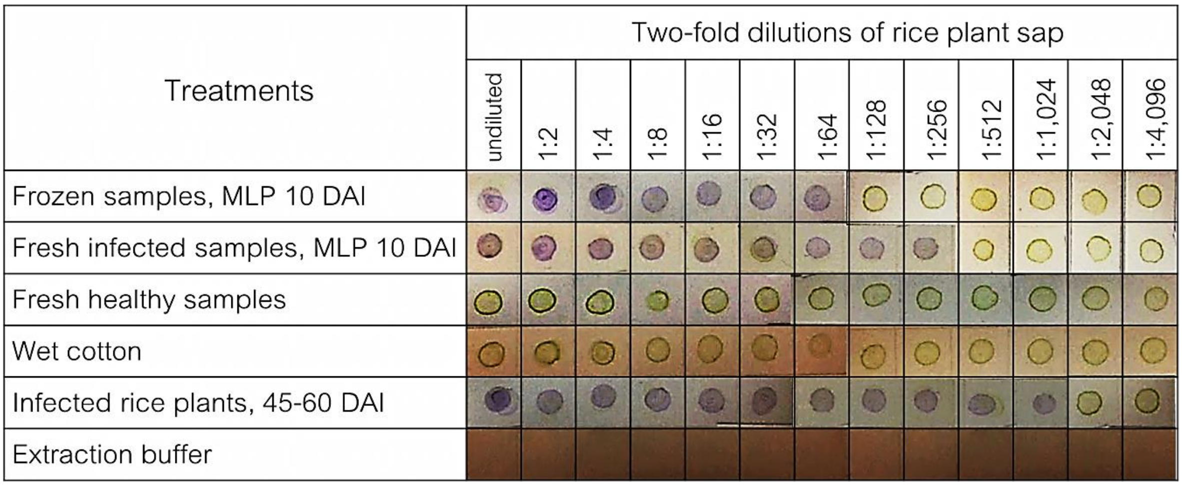


Figure 4 Efficiency detection of MLP in rice plants (10 DAI) by Indirect NCM-ELISA

การประเมินความคงทนและประสิทธิภาพของวิธีการตรวจสอบไวรัสใบหงิกข้าวในตัวอย่างน้ำคั้น ด้วยเทคนิค Indirect NCM-ELISA

การประเมินความคงทนและประสิทธิภาพสูงสุด (อัตราเจือจางน้ำคั้น) ของวิธีการตรวจสอบไวรัสใบหงิกข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็ง (frozen) และสภาพสด (non-frozen) แสดงดัง Figure 5 โดยพบว่า ความคงทนของไวรัสในตัวอย่างชนิดน้ำคั้นแมลงอยู่ที่ระยะเวลา 5, 3, 2 และ 1 วัน และมีประสิทธิภาพสูงสุดของการตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสในตัวอย่างชนิดน้ำคั้นแมลง อยู่ที่ระดับ 1:256, 1:64, 1:16 และ 1:8 เท่า ตามลำดับ เปรียบเทียบกับความคงทนของไวรัสในตัวอย่างชนิดน้ำคั้นพืชอยู่ที่ระยะเวลา 5, 4, 3 และ 2 วัน และมีประสิทธิภาพสูงสุดของการตรวจสอบการมีอยู่ของไวรัสในตัวอย่างชนิดน้ำคั้นพืช อยู่ที่ระดับ 1:1,024, 1:256, 1:64 และ 1:16 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่สามารถตรวจพบไวรัสได้ในตัวอย่างทั้งชนิดน้ำคั้นแมลงและน้ำคั้นพืชที่ระดับอุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส (Figure 6) ดังนั้นความคงทนและประสิทธิภาพของวิธีการตรวจสอบไวรัสใบหงิกข้าวจากตัวอย่างชนิดน้ำคั้นแปรผกผัน (inverse variation) กับระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบไวรัสที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ

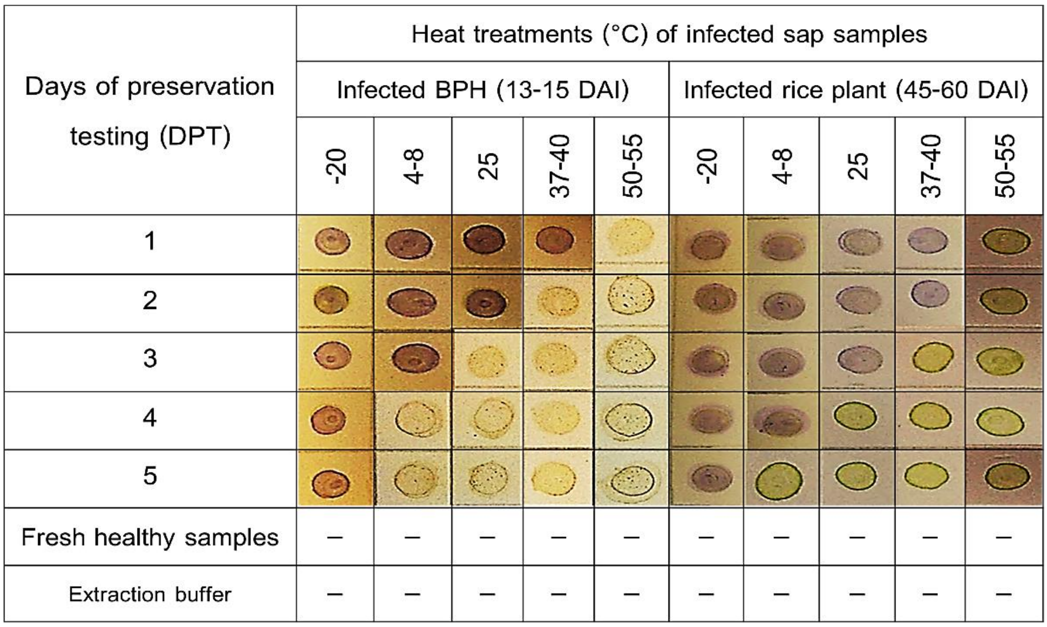


Figure 5 Heat treatments and DPT of infected sap samples were detected by Indirect NCM-ELISA

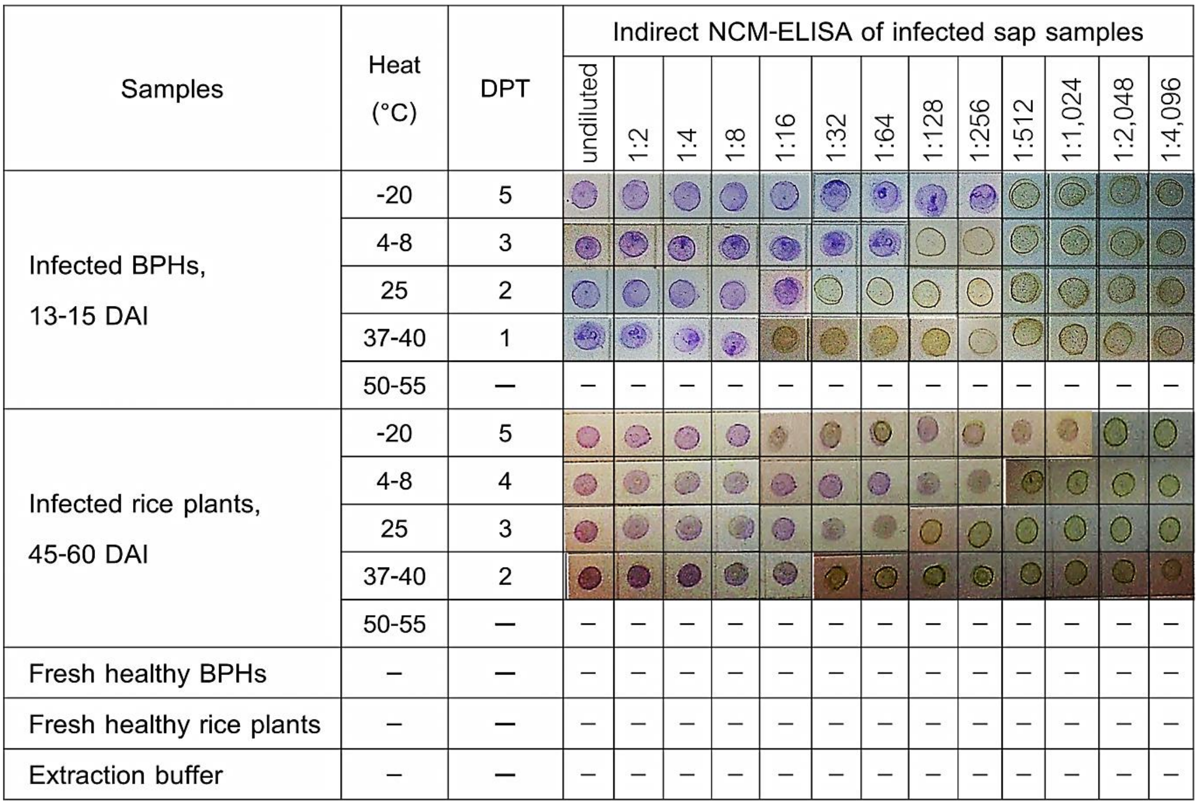


Figure 6 Efficiency of Indirect NCM-ELISA detection of infected samples

รายงานนี้จึงเป็นครั้งแรกในการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวจากเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งสู่แมลงพาหะเพื่อไปก่อโรคได้ ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับการถ่ายทอด *Rice stripe virus* (RSV) (Zhang *et al*., 2007) และ *Rice black-streaked dwarf virus* (RBSDV) (Li *et al*., 2011) โดยแมลงพาหะ *Laodelphax striatellus* Fallen ซึ่งมีประสิทธิภาพของการเป็นแมลงพาหะที่ระดับ 16 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และประสิทธิภาพการเป็นพืชอาศัยที่ระดับ 23 และ 37 - 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ผลการวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพของการเป็นแมลงพาหะที่ระดับ 60-100 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการเป็นพืชอาศัยที่ระดับ 20 - 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีช่วงอัตราการเจือจางสูงสุดของน้ำคั้นแมลงและน้ำคั้นพืชที่สามารถตรวจพบไวรัสได้อยู่ที่ระดับ 1:16 - 1:512 และ 1:64 - 1:1,024 เท่า ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าสูงสุดของการตรวจสอบไวรัสในตัวอย่างน้ำคั้นแมลงและน้ำคั้นพืช สามารถตรวจสอบได้ที่ระดับความเจือจาง 1:256 - 1:8 เท่า และ 1:1,024 - 1:16 เท่า ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงระดับอุณหภูมิและอัตราเจือจางน้ำคั้นที่สอดคล้องกับการรายงานของ Senboku (1979) และฐานัฏ และคณะ (2560) ที่ระดับเฉลี่ย 1:5 - 1:500 และ 1:10 - 1:500 เท่า ตามลำดับ

ไวรัสใบหงิกข้าวและแมลงพาหะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันแบบยั่งยืน (persistent propagative manner) จึงต้องอาศัยระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในตัวแมลงพาหะที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายทอดโรค ซึ่งรายงานครั้งนี้พบว่า ระยะเวลาแฝงตัวที่น้อยที่สุดของไวรัสในแมลงพาหะและพืชอาศัย 3 และ 10 วัน ตามลำดับ

สรุป

การใช้เทคนิค Indirect NCM-ELISA สำหรับการประเมินการรอดชีวิตเพื่อการก่อโรค และการถ่ายทอดไวรัสใบหงิกข้าวจากตัวอย่างเนื้อเยื่อต้นข้าวในสภาพการแช่เยือกแข็งโดยแมลงพาหะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่า สามารถตรวจสอบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนแผ่นไนโตรเซลลูโลสได้อย่างชัดเจน โดยประสิทธิภาพการเป็น

แมลงพาหะ การเป็นพืชอาศัย และอัตราการเจือจางตัวอย่างน้ำคั้นเพื่อการตรวจสอบ แปรผันตรงกับระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสที่เพิ่มมากขึ้นในแมลงพาหะและพืชอาศัย ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพของการเป็นแมลงพาหะและการถ่ายทอดไวรัสไปสู่พืชอยู่ในช่วง 60 - 100 และ 20 - 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากช่วงระยะเวลาแฝงตัวของไวรัสในแมลงและพืช นาน 3 - 15 และ 10 - 60 วัน ตามลำดับ และช่วงอัตราการเจือจางสูงสุดของน้ำคั้นแมลงและน้ำคั้นพืชที่ระดับ 1:16 - 1:512 และ 1:64 - 1:1,024 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ การประเมินสภาวะความคงทนของไวรัสในตัวอย่างน้ำคั้นเพื่อการตรวจสอบ ซึ่งแปรผกผันกับระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำคั้นที่เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ โดยไวรัสสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมได้สูงสุดในช่วงระดับอุณหภูมิ -20 - 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำคั้น นาน 5 และ 1 - 2 วัน และช่วงอัตราการเจือจางสูงสุดของน้ำคั้นที่ระดับ 1:256 - 1:8 และ 1:1,024 - 1:16 เท่า ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) (Research and Researchers for Industries, RRI) ระดับปริญญาเอก เลขที่สัญญา PHD59I0061 จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (The Thailand Research Fund, TRF) และบริษัท เจียไต๋ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ฐานัฎ ณ พัทลุง, วิภา ตังคนานนท์ และวิชชุดา รัตนากาญจน์. 2560. ประสิทธิภาพของวิธีการตรวจสอบไวรัสใบหงิกข้าวในเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยเทคนิค Dot-Immunobinding Assay. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6(3): 236-246.

Ali, A. 2017. Rapid detection of fifteen known soybean viruses by dot-immunobinding assay. J. Virol. Methods 249: 126-129.

Firquet, S., S. Beaujard, P.-E, Lobert, F. Sane, D. Caloone, D. Izard and D. Hober. 2015. Survival of enveloped and non-enveloped viruses on inanimate surfaces. Microbes Environ. 30(2): 140-144.

Li, L., H. Li, H. Dong, X. Wang and G. Zhou. 2011. Transmission by *Laodelphax striatellus* Fallen of *Rice black-streaked dwarf virus* from frozen infected rice leaves to healthy plants of rice and maize. J. Phytopathol. 159:1-5.

Maramorosch, K. 1955. Multiplication of plant viruses in insect vectors. Adv. Virus Res. 3: 221-249.

Rochow, W.F. 1960. Transmission of *Barley yellow dwarf virus* acquired from liquid extracts by aphids feeding through membranes. Virol. J. 12: 223-232.

Senboku, T., T.G. Chou and E. Shikata. 1979. Some physical properties of *Rice ragged stunt virus*. Ann. Phytopathol. Soc. Japan. 45(5): 735-737.

Zhang, S., L. Li, X. Wang and G. Zhou. 2007. Transmission of *Rice stripe virus* acquired from frozen infected leaves by the small brown planthopper (*Laodelphax striatellus* Fallen). J. Virol. Methods 146: 359-362.

Comparison the Physiological Response of Four Corn Cultivars to Drought Stress

Paul Hategekimana[1], Pitipong Thobunluep[1*] and Ed Saorobol[1]

ABSTRACT

This research was aimed to evaluate the adaptability of different corn cultivars under various soil moisture condition and its response on growth development, roots morphology as well as the yield productivity. The experiment was conducted in green house condition at Kasetsart university during April to September 2017. Four corn cultivars (SW4452, NK-3-Nakhon suwan3, NT6248 and NT7328) was tested under factorial randomized complete block design (RCBD) where three (3) different soil moisture levels were applied in three replications. The drought stress was imposed in block wise. From the experiment, the significant different at $p<0.05$ was found maximum germination and T50 percentage for NT7338 and NT 6248 respectively. Additionally, significantly different on number of roots, root length, roots fresh and dry weight and roots shoots ratio was significantly on NS-3. Furthermore, the result showed the highly statistical different on yield loss under drought stress imposed at grain formation followed by that imposed at flowering stage. However high yield value within cultivars was found on NT7338 followed by SW4452 while NT6248 was seems to be more vulnerable to drought stress. Thus, from the result of this study shows that NT7228 could be the best cultivar that will give better yield under drought stress.

Keywords: Drought stress, corn cultivars, drought adaptable Cultivars

[*]Corresponding author: email: fagrppt@ku.ac.th

[1]Department of agronomy, faculty of agriculture, Kasetsart university, Bangkok ,10900

INTRODUCTION

Corn is tropical and subtropical summer crop grown in different altitude from 0 m to 4,000 m above sea level (Revilla *et al*., 2016). It grows in well-drained soil, with nutrient, compost and pH range of 5.0 -8.0. Normally germination occurs between 5 to 7 days in good condition with optimal soil moisture but in dry soil, the germination may take up to 2 weeks after sowing (Du Plessis, 2003). The sensitive stage for water requirement is in pollination stage, because water shortage occurred in this stage would cause the failure of silk emerge, leading to yield loss due to low pollination (Beyene, *et al*., 2016). In recent, many Asian maize producing country including Thailand and Philippines ((FAO 2016), the total yield was decreased due to drought stress (Beyene, et al., 2016). In 2013 the yield was 4900 MT, where as in 2014 the yield reduced to 4800MT and in 2015 the yield was 4700 MT in Thailand (FAO,2016).

The corn roots system in loose soil which has 1.5 m lateral and 2 m deep facilitates the plant to absorb water from deep soil. The roots help the plants to be more drought adaptable (Sukno *et al*., 2008) (Du Plessis, 2003).

There are many corn cultivars in Thailand with different yield performance characteristics (Fisher. *et al.,* 2015) and different stress adaptability including drought. However, there are few studies specifically on the drought adaptable cultivars and particular the roots traits whereas the root is the primary organ for water and nutrient uptake. Therefore, this research was aimed to evaluate of the most corn drought adaptable cultivars and its response on growth and yield productivity among four selected Thai commercial cultivars where the result of this study will be helpful for future corn production

Materials and Method

This research was conducted in Kasetsart university greenhouse, faculty of Agriculture, Agronomy Department during April to September 2017. The experiment was **factorial in** Randomized Complete Bloc Design (RCBD). The factor one was water potential, factor two was four corn cultivars. The water potential was in four levels including field capacity 100% (W0.as control) ,75% (W1. light stress), 50% (W2. mild stress) and 25% (W3. severe stress).

1. Seed germination test

The germination was tested on small pots for 21 days where 50 seeds of each cultivar planted in three (3) water level for 3 replications.

2. Pots experiment

Plastic bags of 1 m height with 30cm diameter filled with 80 kg of loam soil sieved in 2 cm sieve, then mixed with compost, at the rate of 312 kg/ha equivalent to 129 g/pot, after, three seeds were sown in each pot at the spacing rate of 25 cm × 75cm as Thai spacing recommendation. Weeding was

done every week to remove all weeds from the pot by using hand and 14 days after planting, thinning was done by reducing one plant and remained with two plants in each pot.

During experiment, the drought stress was imposed in three (3) times, where, block one imposed at vegetative stage (30DAP), block two at flowering stage (60) and block three at grain formation stage (76). At starting, all treatments were given same amount of water to maintain the soil moisture content of the field capacity. **five** days after re-watering, all physiological and roots data assed critically to evaluate drought adaptable cultivars and recovery for those three-identified stage by comparing with the control.

Photosynthetic rate (Pn), Stomata conductance (gs) and transpiration rate was measured by using portable photosynthesis system (Li-6400, Li Col, USA) between 1:30 to 3:30 PM with clear day and sunlight.

Data collected from the field was entered into Microsoft excel then analyzed by using Stastix 8.0 for analysis of variance (ANOVA) to determine variety perform well and adapt in drought stress among four cultivars. The germinator was used to analyze the germination data. The coefficient of variation and least significant different of the parameters was determined in order to evaluate reliability among the treatments and to compare mean yield of the varieties

Results and discussion

Day for 50% germinate, refer to the time each cultivars use for half of the seed planted germinate (Ranal and Santana, 2006). Figure 1 shows different time for all cultivars used to attain 50% of the seed to be germinated. Under normal condition and mild stress all cultivars use short time to reach 50% of germination but there is no significant different among the cultivars. compared to severe stress the cultivars use long time to reach 50% to be germinated. **under severe** stress NT6248 and NT7328 shows a significantly different with others cultivars by using short time to reach on 50% of seed germination

The similar result was founded in research done by Bakht (2010) where he found that the drought stress which is occur at planting period or at germination period can cause poor seed germination , seed establishment and seedling vigor. The Figure 1 showed that severe stress delayed seed germination by comparing to mild stress and control.

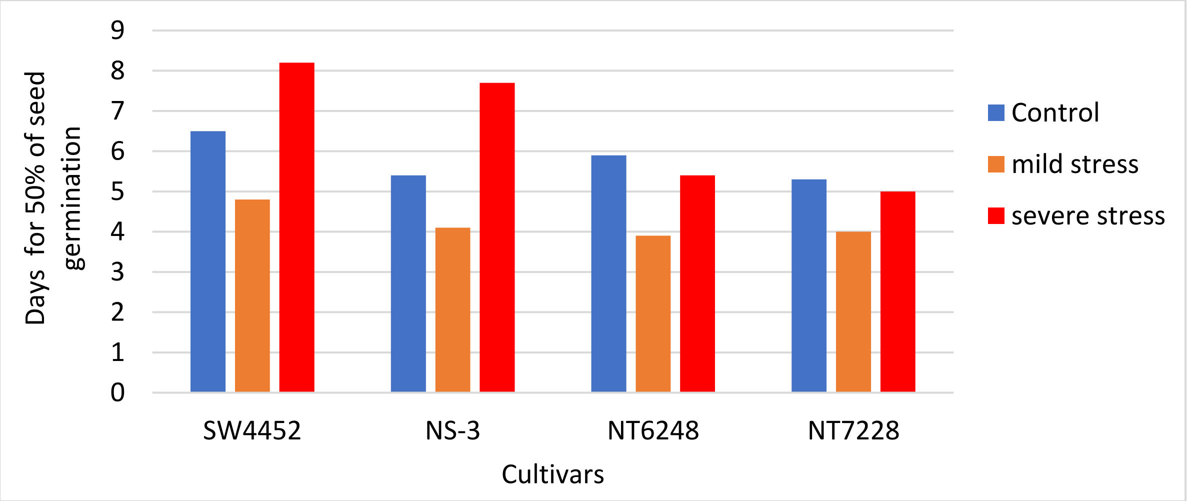


Figure 1 Days for 50 % of seed germination (T50%, in days) for 4 cultivars under different levels of soil moisture content

Corn, is known to be highly affected by drought stress among all cereal crops because of the synchronous growth of both reproductive organ on same steam and distance between each of those organs. Among corn growth stage, flowering is known to be more vulnerable under drought stress than other stage. Spikelet growth **are less** affected by drought stress due to the ABA secretion but silking is more affected where, the drought can inhibit the silking growth and establishment for pollination which can increase time for ASI (Edmeades *et al*., 2000a). On our research, the drought stress at flowering stage, SW4452 cultivars had significantly different with in other cultivars on time for 50% tasseling and ASI while **NT7228** have significantly different at P<0.05 on time for 50% slinking. Among water level, as drought stress increased from control to severe stress, the time for tasseling, silking and ASI also increased (Table 1). The cultivars with long anthesis, silking and ASI under drought stress may consider as less adaptable cultivars, because it can reduce the number of kernel per cobs and per plant as well as final yield production (Edmeades *et al*., 2000b; Monneveux *et al*., 2006). A Research done by Yang *et al.* (2001) found a similar result of delay on tasseling, silking and ASI due to a secretion of ABA , which could inhibit cell division to accelerate the flowering . different researcher, like Li *et al.* (2013) and Liu *et al.* (2005), found a delay of female corn organ growth due to drought stress at flowering stage and the reduction of yield production per hectare because of kernel and ovary abortion by comparing with control treatment. By comparing the effect of drought stress at vegetative and flowering stage, vegetative stage had better result by achieving on tasseling silking and ASI on short period by comparing to drought stress at flowering stage. SW4452 cultivars had the best performance on tasseling and ASI then NT7232 cultivars have significantly different within others on silking on both stages, where among water treatment, control treatment facilitate the flowering at less period than the drought stress .The same result was published by Ji *et al.* (2005);Koonjul *et al.* (2004);Oliver *et al.* (2005) who highlight that , among both corn stage, the drought stress at flowering stage increase the

time for tasseling, silking and ASI which will affect also final yield production. The limited source and less carbohydrate production due to drought stress might increase time for tasseling, silking and anthesis silking interval. Barker *et al.* (2005)

Table 1 The effect of drought stress at flowering stage on tasseling, silking and anthesis silking interval for four corn cultivars

Treatment	Cultivars	T(50%)T	T(50%)SI	ASI
Control	SW4452	3.33fg	1.67 ef	1.66 ef
	NK-3	3.00g	2.33e	0.67de
	NT6248	9.33b	6.67 a	2.67f
	NT7228	4.66 ef	4.67bc	0.00ccd
	Lsd	*	*	*
Light stress	SW4452	2.65 g	6.62a	3.64 ef
	NK-3	5.61 de	3.74cd	1.86ef
	NT6248	7.33c	1.178 f	6.16gh
	NT7228	7.24c	0.97 f	6.27hi
	Lsd	*	*	*
Mild stress	SW4452	3.51 fg	5.31b	1.81b
	NK-3	5.55 de	3.72 cd	1.82gh
	NT6248	9.65b	1.68 ef	7.96j
	NT7228	9.55b	1.67ef	7.88ij
	Lsd	*	*	*
Severe stress	SW4452	5.378de	6.51a	1.13bc
	NK-3	6.38cd	1.78 ef	4.58g
	NT6248	10.43 ab	3.61d	6.83hij
	NT7228	11.21a	1.08 f	10.13 k
	Lsd	*	*	*
	cv	**13.53**	**17.63**	**13.59**

The value of the same letter is not significant at p value less than 5%(P<0.05) by fisher's LSd

T (50) T: time for 50% tasseling, T(50)SI: days for 50% of plant silking **Ns**: non-significant, *****: significant at p value of 5%(P<0.05).

NT7228 show significant different at P<0.05 on yield per plant, per hectare and number of kernel per cobs (figure 2 b). Non-pollinated cobs (figure 3 a) and aborted kernel (figure 3 b) were found during harvesting as the sign of drought stress by comparing with the cobs of control block (figure 3 c). when the drought stress level increased the yield production also reduced (figure 2 a).

Khodarahmpour and Hamidi (2011),found a minimum grain yield on the block affected by drought at grain formation stage than other stage. The lost yield was 15%, 40% and 60% under drought stress at vegetative, flowering and grain formation stage respectively.

Shiri *et al.* (2010) and Golbashy *et al.* (2010) confirmed this result by showing the reduction of yield production per hectare under drought stress at grain formation stage than other stage .

Cobs size, length, weight as well as grain weight also reduced significantly at grain formation due to the size and weight is depending on carbohydrate production then grain could be a sink of carbohydrate produced (Boyer and Westgate, 2004) .Reduction of carbohydrate also reduced significantly sucrose and starch synthetized which directly reduce the grain size and weight (Anjum *et al.*, 2011).

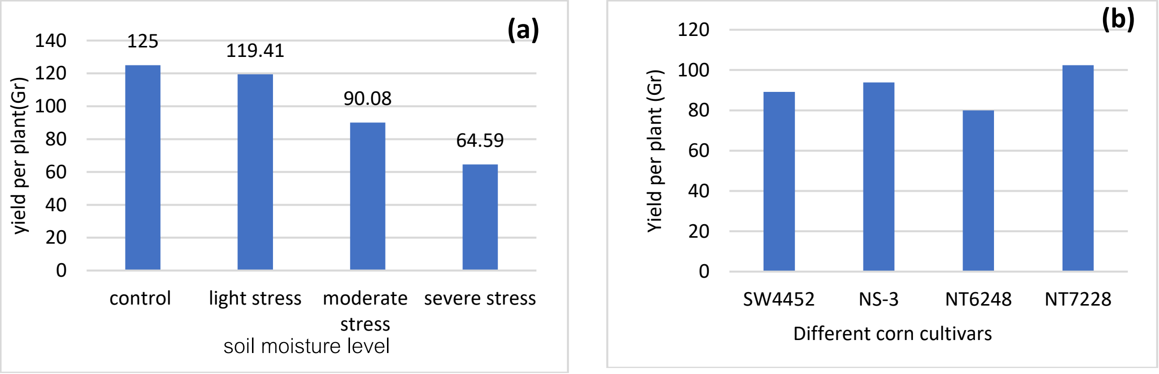


Figure 2 (a) The effect of drought stress on final yield production, (b) The adaptability of different cultivars under drought stress condition.

(a) (b) (c)

Figure 3 The effect of drought stress on different growth stage on final yield production. (a) Non-pollinated kernel due to drought stress at flowering stage, (b) Aborted kernel due to drought stress at grain formation stage, (c) non-stressed cobs

CONCLUSION

This research showed that drought stress reduced the germination percentage, germination energy and seedling vigor. The total yield production per hectare was reduced up to 15%, 40% and 60% when drought stress was imposed at vegetative flowering and grain formation stage respectively. NT7228 and SW4452 showed high drought adaptable while NT6248 showed drought susceptible or vulnerability.

ACKNOWLEDGEMENTS

I need to offer my acknowledge to Thailand International Cooperation Agency (TICA) for provision of financial support for my study.

Lastly, i would like to give my sincere appreciation to my research advisor, Assist Prof. Pitipong Thobunluepop, Dr. Agri.Sci and Assoc.Prof. Ed sorobol, Ph.D. and all seed technology and renewable energy members, for their strong corporation and valuable advice during my research

REFRENCES

Anjum, S.A., X.-y. Xie, L.-c. Wang, M.F. Saleem, C. Man and W. Lei. 2011. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. **African Journal of Agricultural Research**. 6(9): 2026-2032.

Bakht, J. 2010. Effect of Various Priming Sources on Yield and Yield Components of Maize Cultivars. **Pak J. Bot**. 42(6): 4123-4131.

Barker, T., H. Campos, M. Cooper, D. Dolan, G. Edmeades, J. Habben, J. Schussler, D. Wright and C. Zinselmeier. 2005. Improving Drought Tolerance in Maize. **Plant Breeding Reviews. 25(173-253.**

Boyer, J. and M. Westgate. 2004. Grain Yields with Limited Water. **Journal of experimental Botany**. 55(407): 2385-2394.

Brown, S.B.a.C. 2008. **Field Crop Manual: Maize.**

Edmeades, G., J. Bolanos, A. Elings, J.-M. Ribaut, M. Bänziger and M. Westgate. 2000a. The Role and Regulation of the Anthesis-Silking Interval in Maize. **Physiology and modeling kernel set in maize**. physiologyandmo): 43-73.

Edmeades, G.O., M. Bänziger and J.-M. Ribaut. 2000b. Maize Improvement for Drought-Limited Environments. **Physiological bases for maize improvement. Food Products Press, New York**. 75-111.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. Basra. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management, 153-188. , eds. **Sustainable Agriculture.** Springer.

Golbashy, M., M. Ebrahimi, S.K. Khorasani and R. Choukan. 2010. Evaluation of Drought Tolerance of Some Corn (Zea Mays L.) Hybrids in Iran. **African Journal of Agricultural Research**. 5(19): 2714-2719.

Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **Int J Agric Biol**. 11(1): 100-105.

Ji, X., M. Raveendran, R. Oane, A. Ismail, R. Lafitte, R. Bruskiewich, S. Cheng and J. Bennett. 2005. Tissue-Specific Expression and Drought Responsiveness of Cell-Wall Invertase Genes of Rice at Flowering. **Plant molecular biology**. 59(6): 945-964.

Khodarahmpour, Z. and J. Hamidi. 2011. Evaluation of Drought Tolerance in Different Growth Stages of Maize (Zea Mays L.) Inbred Lines Using Tolerance Indices. **African Journal of Biotechnology**. 10(62): 13482-13490.

Koonjul, P., J. Minhas, C. Nunes, I. Sheoran and H. Saini. 2004. Selective Transcriptional Down-Regulation of Anther Invertases Precedes the Failure of Pollen Development in Water-Stressed Wheat. **Journal of Experimental Botany**. 56(409): 179-190.

Li, H., X. Li, D. Zhang, H. Liu and K. Guan. 2013. Effects of Drought Stress on the Seed Germination and Early Seedling Growth of the Endemic Desert Plant Eremosparton Songoricum (Fabaceae). **EXCLI journal**. 12(89.

Liu, F., C.R. Jensen and M.N. Andersen. 2005. A Review of Drought Adaptation in Crop Plants: Changes in Vegetative and Reproductive Physiology Induced by Aba-Based Chemical Signals. **Australian Journal of Agricultural Research**. 56(11): 1245-1252.

Monneveux, P., C. Sanchez, D. Beck and G. Edmeades. 2006. Drought Tolerance Improvement in Tropical Maize Source Populations. **Crop Science**. 46(1): 180-191.

Oliver, S.N., J.T. Van Dongen, S.C. Alfred, E.A. Mamun, X. Zhao, H.S. Saini, S.F. Fernandes, C.L. Blanchard, B.G. Sutton and P. Geigenberger. 2005. Cold-Induced Repression of the Rice

ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในชุดดินพัทลุง

Effects of Using Chemical Fertilizer Based on Soil Analysis with Organic Fertilizer on Growth and Yield of Sweet Corn in Phatthalung Soil Series

สมพร ดำยศ[1*] เปรมฤดี ดำยศ[1] เมฆา ชาติกุล[1] และจินารัตน์ สายแก้ว[1]

Somporn Domyos[1*], Premrudee Domyos[1], Meka Chartikul[1] and Jinarat Saykawe[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินชุดดินพัทลุง วางแผนการทดลอง RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 5 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (chemical fertilizer based on soil analysis, CFBSA) 2) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปอเทือง 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$CJ_{2,000}$) 3) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$ChM_{2,000}$) 4) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลสุกร 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$PM_{2,000}$) และ 5) ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลโค 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$CM_{2,000}$) ผลการทดลอง พบว่าสิ่งทดลอง CFBSA+$PM_{2,000}$ มีผลทำให้ข้าวโพดหวานมีผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงสุด เฉลี่ย 2,081.1 และ1,493.9 กก/ไร่ ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว ในขณะที่สิ่งทดลองต่าง ๆ นี้ มีผลต่อการเติบโตของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลตอบแทนภายหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยแล้ว พบว่าการใช้สิ่งทดลอง CFBSA+$CJ_{2,000}$ ให้ผลตอบแทนสูงสุด (13,867.2 บาท/ไร่)

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the effects of using chemical fertilizer based on soil analysis with organic fertilizer on growth and yield of sweet corn grown in soil of Phatthalung soil series. A randomized complete block design with 4 replications was used. The treatments were different fertilization regime, namely: 1) chemical fertilizer based on soil analysis (CFBSA), 2) CFBSA+ $CJ_{2,000}$ (*Crotalaria juncia* 2,000 kg dm/rai), 3) CFBSA+$ChM_{2.000}$ (chicken manure 2,000 kg dm/rai), 4) CFBSA+ $PM_{2,,000}$ (pig manure 2,000 kg dm/rai) and 5) CFBSA+ $CM_{2,000}$ (cow manure 2,000 kg dm/rai). The results showed that of the CFBSA+$PM_{2,000}$ which resulted increase in sweet corn yield unhusked and husked (average 2,081.1 and 1,493.9 kg/rai respectively) significantly difference with CFBSA, but growth no significantly among all treatments. Economic return over fertilizer cost in CFBSA+$CJ_{2,000}$ was the greatest (13,867.2 Baht/rai).

Key Words: chemical fertilizer based on soil analysis, organic fertilizer, sweet corn , growth, yield

* Corresponding author; e-mail address: dsomporn@hotmail.com

---

[1] สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้ อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 802500

[1] Southern Vocational Institute of Agriculture, Nakornsrithammarat Province, 80250

คำนำ

จากการสำรวจดินในจังหวัดพัทลุง พบว่าสามารถจำแนกดินออกเป็น 22 กลุ่มชุดดิน มีเนื้อที่ประมาณ 1,775,732 ไร่หรือร้อยละ 82.96 ของเนื้อที่ทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) โดยส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรจะเป็นกลุ่มชุดดินที่ 6 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบในบริเวณที่ราบตะกอนน้ำพา มีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝน เป็นดินลึกที่มีการระบายน้ำเลวหรือค่อนข้างเลว มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีเทาหรือสีเทาปนน้ำตาล ดินล่างเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดงตลอดชั้นดิน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 มีระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง มีระดับอินทรียวัตถุปานกลาง และมีระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันเหมาะสมดีมากสำหรับทำนาหรือหากมีแหล่งน้ำจะปลูกพืชไร่และพืชล้มลุกในช่วงฤดูแล้ง เช่น ข้าวโพดหวาน อ้อย สบปะรด ถั่ว และผัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญในการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวคือดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำและดินค่อนข้างแน่นทึบ จำเป็นจะต้องแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุและใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกันเพื่อเพิ่มผลิตพืชปลูกให้ได้ตามต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีการปลูกพืชไร่พวกข้าวโพดหวานหลังเก็บเกี่ยวข้าวหรือปลูกในฤดูแล้งนั้น กรมพัฒนาที่ดิน (2554) ได้แนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีประสิทธิภาพตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกข้าวโพดในกลุ่มชุดดินที่ 6 โดยให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1.5-2.0 ตัน/ไร่ หว่านทั่วแปลงปลูกแล้วไถคลุกเคล้าหรือไถกลบให้เข้ากับดิน เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก พืชปุ๋ยสดพวกปอเทือง โสนอัฟริกัน ถั่วต่าง ๆ และให้แก้ปัญหาความเป็นกรดของดินโดยใส่ปูนในรูปต่าง ๆ สำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีให้รองพื้นพร้อมปลูกด้วยสูตร 46-0-0 อัตรา 11 กก./ไร่ ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 17 กก./ไร่ และให้แต่งหน้าช่วง 25 วันหลังปลูกด้วยสูตร 46-0-0 อัตรา 11 กก./ไร่ จะมีผลทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดหวานเป็นไปตามที่เกษตรกรต้องการ ซึ่งเป็นการนำเอาสมบัติที่ดีของปุ๋ยทั้งสองนี้มาส่งเสริมและสนับสนุนซึ่งกันและกัน จะเป็นแนวทางที่ดีใช้สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยดูดซับไอออนของธาตุอาหารที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยเคมีแล้วต่อไปจะค่อย ๆ ปลดปล่อยไอออนนี้ให้แก่พืชที่ปลูกใช้เติบโตและให้ผลผลิต (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ดังที่กล่าวนี้จะมีผลทำให้ข้าวโพดที่ปลูกมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (ศิราณี, 2557) อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์ที่เลือกใช้จะต้องมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงเพียงพอกับความต้องการของพืชปลูกด้วย ปุ๋ยอินทรีย์ที่ควรใช้ เช่น มูลสุกร มีไนโตรเจนประมาณ 2.69 % มูลไก่ มีไนโตรเจนประมาณ 2.59 % (อำนาจ, 2553) ปอเทือง มีไนโตรเจนประมาณ 2.53 % เป็นต้น โดยเฉพาะปอเทืองเป็นปุ๋ยอินทรีย์เมื่อได้ไถกลบลงดินแล้วจะค่อย ๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนให้กับพืชที่ปลูกตามหลังได้ยาวนานกว่าปุ๋ยเคมี (สมพร และคณะ, 2550) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดที่น่าสนใจดังที่กล่าวแล้วต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินชุดดินพัทลุง โดยเน้นการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์แบบบูรณาการตามศักยภาพของพื้นที่ที่คำนึงถึงกลุ่มชุดดินและพืชที่ปลูก ซึ่งจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตพืช ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และลดต้นทุนในการผลิต ทั้งนี้เพื่อทำให้มีคุณค่าในการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง จังหวัดพัทลุง เป็นพื้นที่ดินของตำบลควนมะพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง เป็นชุดดินพัทลุง (กลุ่มชุดดินที่ 6) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) โดยมีค่าวิเคราะห์ดิน คือระดับอินทรียวัตถุปานกลาง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง และระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก มีคำแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพด คือปุ๋ยรองพื้นสูตร 46-0-0 อัตรา 11 กก./ไร่ ผสมกับสูตร 0-0-60 อัตรา 17 กก./ไร่ ใส่พร้อมปลูก และปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 อัตรา 11 กก./ไร่ ระยะ 25 วันหลังปลูก และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก อัตรา 1.5-2.0 ตัน/ไร่ ในขั้นตอนเตรียมดิน หรือปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบก่อนปลูกข้าวโพด 15 วัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) (chemical fertilizer based on soil analysis, CFBSA) 2) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปอเทือง (*Crotalaria juncia*) 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$CJ_{2,000}$) 3) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลไก่ (chicken manure) 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$ChM_{2,000}$) 4) ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมุลสุกร (pig manure) 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$PM_{2,000}$) และ 5) ใช้ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับมูลโค(cow manure) 2,000 กก. นน.แห้ง/ไร่ (CFBSA+$CM_{2,000}$) ข้าวโพดหวานที่ใช้ทดลองเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมใช้ปลูก คือข้าวโพดหวานลูกผสมซุปเปอร์โกลด์ เตรียมปุ๋ยอินทรีย์ปอเทืองและปุ๋ยคอกตามกำหนดในแต่ละสิ่งทดลอง เตรียมดินโดยไถพรวนและคลุกเคล้าปุ๋ยอินทรีย์ตามกำหนดในแต่ละสิ่งทดลอง ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่กรมพัฒนาที่ดินแนะนำ ปลูกข้าวโพดหวานวิธีหยอดหลุม ๆ ละ 1 ต้น ระยะระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างต้น 25 ซม. ดูแลรักษาข้าวโพดหวานโดยรดน้ำสม่ำเสมอตลอดช่วงการเจริญเติบโต และป้องกันและกำจัดศัตรูข้าวโพดหวาน โดยใช้มือถอนวัชพืชและตรวจจับทำลายแมลงศัตรูข้าว บันทึกข้อมูลการเติบโตของข้าวโพดหวาน ความสูง (ซม.) ของลำต้นเมื่ออายุ 60 วัน ขนาดความยาว (ซม) ของฝักและความกว้าง (ซม.) ของฝัก ผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและน้ำหนักสดปอกเปลือก (กก./ไร่) และคุณภาพผลผลิตความหวานของเมล็ดข้าวโพด ($^{\circ}$บริกซ์) ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจภายหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) และแปลผลการทดลองโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลผลิตและการเติบโตของข้าวโพดหวาน

ผลผลิตข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ แสดงใน Table 1 โดยสิ่งทดลอง CFBSA+$PM_{2,000}$ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูงสุด 2,081.1 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลอง CFBSA+$ChM_{2,000}$, CFBSA+$CJ_{2,000}$ และCFBSA+$CM_{2,000}$ ที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมา 2,064.3, 2,055.9 และ 2,036.1 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สิ่งทดลอง CFBSA ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด 1,703.1 กก./ไร่ และผลผลิตน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกก็ให้ผลในทำนองเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว

ทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว จะเห็นได้จากผลวิจัยนี้ ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของข้าวโพดหวานอยู่ปริมาณสูง ได้แก่ มูลสุกร มูลไก่ และปอเทือง จะทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอยู่ปริมาณต่ำกว่า ได้แก่ มูลโค ซึ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้นอกจากจะเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นแก่ข้าวโพดหวานแล้ว อาจจะมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มสูงขึ้นและไปส่งผลดีต่อระบบรากข้าวโพดหวาน กล่าวคือทำให้รากดูดธาตุอาหารที่ได้จากการปลดปล่อยของปุ๋ยเคมีที่ใส่ร่วมกันได้เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เหล่านี้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้พืชมีการเติบโตดีและทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (สมพร และคณะ, 2550, Ning *et al.*, 2017)

จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้การเติบโตของข้าวโพดหวาน ความสูงลำต้น ความยาวของฝัก และความกว้างของฝัก รวมทั้งความหวานของเมล็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด แสดงใน Table 2 โดยสิ่งทดลอง CFBSA+$PM_{2,000}$ มีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยการเติบโตดังกล่าวสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ คือเฉลี่ย 141.67 ซม./ต้น, 21.04 ซม/ฝัก, 4.64 ซม/ฝัก และ 16.23 $^{\circ}$ บริกซ์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยนี้ แม้ว่าการเติบโตของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม แต่การใช้ชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ทดลอง คือ มูลสุกร มูลไก่ (อำนาจ, 2553) และปอเทือง (สมพร และคณะ, 2550) ได้มีรายงานว่าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์มูลโค ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การเติบโตของข้าวโพดหวานสูงกว่า เนื่องจากได้ปลดปล่อยให้ไนโตรเจนแก่ข้าวโพดหวานได้สูงกว่า จึงไปส่งผลโดยตรงต่อการเติบโตของข้าวโพดหวานได้สูงกว่า โดยจะถูกนำไปใช้ในระยะการเติบโตทางลำต้นและใบ คือความสูงของลำต้น ซึ่งถือว่าเป็นระยะเริ่มต้นของการที่จะไปส่งเสริมการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดหวานที่สำคัญอื่น ๆ ต่อไป คือความยาวของฝัก และความกว้างของฝัก รวมทั้งความหวานของเมล็ดได้ดี ซึ่ง Hirel *et al.* (2009) ได้รายงานว่าบทบาทของไนโตรเจนที่จะไปส่งผลต่อผลผลิตของธัญพืชนั้น มีจุดวิกฤตที่สำคัญคือช่วงต่อระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบกับช่วงดอกบาน ถ้าหากได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบในช่วง 2 สัปดาห์ก่อนดอกบานจะมีผลทำให้มีขนาดและจำนวนเมล็ดลดลง และภายหลังจากดอกบานแล้วจะมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากลำต้นและใบไปสะสมในเมล็ดต่อไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับ Salimian *et al.* (2014) ที่รายงานว่าไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดไปใช้ก่อนดอกบาน 30 วันจะสัมพันธ์กับการเพิ่มส่วนรองรับผลผลิต (sink yield) ซึ่งหมายถึงขนาดหรือจำนวนเมล็ดมากกว่าช่วงการเจริญเติบโตใด ๆ ทั้งนี้เนื่องจากในระยะดังกล่าวไนโตรเจนที่มีมากพอจะไปเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ เพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสง และสร้างน้ำหนักแห้ง เพื่อนำไปสำรองในเมล็ดได้มากขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นแนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนที่ให้ข้าวโพดหวานจากแหล่งปุ๋ยอินทรีย์ที่มีมากกว่าจะไปสร้างศักยภาพของแหล่งรองรับผลผลิต (potential sink yield) กล่าวคือมีการสร้างองค์ประกอบผลผลิตมากขึ้นดังที่กล่าวแล้ว ดังนั้นจึงทำให้เห็นแนวโน้มศักยภาพของการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์แบบบูรณาการในอนาคตได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวจะให้ได้ผลดีที่ยั่งยืนนั้น มีความจำเป็นต้องใช้ติดต่อกันหลาย ๆ ครั้ง

Table 1 Yield of sweet corn using chemical fertilizer based on soil analysis with organic fertilizer

Treatment	Unhusked (kg/rai)	Husked (kg/rai)
1. CFBSA	1,703.1 [1b]	1,251.5 [1b]
2. CFBSA+$CJ_{2,000}$	2,055.9 [a]	1,481.2 [a]
3. CFBSA+$ChM_{2,000}$	2,064.3 [a]	1,488.1 [a]
4. CFBSA+$PM_{2,000}$	2,081.1 [a]	1,493.9 [a]
5. CFBSA+$CM_{2,000}$	2,036.1 [a]	1,468.4 [a]
F-test	*	*
C.V.(%)	16.74	14.95

[1] In a column, data with the same letters do not differ significantly by $DMRT_{0.05}$

Table 2 Growth and sweetness of sweet corn using chemical fertilizer based on soil analysis with organic fertilizer

Treatment	Height (cm/pt)	Ear length (cm/ear)	Ear diameter (cm/ear)	Sweetness (° Brix)
1. CFBSA	135.75	19.22	4.41	16.07
2. CFBSA+$CJ_{2,000}$	138.42	20.25	4.53	16.07
3. CFBSA+$ChM_{2,000}$	139.50	20.42	4.57	16.23
4. CFBSA+$PM_{2,000}$	141.67	21.04	4.64	16.23
5. CFBSA+$CM_{2,000}$	136.25	20.14	4.50	16.07
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	15.41	16.68	10.78	12.55

2. ต้นทุนค่าปุ๋ยและรายได้ภายหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย

จากการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รายได้ก่อนและหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย (Table 3) พบว่าการใช้สิ่งทดลอง CFBSA+$PM_{2,000}$ และCFBSA+$ChM_{2,000}$ มีต้นทุนค่าปุ๋ยสูงสุด (4,580 บาท/ไร่) ในขณะที่การใช้สิ่งทดลอง CFBSA+$CJ_{2,000}$ ให้ผลตอบแทนภายหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยแล้วสูงสุด เท่ากับ 13,867.2 บาท/ไร่ ดังนั้น แม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวานได้สูงขึ้นก็ตาม แต่ต้องคำนึงถึงต้นทุนค่าปุ๋ยที่สูงขึ้นตามอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยอินทรีย์ที่มีราคาสูง เช่น มูลไก่ และมูลสุกร ดังนั้น จึงควรพิจารณาเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่มีราคาต่ำกว่า หรือพิจารณาเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดที่ปลูกได้เองในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวาน เช่น การใช้ปอเทือง เป็นต้น ได้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานจึงควรพิจารณาเลือกใช้ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ โดยการพิจารณาถึงแหล่งของชนิดปุ๋ยอินทรีย์และราคาของชนิดปุ๋ยอินทรีย์เหล่านั้นประกอบร่วมกัน

Table 3 Production cost and economic returns when using chemical fertilizer based on soil analysis with organic fertilizer

Treatment	Fertilizer cost (Baht/rai)	Income (Baht/rai)	Income after correcting fertilizer cost (Baht/rai)
1. CFBSA	580	13,624.8	13,044.8
2. CFBSA+$CJ_{2,000}$	2,580	16,447.2	13,867.2
3. CFBSA+$ChM_{2,000}$	4,580	16,514.4	11,934.4
4. CFBSA+$PM_{2,000}$	4,580	16,648.8	12,068.8
5. CFBSA+$CM_{2,000}$	2,580	16,288.8	13,708.8

Provided: Fertilizer 46-0-0 = 14 Baht/kg, Fertilizer 0-0-60 = 16 Baht/kg, CJ = 1 Baht/kg, ChM = 2 Baht/kg, PM = 2 Baht/kg, CM = 1 Baht/kg and unhusked price = 8 Baht/kg

สรุป

จากการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในชุดดินพัทลุง สรุปได้ว่าการใช้สิ่งทดลอง CFBSA+$PM_{2,000}$ มีผลทำให้ข้าวโพดหวานมีค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกและปอกเปลือกสูงสุด อย่างไรก็ตามถ้าหากพิจาณาถึงผลตอบแทนภายหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยแล้วพบว่าการใช้สิ่งทดลอง CFBSA+$CJ_{2,000}$ ให้ผลตอบแทนสูงสุด ดังนั้นจากการผลทดลองครั้งนี้ จึงมีข้อเสนอแนะให้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดปุ๋ยพืชสดปอเทือง เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินพัทลุงนี้ หรืออาจจะใช้ชนิดปุ๋ยพืชสดอื่นที่มีศักยภาพใกล้เคียงกันตามบริบทของแต่ละพื้นที่ เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า โสนอัฟริกัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามควรจะมีการทดลองซ้ำในสภาพไร่นาจริงอีกครั้งหนึ่งเพื่อยืนยันผลการทดลองนี้ ก่อนจะนำไปใช้ในทางปฏิบัติเพื่อปลูกข้าวโพดหวานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้ที่ส่งเสริมการวิจัย และขอขอบคุณวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุงที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **รายงานสำรวจดินเพื่อการเกษตรจังหวัดพัทลุง.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **คู่มือคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีประสิทธิภาพตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจรายตำบล ระจำปีการเพาะปลูก 2554-2556 อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษย์ วงศ์มณีโรจน์ และเชาวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิราณี วงศ์กระจ่าง. 2557. **ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในชุดดินบ้านทอน.** ว. แก่นเกษตร 42 (พิเศษ) 2 : 359-362.

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฎุพจน์. 2550. ผลผลิตมวลชีวภาพและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดบางชนิด, น. 432-350. *ใน* **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2553. **ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Hirel, B., J. L. Gouis, B. Ney and A. Gallis. 2009. **The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plant: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within intergrated approaches.** Available Source: http://WWW.jxb.oxordjournals.org/content/full/erm097v1.2016. , December 10, 2016

Ning, C. C., P. D. Gao, B. G. Wang, W. P. Lin, N. H. Jiang and K. Z. Cai. 2017. Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. **Journal of Integrative Agriculture** 16: 1819-1831.

Salimian, M., M. Naderidarbaghshahi and F. Fanoodi. 2014. Source-sink relationship in corn at the combination application of chemical and bio phosphorus fertilizer. **Indian Journal of Fundamental and Applied life Sciences** 4: 1036-1042.

สาขาพืช

Subject: Plants

ภาคโปสเตอร์

Poster Presentation

ผลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีและความเข้มข้นของไซโตไคนินต่อการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องในขวดแก้ว

Effects of LED Light Intensity and Cytokinin Concentration on *In Vitro* Growth of 'Mali-Ong' Banana

<u>ธัญญ์วนิช ธัญสิริวรรธน์</u>[1*] วุฒิชัย ปัญญะ[1] พงษ์อนันต์ ผิวผ่อง[1] ประภาษ กาวิชา[1] ภิญญารัตน์ กงประโคน[1]
ณธกร ทัศนัส[2] และ ประภากรณ์ แสงวิจิตร[2]

<u>Thanwanit Thanyasiriwat</u>[1*], Wudthichai Panya[1], Ponganan Phiwphong[1], Praphat Kawicha[1],
Phinyarat Kongprakhon[1], Natakorn Thasnas[2] and Prapagon Sangwijit[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีที่ 42, 64, 92 หรือ 163 μmol/s/m^2 เปรียบเทียบกับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้ม 55 μmol/s/m^2 ร่วมกับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 6-benzyladenine (BA) ที่ 0, 1, 3 หรือ 5 มก./ล. ซึ่งเติมในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องที่เลี้ยงในขวดแก้ว พบว่าแสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้ม 42 μmol/s/m^2 ทำให้กล้วยมีความยาวยอดมากที่สุด ส่วน BA เข้มข้น 1 และ 3 มก./ล. ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของยอดกล้วยได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติม BA นอกจากนี้ เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 1 และ 3 มก./ล. ภายใต้ความเข้มแสง 163 μmol/s/m^2 จากหลอดแอลอีดีช่วยส่งเสริมให้น้ำหนักแห้งของยอดกล้วยเพิ่มสูงขึ้น และน้ำหนักสดของยอดกล้วยที่เพิ่มมากขึ้นเกิดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 3 มก./ล. และให้แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้ม 42 μmol/s/m^2

ABSTRACT

Effects of Red/Blue/White LED light intensity of 42, 64, 92 or 163 μmol/s/m^2 on the *in vitro* banana using BA concentration of 0, 1, 3 and 5 mg/l was conducted and the growth was compared with the explant grown under fluorescent light. The results showed that the LED light intensity of 42 μmol/s/m^2 promoted highest shoot length of banana. In addition, BA concentration of 1 and 3 mg/l increased the shoot dry weight of banana compared to the MS basal media. Moreover, the interaction between BA concentration of 1 and 3 mg/l and LED light intensity of 163 μmol/s/m^2 was affected to increasing the shoot dry weight. The banana cultured on MS medium supplemented with 3 mg/l of BA and subjected to LED light intensity of 42 μmol/s/m^2 showed the increase in shoot fresh weight.

Key Words: LED, BA, banana, *In vitro*

* Corresponding author; e-mail address: thanwanit.t@ku.th

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

[1] Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

[2] คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

[2] Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

คำนำ

กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง (*Musa sapientum* cv. Mali-Ong) เป็นกล้วยพันธุ์โบราณที่นิยมปลูก เหมาะสำหรับแปรรูปเป็นกล้วยตาก เนื่องจากส่วนเนื้อในสุกเป็นสีส้ม ไส้มีขนาดเล็ก เหนียวนุ่ม รสชาติหวานจัด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Vatanasuchart *et al.*, 2015) การปลูกกล้วยได้รับความนิยมอย่างมาก ความต้องการต้นพันธุ์กล้วยมีแนวโน้มขยายตัวอย่างรวดเร็ว แต่การขยายพันธุ์โดยการแยกหน่อเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นการขยายพันธุ์โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากหน่อจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้ได้จำนวนต้นมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้น ต้นกล้ามีความแข็งแรง ขนาดต้นสม่ำเสมอ และมีลักษณะตรงตามพันธุ์ (รงรอง และ มณฑา, 2560) อย่างไรก็ตาม การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างที่ช่วยส่งเสริมให้การขยายปริมาณต้นพืชให้มากขึ้น เช่น ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต คุณภาพและปริมาณของแสง ระยะเวลาการให้แสง และอุณหภูมิในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น (Waman *et al.*, 2016) ปัจจัยแสงมีความสำคัญสำหรับพืชเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยแหล่งกำเนิดแสงเทียมที่นิยมใช้เพื่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดแอลอีดี (Light Emitting Diodes) (Bula *et al.*, 1991) หลอดแอลอีดีเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ไม่เกิดสภาวะร้อน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชได้ (อมรรัตน์, 2549) Nhut *et al.* (2002) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วย *Musa paradisica* cv.Nam Dinh ในระบบที่มีและไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้มข้น 3,000 µmol/mol ร่วมกับการให้แสงจากหลอดแอลอีดีที่มีความเข้มแสง 45 µmol/m^2/s เปรียบเทียบกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 30 วัน พบว่าหลอดแอลอีดีที่มีแสงสีแดง 80% กับสีน้ำเงิน 20% ทำให้น้ำหนักสดของยอดและรากกล้วยเพิ่มมากที่สุด ในทำนองเดียวกัน เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยสายพันธุ์ Nam Dinh ในระบบ “Culture Pack”-rockwool system ที่มีความเข้มข้นของ CO_2 3,000 µmol/mol ร่วมกับการให้แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสงต่างๆ ได้แก่ 45, 60 หรือ 75 µmol/m^2/s เปรียบเทียบกับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และแสงแอลอีดีสีแดง (80%) และสีน้ำเงิน (20%) ที่ความเข้ม 45 µmol/m^2/s พบว่าแสงแอลอีดีที่ความเข้ม 60 µmol/m^2/s และแสงแอลอีดีผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงิน ช่วยให้กล้วยมีน้ำหนักสดของยอดและรากมากที่สุด (Nhut *et al.*, 2003) สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และเพิ่มปริมาณยอดและราก โดยสารควบคุมการเจริญเติบโต BA มีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดยอดรวมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วย (*Musa* spp.) จำนวน 22 สายพันธุ์ได้สูงกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตไคเนติน และทำให้ได้ต้นใหม่ที่แข็งแรง มีอัตราการรอดชีวิตหลังจากย้ายออกจากหลอดทดลองสูง (Wong, 1986) นิพิจ และ พีระศักดิ์ (2551) พบว่าการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องโดยการชักนำให้เกิดยอดในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 3 มก./ล. มีจำนวนยอดสูงสุด 6.93 ยอด ส่วน Muangkaewngam (2014) ศึกษาผลของ BA ต่อการเกิดยอดรวมและยอดที่สร้างใหม่ของเนื้อเยื่อปลายยอดกล้วยหิน (*Musa sapientum* Lin.) พบว่า BA เข้มข้น 5 มก/ล. ให้อัตราการเกิดยอดรวมและจำนวนยอดสูงสุด 58.35% และ 3.25 ยอด ตามลำดับ นอกจากนี้ Kalimuthu *et al.* (2007) ได้เลี้ยงปลายยอดกล้วยหอมเขียวบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA 3 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.2 มก./ล. สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ 90% และจำนวนยอดเฉลี่ย 3 ยอดต่อชิ้นส่วนพืช อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์กล้วยน้ำว้า

มะลิอ่องด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีเพียงการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ต่อการเพิ่มจำนวนยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องเท่านั้น (นิพิจ และ พีระศักดิ์, 2551) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยทั้งความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีและความเข้มข้นของ BA ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง เพื่อรองรับการผลิตต้นพันธุ์กล้วยให้ได้ปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง

นำหน่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง มาล้าง ตัดแต่ง และฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว ตามวิธีการของ รงรอง (2553) แล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีอุณหภูมิ 25^{0}C และให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 15 ชม. เปลี่ยนอาหารทุก ๆ 1 สัปดาห์ จนกระทั่งชิ้นส่วนหน่อกล้วยไม่มีสีน้ำตาล แล้วย้ายลงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 0, 1, 3 และ 5 มก./ล. นำไปเพาะเลี้ยงบนชั้นที่มีชุดแหล่งกำเนิดแสงจากหลอดแอลอีดี (LED) ที่ความเข้มแสงแตกต่างกันและเปรียบเทียบกับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

ชุดแหล่งกำเนิดแสงและสภาวะการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ติดตั้งชุดระบบให้แสง Keisue LED Grow Lights รุ่น KES-GL-001 (Shenzhen Keisue Technology Co., Ltd.: http://www.keisue.com) ซึ่งประกอบด้วยหลอดแอลอีดีสีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว (R/B/W) สัดส่วน 4:1:1 โดยมีความยาวคลื่น (main wavelength) 380-780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงแสงที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และสร้างชั้นวางให้มีระดับแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 50, 40, 30 และ 20 ซม. ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งให้ความเข้มแสงที่ระดับจากพื้นชั้นวางขวดแก้ว เท่ากับ 42, 64, 92 และ 163 μmol/s/m^2 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (PHILIPS Lifemax TLD 36W/865 Cool Daylight) ที่ให้ความเข้มแสง 55 μmol/s/m^2 (Figure 1)

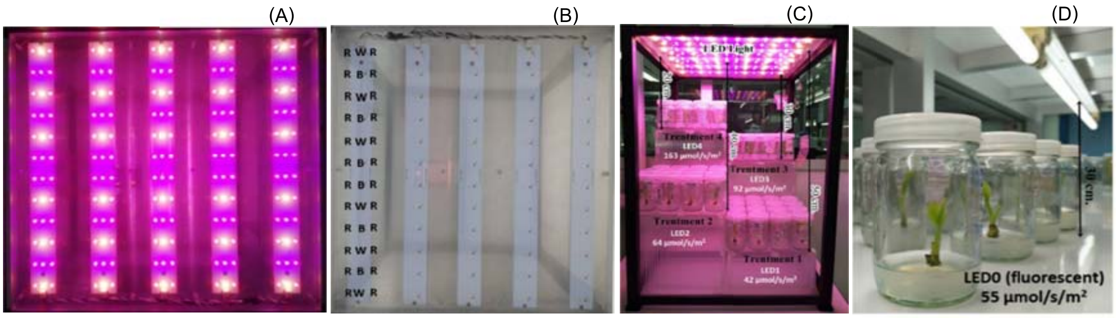


Figure 1 LED light system used for banana tissue culture comprising the arrangement of LED light including red (R), blue (B) and white (W) colors when the system is switched on (A) and off (B), and LED treatment with intensity of 42, 64, 92 and 163 μmol/s/m^2 LED light based on the distance between LED light source and the surface of tissue culture shelf (C).The LED treatment was compared to the fluorescent light with 55 μmol/s/m^2 of intensity (D).

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ 4 × 5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (factorial in completely randomized design) จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 1 ยอด หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกข้อมูล ความยาวของยอด น้ำหนักสดของยอด และน้ำหนักแห้งของยอด วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือระดับนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ผลการทดลอง

ความยาวของยอดกล้วย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยมะลิอ่องบนสูตรอาหาร MS ที่เติม BA อัตรา 0, 1, 3 และ 5 มก./ล. ภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25^{0}C ภายใต้ความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดี 4 ระดับ เปรียบเทียบกับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากล้วยน้ำว้ามะลิอ่องที่เลี้ยงภายใต้แสงแอลอีดีที่ความเข้มแสงต่างกัน มีความยาวยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยแสงแอลอีดีที่ความเข้ม 42 µmol/s/m^2 (LED1) ทำให้ยอดกล้วยยาวเฉลี่ยมากที่สุดคือ 7.73 ซม. (Figure 2A) เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสารควบคุมการเจริญเติบโต BA พบว่าความยาวยอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเลี้ยงกล้วยในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่มี BA ความเข้มข้นต่างกัน โดยอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติม BA ให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.82 ซม. (Figure 2B) ผลการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมสาร BA ร่วมกับการให้แสงจากหลอดแอลอีดีมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่ความเข้มแสงและปริมาณสาร BA ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความยาวยอดกล้วยมีแนวโน้มลดลง จะเห็นได้จากการเติม BA ลงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ความเข้มข้น 5 มก./ล. (BA5) และเลี้ยงกล้วยในสภาพให้แสงแอลอีดี 163 µmol/s/m^2 (LED4) ทำให้ความยาวยอดน้อยที่สุด (Figure 2C)

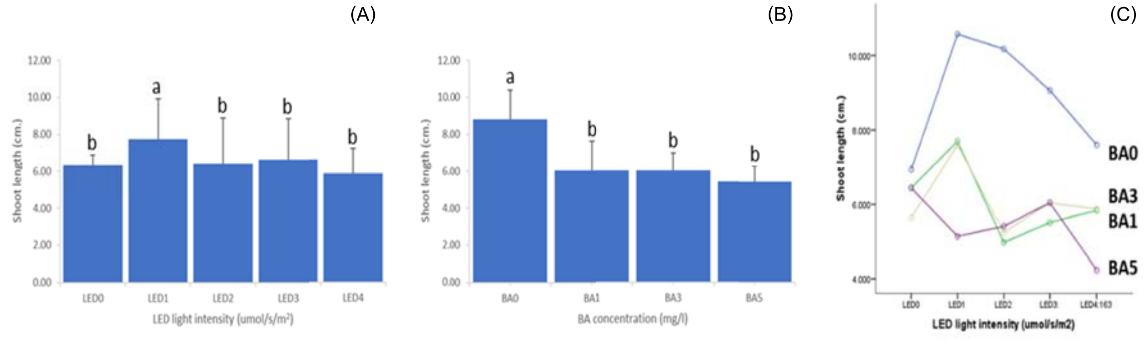


Figure 2 Effects of LED light (A), BA concentration (B) and interaction of two factors (C) on banana shoot length. (Mean±SD followed by the same letter on each bar are not significantly different at P<0.05, according to DMRT).

น้ำหนักสดของยอดกล้วย

การชั่งน้ำหนักสดของยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องที่เพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA และเลี้ยงภายใต้แสงแอลอีดีและฟลูออเรสเซนต์ พบว่าน้ำหนักสดของยอดกล้วยที่ได้รับแสงแอลอีดีที่ความเข้มแสง 42 (LED1) และ 163 µmol/s/m^2 (LED4) มีน้ำหนักสดของยอดเฉลี่ย 0.62 กรัม ซึ่งมากกว่ากล้วยที่เลี้ยงภายใต้แสงสี

ขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) (Figure 3A) ส่วนน้ำหนักสดของยอดกล้วยที่เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมและไม่เติม BA มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือประมาณ 0.57 กรัม (Figure 3B) เมื่อวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัยร่วมกัน พบว่า ความเข้มแสงและความเข้มข้นของ BA มีผลต่อน้ำหนักสดของยอดกล้วย ซึ่งเมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA 3 มก./ล. (BA3) ร่วมกับการให้แสงแอลอีดี 42 μmol/s/m^2 (LED1) ช่วยกระตุ้นให้กล้วยมีน้ำหนักสดมากขึ้น (Figure 3C)

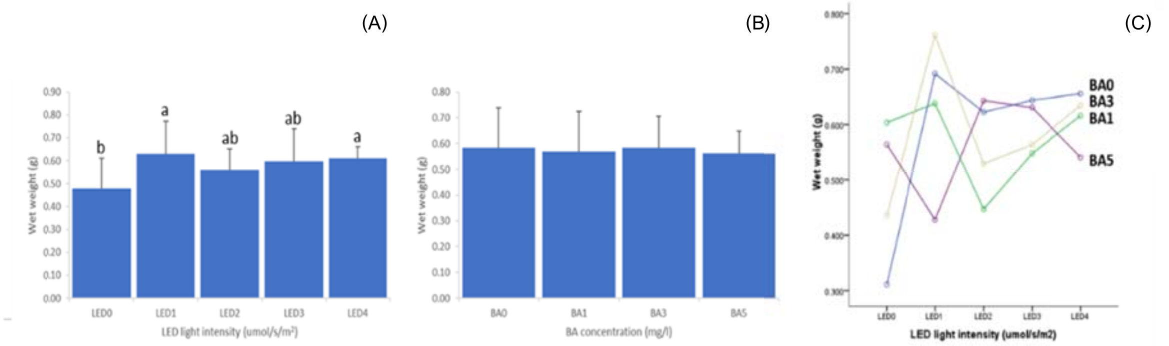


Figure 3 Effects of LED light (A), BA concentration (B) and interaction of two factors (C) on banana shoot fresh weight. (Mean±SD followed by the same letter on each bar are not significantly different at P<0.05, according to DMRT).

น้ำหนักแห้งของยอดกล้วย

ความเข้มข้นแสงแอลอีดีมีผลต่อการเจริญเติบโตของยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง โดยที่ความเข้มแสง 92 (LED3) และ 163 μmol/s/m^2 (LED4) จากหลอดแอลอีดีช่วยกระตุ้นให้ยอดกล้วยมีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากกว่าเมื่อเลี้ยงภายใต้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) (Figure 4A) ส่วนกล้วยที่เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA อัตรา 1 (BA1) และ 3 (BA3) มก./ล. มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นต่างจากกล้วยที่เลี้ยงในอาหารที่ไม่เติม BA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) (Figure 4B) จะเห็นว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีผลร่วมกันทำให้น้ำหนักแห้งของยอดกล้วยเพิ่มขึ้น เมื่อเติม BA ความเข้มข้น 1 (BA1) และ 3 (BA3) มก./ล. ในอาหาร และเลี้ยงในสภาพที่ได้รับแสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสง 163 μmol/s/m^2 (LED4) แต่น้ำหนักแห้งของยอดกล้วยจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ BA เป็น 5 (BA5) มก./ล. ในอาหารและเลี้ยงในสภาพที่ได้รับแสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้ม 163 μmol/s/m^2 (LED4) (Figure 4C)

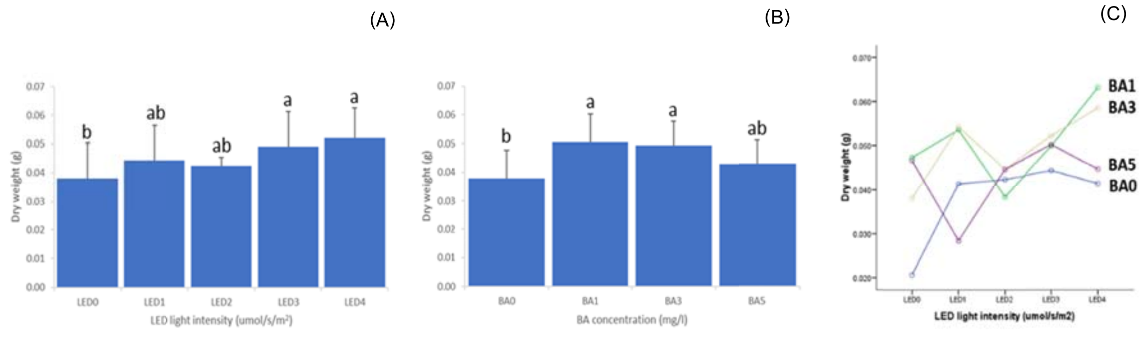


Figure 4 Effects of LED light (A), BA concentration (B) and interaction of two factors (C) on banana shoot dry weight. (Mean±SD followed by the same letter on each bar are not significantly different at P<0.05, according to DMRT).

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดีที่ประกอบด้วยแสงสีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว สัดส่วน 4:1:1 สามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องให้มีความยาวยอด น้ำหนักสดของยอด และน้ำหนักแห้งของยอดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเยื่อกล้วยที่ได้รับแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนความเข้มข้นของ BA ในอัตรา 1 และ 3 มก./ล. ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของยอดกล้วยได้ดี เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nhut *et al*. (2003) พบว่าแสงแอลอีดีที่ความเข้ม 60 µmol/m^2/s และแสงแอลอีดีผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินช่วยให้กล้วยสายพันธุ์ Nam Dinh มีน้ำหนักสดของยอดและรากมากที่สุด นอกจากนี้ Waman *et al*. (2016) ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปลายยอดกล้วยสายพันธุ์ Nanjanagud Rasabale (*Musa*, AAB) บนอาหารที่เติมและไม่เติมไซโตไคนิน ร่วมกับให้แสงสีน้ำเงิน สีแดง สีเขียว และสีขาว โดยมีความยาวคลื่น 450, 580, 625 และ 380–700 นาโนเมตร ตามลำดับ พบว่าแสงสีน้ำเงินและไซโตไคนินสามารถกระตุ้นให้ยอดกล้วยมีความยาวมากที่สุด จากรายงาน พบว่าแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การยืดยาวของลำต้นหรือยอด การควบคุมการปิดเปิดปากใบ การเคลื่อนที่ของน้ำและก๊าซ และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Waman *et al*., 2016) นอกจากนี้ การรวมแสงสีแดงและสีน้ำเงินมีผลต่อการเจริญเติบโตของใบและการยืดยาวของลำต้นด้วย (Kwon *et al*., 2015) และการทดลองนี้ยังพบว่า ความยาวยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงในสภาพการให้แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้มแสงต่ำสุด แต่ความยาวยอดได้ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มแสงขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าพืชที่ได้รับความเข้มแสงต่ำจะส่งผลให้เกิดการยืดยาวของข้อและปล้องมากกว่าพืชที่ได้รับแสงที่ความเข้มมากกว่า (Thaperntong *et al*., 2016) และสอดคล้องกับการทดลองของ Azmi *et al*. (2104) ที่ได้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากตายอดของกุหลาบภายใต้การรวมแสงสีแดงกับสีน้ำเงินที่ความเข้ม 70 µmol/m^2/s ในสัดส่วนที่ต่างกันจากหลอดแอลอีดี พบว่าความสูง จำนวนยอด และจำนวนใบของกุหลาบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการให้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ การที่พืชยืดยาวเกิดจากการทำงานร่วมกันของตัวรับแสงสีน้ำเงินกับสีแดง (blue/red light receptors) และที่มีความเฉพาะในการรับแสงของไฟโตโครม (phytochrome) (Miyashita *et al*., 1997) อย่างไรก็ตาม ความเข้มแสงและปริมาณ BA ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความยาวยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากในเนื้อเยื่อมีไซโตไคนินอยู่แล้ว การเพิ่มจากภายนอกเข้าไปจะทำให้ปริมาณไซโตไคนินภายในเนื้อเยื่อสูงเกินไป จึงมีผลกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์บางชนิดมากเกินไปจนเกิดอันตรายต่อชิ้นส่วนพืช ส่งผลให้ความยาวยอดและจำนวนข้อลดลงได้ (Mok and Mok 1994) เช่นเดียวกับการทดลองของ วรรัตน์ (2549) ที่เลี้ยงกล้วยไอ้พอนบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA 0, 5, 10, 15 และ 20 ไมโครโมลาร์ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ BA สูงกว่า 15 ไมโครโมลาร์ จำนวนยอดใหม่ได้ลดลง ความเข้มแสงจากหลอดแอลอีดี และ BA มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Bello-Bello *et al*. (2016) ที่รายงานว่า น้ำหนักสดของวานิลลาเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงตาข้างในอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BAP 9.55 ไมโครโมลาร์ และได้รับแสงสีแดงและสีน้ำเงิน (1:1) จากหลอดแอลอีดี นอกจากนี้ Mengxi *et al*. (2011) ได้เพาะเลี้ยงปลายยอดของกล้วยไม้สกุลออนซิเดียมบนอาหารสังเคราะห์สูตร ½ MS ภายใต้แสงจากหลอดแอลอีดี พบว่าแสงสีแดงช่วยเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์ม ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และความยาวของต้นอ่อนกล้วยไม้ ส่วนการรวมแสงสีแดงกับสีน้ำเงิน มีผลทำให้อัตราการขยายพันธุ์ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนกล้วยไม้สูงที่สุด

สรุป

ความเข้มแสงจากหลอดไฟแอลอีดีซึ่งประกอบด้วยแสงสีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว ในสัดส่วน 4:1:1 มีผลต่อการเพิ่มความยาวยอด น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของยอดกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง เมื่อเปรียบเทียบกับแสงสีขาวจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ โดยที่แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้ม 42 µmol/s/m^2 ทำให้กล้วยมีความยาวยอดมากที่สุด ส่วนสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ความเข้มข้น 1 และ 3 มก./ล. ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของยอดกล้วยได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติม BA นอกจากนี้ เมื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 1 และ 3 มก./ล. ภายใต้ความเข้มแสง 163 µmol/s/m^2 จากหลอดแอลอีดี ช่วยส่งเสริมให้น้ำหนักแห้งของยอดกล้วยเพิ่มสูงขึ้น และน้ำหนักสดของยอดกล้วยที่เพิ่มมากขึ้นเกิดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติม BA เข้มข้น 3 มก./ล. และให้แสงจากหลอดแอลอีดีที่ความเข้ม 42 µmol/s/m^2

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

นิพิจ พนิจผล และ พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2551. **การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง**. ว.วิทย์.กษ. 39(3) (พิเศษ): 116-119.

รงรอง หอมหวล และ มณฑา วงศ์มณีโรจน์. 2560. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วย. น. 49-64. *ใน* ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม ผู้รวบรวม. **การปลูกกล้วยจากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

รงรอง หอมหวล. 2553. การขยายพันธุ์กล้วยโดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ น. 10-16. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การผลิตกล้วยหอมทองอินทรีย์เพื่อการส่งออก**. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

วรรัตน์ บุญสนองสุภา. 2549. **การเพิ่มปริมาณยอดและการป้องกันการหลุดร่วงของใบพืชสกุล *Uvaria* บางชนิดในสภาพหลอดทดลอง** น. 289-295. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ วงษ์นอก. 2549. **ผลของไดโอดเปล่งแสงและสูตรอาหารต่อการพัฒนาของกล้วยไม้ฟาแลนนอพซีสในสภาพปลอดเชื้อ**. วิทยานิพนธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azmi, N.S., R. Ahmad and R. Ibrahim. 2014. Effects of red and blue (RB) LED on the *in vitro* growth of *Rosa kordesii* in Multiplication Phase. IPCBEE 79: 20-24.

Bello-Bello, J.J , E. Martínez-Estrada , J. H. Caamal-Velázquez and V. Morales-Ramos. 2016. Effect of LED light quality on in vitro shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). African Journal of Biotechnology 15(8): 272-277.

Bula, R.J., T.W., Morrow, T.W. Tibbitts, D.J. Barta, R.W. Ignatius and T.S. Martin. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. **HortScience** 26: 203-205.

Kalimuthu, K., M. Saravanakumar and R. Senthikumar. 2007. In vitro micropropagation of *Musa sapientum* L. (Cavendish Dwarf). **African Journal of Biotechnology** 6: 1106-1109.

Kwon, A.R., H. Y. Cui, H. Lee, H. Shin, K. S. Kang, S. Y. Park. 2015. Light quality affects shoot regeneration, cell division, and wood formation in elite clones of *Populus euramericana*. **Acta Physiol Plant** 37: 65.

Mengxi, L., X. Zhigang, Y. Yang and F. Yijie. 2011. Effects of different spectral lights on *Oncidium* PLBs induction, proliferation, and plant regeneration. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 106:1–10.

Miyashita, Y., T. Kimura, Y. Kitaya, C. Kubota and T. Kozai. 1997. Effect of red light on the growth and morphology if potato plantlets *in vitro*: using light emitting diodes (LEDs) as a light source for micropropagation. **Acta Horticulturae.** 418: 169-173.

Mok, D. W. S. and M. C. Mok. 1994. **Cytokinins: chemistry, activity and function.** CRC Press, Inc. Florida. pp. 129-137.

Muangkaewngam, A. 2014. Micropropagation of Saba (*Muas sapientum* Lin.) *in vitro* through shoot tip culture. **Songklanakarin Journal of Plant Science** 1(3): 24-27.

Nhut, D.T., L.T.A. Hong, H. Watanabe, M. Goi and M. Tanaka. 2002. Growth of banana plantlets cultured in vitro under red and blue light-emitting diode (LED) irradiation source.**Acta Horticulturae** 575(1): 17-24.

Nhut, D.T., T. Takamura, H. Watanabe and M. Tanaka. 2003. Efficiency of a novel culture system by using light-emitting diode (LED) on *in vitro* and subsequent growth of micropropagated banana plantlets. **Acta Hortic.** 616: 121-127

Thaperntong, P., L. Khurnpoon and K. Saetiew. 2016. Effect of Light from Light Emitting Diode (LED) on petal culture of Chrysanthemum cv. Canter. **Songklanakarin Journal of Plant Science** 3, Suppl. (II): M02/57-62

Vatanasuchart, N., P. Butsuwan and W. Narasri. 2015. Nutritional composition, in vitro starch digestibility and estimated glycemic index of three varieties of ‘Kluai Namwa’ banana (*Musa sapientum* L.) and its products. **Maejo Int. J. Sci. Technol.** 9(02): 265-277

Waman, A.A., P. Bohra, B. N. Sathyanarayana, K. Umesha, B. Gowda and T. H. Ashok. 2015. In Vitro shoot multiplication and root induction in silk banana variety Nanjanagud Rasabale as influenced by monochromatic light spectra. **Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.** 86(3): 577–584.

Wong, W.C. 1986. In vitro propagation of banana (*Musa* spp.): initiation, proliferation and development of shoot tip cultures on defined media. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 6: 159-166.

การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

Evaluation of Alflatoxin B1 in Chilli powder by Near Infrared Spectroscopy

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ[1*] และจารุวรรณ บางแวก[1]

Jarurat Pumprasert[1*] and Charuwan Bangwaek[1]

บทคัดย่อ

การตรวจสอบปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR) พบว่า ที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm ใช้ตัวอย่างพริกป่นจำนวน 85 ตัวอย่าง ในการสร้างสมการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 มีค่าความสัมพันธ์ (R) 0.87 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.40 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) คือ 3.41 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น(Standard Error of Calibration, SEC) 1.68 เมื่อนำสมการที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น จำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ด้วย ELISA พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่น โดยวิธี NIR มีค่าความผิดพลาดคิดเป็น 18% โดยสมการที่ได้จากวิธี NIR สามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20-28.00 ppb

ABSTRACT

Method of Alflatoxin B1 (AFB1) determination in chilli powder was modified by near infrared spectroscopy (NIR) technique. The wave length region 400-2500 nm was used. Eighty five samples of chilli powder were used to create the effective model of AFB1 evaluation. Equation of AFB1 determination in chilli powder had high correlation coefficient (R); 0.87 and low standard error of prediction (SEP); 2.40 which standard deviation (SD) was lower than the Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method; 3.41 and also low standard error of calibration (SEC); 1.68. After that, 20 samples of chilli powder were analyzed AFB1 by NIR technique compared with the laboratory ELISA method and the results of two methods were quite similar in AFB1 content. When the results of two methods showed that both methods were related on the same trend of AFB1 content. The NIR technique model was error 18%. The model from NIR method can predict the amount of AFB1 in chili powder in the range of 15.20-28.00 ppb.

Key Words: chilli powder, Alflatoxin B1, near infrared spectroscopy

*Corresponding author; e-mail address: Jarujoy@hotmail.com

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1]Post-harvest and Product Processing research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900

คำนำ

สารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) คือ สารพิษธรรมชาติที่สร้างจากเชื้อรา เมื่อคนหรือสัตว์ได้รับสารพิษจากเชื้อราเข้าไปแม้ในปริมาณน้อยก็ทำให้เกิดอาการพิษ (mycotoxicosis) ซึ่งไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้โดยการใช้ยา สารพิษจากเชื้อราที่มีการศึกษากันแพร่หลาย คือ แอฟลาทอกซิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่ตับและอวัยวะอื่น ๆ เช่น ไต ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน สร้างจากเชื้อราตระกูล Aspergillus เช่น *A. flavus, A. parasiticus, A. tamari* และ *A. nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืชและพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง พริก มะพร้าว เครื่องเทศ และสมุนไพร (อมรา, 2547) ปริมาณการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในอาหารและผลิตผลทางการเกษตรทำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนเพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค เช่น ประเทศอิตาลีกำหนดค่าการปนเปื้อนที่ 50 ppb ประเทศออสเตรเลียที่ 15 ppb และประเทศไทยกำหนดให้มีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินได้ไม่เกิน 20 μg/kg หรือ 20 ppb ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 (ดวงจันทร์ และวนิดา, 2545) พริกป่นมีการใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลิตผลสด และผลิตผลแห้ง ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ ได้แก่ การทำยา การปรุงแต่งกลิ่นและรสของอาหาร ใช้เป็นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น โดยการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเพราะจะส่งกระทบต่อคุณภาพเมื่อถึงมือผู้บริโภคหรือเมื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูป ในการจำหน่ายในรูปผลิตผลแห้งการเก็บรักษาในระหว่างรอการขนส่งหรือจำหน่ายอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษได้ (พิทยา, 2551) โดยในข้อกำหนดมาตรฐานพริกป่น มผช. 492/2547 การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในพริกป่นต้องไม่เกิน 20 ppb

สำหรับการตรวจสอบสารพิษจากเชื้อรานั้น ชาคริยา (2555) ศึกษาสารพิษแอฟลาทอกซินจากอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดตรังจำนวน 10 ชนิด ตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด ได้แก่ เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ถั่วลิสงแห้ง ถั่วลิสงป่น พริกแห้ง พริกป่น หอม กระเทียมและเครื่องแกง รวม 100 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า การตรวจหาสารพิษแอฟลาทอกซิน บี1 ด้วยวิธี ELISA จากตัวอย่างอาหารทั้งหมด พบว่ามีอาหาร 24 ตัวอย่าง จากถั่วลิสงป่น ถั่วลิสงแห้ง พริกป่น และพริกแห้ง ที่มีปริมาณแอฟลาทอกซิน บี1 อยู่ในช่วง 26.08 – 289.52 ppb ซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ (ไม่เกิน 20 ppb) Hierro *et al.* (2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared Spectroscopy ในการวัดปริมาณสาร แอฟลาทอกซิน บี1, โอคราทอกซิน เอ และ แอฟลาทอกซินรวมทั้งหมด ในผงพริกสีแดงเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2537-2544 กองอาหารได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องเทศ ได้แก่ พริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า (ชนิดที่เป็นเมล็ดพริกแห้งและชนิดป่นละเอียด) พริกไทยป่น กระเทียม (ชนิดสด เจียวกับน้ำมันและชนิดผง) หอมแดง (ชนิดสดและชนิดผง) น้ำจิ้มสะเต๊ะ ซีอิ๊ว และอื่น ๆ ได้แก่ เครื่องแกงสำเร็จรูป น้ำพริกเผา ซอสพริก ซุปสกัด เป็นต้น โดยทั้งหมด 160 ตัวอย่าง ตรวจพบแอฟลาทอกซินปนเปื้อนเพียง 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 6.59-61.28 ppb โดยพบในพริกทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 12.26 - 61.28 ppb พริกป่น 3 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 7.84 12.94 และ 14.40 ppb และกระเทียมชนิดผง 1 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 6.59 ppb ในจำนวนนี้มีเพียงพริกทั้งเมล็ด 3 ตัวอย่างเท่านั้นที่พบเกินมาตรฐาน 20 ppb ที่ประกาศโดยกระทรวงสาธารณสุข ปริมาณที่พบคือ 23.73 30.70 และ 61.28 ppb ส่วนเครื่องเทศชนิดอื่นตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสาร

แอฟลาทอกซิน(ดวงจันทร์ และวนิดา, 2545) สุดารัตน์ และอุษณย์ (2537) ศึกษาการปนเปื้อนของราโดยเฉพาะ *A. flavus* ในเครื่องเทศและสมุนไพร 30 ชนิด พบว่าเครื่องเทศและสมุนไพร 46.7 % พบการปนเปื้อนของรา 5 - 9 ชนิด และ 40 % พบการปนเปื้อนของราต่ำกว่า 5 ชนิด ส่วนอีก 13.3 % ไม่พบการปนเปื้อนของราเลย เครื่องเทศและสมุนไพรดังกล่าว คือ กานพลู เก๋ากี้ ขมิ้นชัน และโป๊ยกั๊ก ราที่แยกได้จากเครื่องเทศและสมุนไพรได้บ่อยที่สุด ได้แก่ *Aspergillus Penicilium* และ *Rhizopus* โดยพบ 56.7 11.7 และ 10.83 % ตามลำดับ สิทธิพร (2549) ได้ทำการตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในกาแฟคั่วที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานครจำนวน 17 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนจำนวน 1 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณ 3.2 µg/kg จารุรัตน์ และจารุวรรณ (2558) ตรวจสอบปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบ โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี NIR พบว่า สมการจากเมล็ดกาแฟดิบที่ไม่ต้องผ่านการบดที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm จำนวน 100 ตัวอย่าง มีค่าความสัมพันธ์ (R) 0.94 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 3.43 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance liquid chramatography (HPLC) 8.27 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (Standard Error of Calibration, SEC) 2.88 เมื่อนำสมการที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ใกล้เคียงกันเมื่อนำผลการประเมินด้วย NIR ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์(R^2) 0.97 ซึ่งพบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันสามารถใช้แทนกันได้ค่อนข้างดี และสามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ โดยวิธี NIR โดยการเติมสารพิษมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่แน่นอนลงไป (spike sample) และนำไปตรวจสอบด้วย NIR เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสมการ พบว่า วิธี NIR สามารถตรวจสารพิษได้ 99.39% ที่ความเข้มข้น 4 ppb 75.79% ที่ความเข้มข้น 10 ppb 85.15% ที่ความเข้มข้น 20 ppb และ 79.92% ที่ความเข้มข้น 30 ppb ซึ่งอยู่ในช่วงค่าคืนกลับที่ยอมรับในระดับการปนเปื้อนของเมล็ดกาแฟดิบ คือ อยู่ในช่วง 65-115% และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลโดย T-TEST ระหว่างวิธี NIR และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ Hall *et al.* (1988) ประยุกต์ใช้ NIRS เพื่อทำนายหาปริมาณสาร theaflavin และความชื้นในชาดำ รวมทั้งนำมาประเมินปริมาณสารอัลคาลอยด์ ปริมาณกรดอิสระ (free amino acid) คาเฟอีน (caffeine) และโพลีฟีนอล (polyphenol) ในชาเขียว (Schulz *et al.*,1999)

วิธีในห้องปฏิบัติการใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน และสิ้นเปลืองสารเคมี เป็นสิ่งที่ยุ่งยาก ทั้งผู้วิเคราะห์ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์สูง และต้องทำลายตัวอย่าง การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปีนั้น เป็นการช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบ วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง NIR จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการสร้างสมการเพื่อการประเมินระหว่างค่า spectra ที่ได้จากการให้แสง Near Infrared ผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำสมการที่ได้มาทำนายค่าของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ต่อไป อีกทั้ง NIR เป็นเครื่องมือที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่สะดวกรวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลายตัวอย่าง

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมตัวอย่างพริกป่นที่สะอาดไม่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซิน บี 1 และนำตัวอย่างพริกป่นที่เตรียมมาทำให้มีการปนเปื้อนปริมาณสารแอฟลาทอกซิน บี 1 ความเข้มข้นต่าง ๆ ในช่วง 15 - 28 ppb โดยการเติมสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 จำนวนไม่ต่ำกว่า 50 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm และส่วนที่ 2 นำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) โดยใช้ชุดทดสอบ DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit และนำสเปกตรัมต้นแบบ (original spectra) ที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์ ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) ต่ำ ค่า Standard Error of Prediction (SEP) ต่ำ และค่า Correlation Coefficient (R) สูง นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า SEP และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ นำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นเปรียบเทียบกับวิธี ELISA เพื่อตรวจสอบความแม่นยำอีกครั้ง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm พบว่า เส้นสเปกตรัมมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างพริกป่นที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษ และมีการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซิน บี1 (Figure 1) จึงมีแนวโน้มเป็นไปได้ว่าสมการที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธี NIR จะสามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้

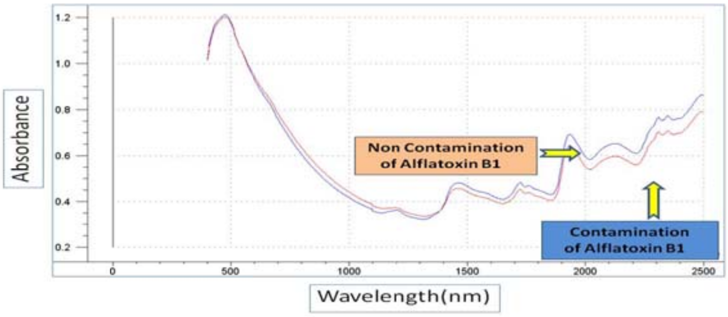


Figure 1 The original spectra of chilli powder and spiked sample by Alflatoxin B1 at the wavelength region of 400 – 2500 nm

จากปี 2559 ทดลองสร้างสมการเบื้องต้นโดยใช้ตัวอย่างพริกป่น ที่รวบรวมจากร้านค้าในจังหวัดต่าง ๆ ที่ช่วงคลื่น 400 - 2500 นาโนเมตร ได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.69 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) 11.34 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (SD) ในห้องปฏิบัติการ คือ 14.86 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (SEC) คือ 10.69 ทดสอบทำนายตัวอย่าง

พริกป่น 20 ตัวอย่าง จากสมการที่ได้และนำผลไปเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการ พบว่าทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันมาก ไม่สามารถใช้แทนกันได้ ดังนั้นต้องทำการปรับปรุงสมการต่อไป

ปี 2560 ปรับปรุงสมการโดยเก็บตัวอย่างพริกป่นเพิ่มขึ้นเป็น 85 ตัวอย่าง ได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) คือ 2.40 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (SEC) คือ 1.68 (Tabel 1) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SD) จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA คือ 3.41 ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการมีค่าต่ำกว่าค่าจากห้องปฏิบัติการ (Figure 2) โดยสมการที่ได้ดีกว่าสมการที่ได้ในปี 2559 โดยสมการสามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20-28.00 ppb มีค่าเฉลี่ย 20.82 ppb (Tabel 2)

Table 1 The statistical analysis of NIR model to predict AFB1 content of chilli powder by the Unscrambler software

Qualities	Wavelength (nm)	R	SEC	SEP	Bias	F	SD
AFB1 content	400 - 2500	0.87	1.68	2.40	0.02	10	2.97

R: Coefficient of correlation, SEC: Standard error of calibration, SEP: Stand error of prediction; Bias: The average difference between actual value and NIRS value, F: The number of factors used in the calibration equation, SD: Standard Deviation

Table 2 The characteristics of samples used in model for AFB1 content of chilli powder

Items	AFB1 content of chilli powder
Min -Max	15.20-28.00
Mean	20.82
SD	3.41
Number	85
Unit	ppb

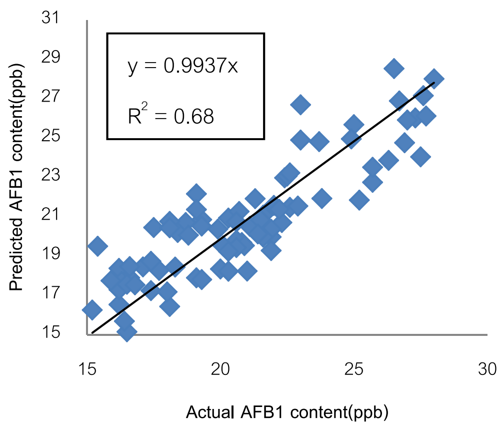


Figure 2 The relationship between actual AFB1 content (ppb) and predicted AFB1 content (ppb) from NIR

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี PLS แบบ full cross validation ค่า Regression coefficient ของปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างสารในตัวอย่างและค่าการดูดซับสารที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ในสมการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นมี 10 ปัจจัย เช่น CH_2 cellulose CONH และ protein ที่ความยาวคลื่น 1395 1780 1920 และ 2180 นาโนเมตร เป็นต้น (Figure 3)

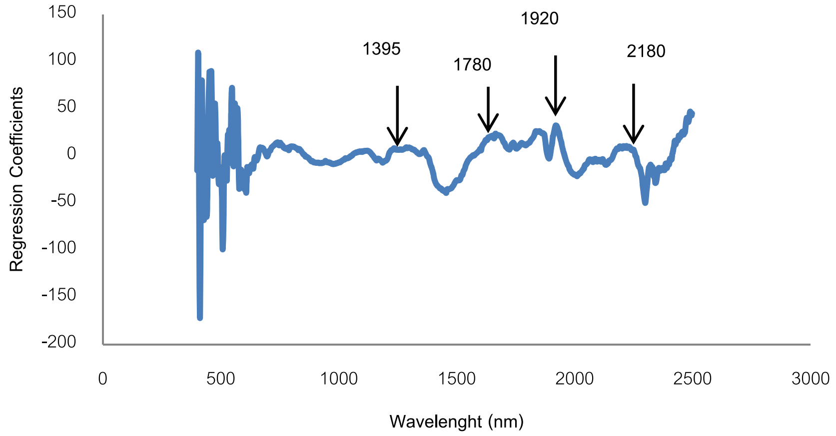


Figure 3 Regression coefficients of 10 factors affecting prediction of AFB1 content (ppb) in NIRS model

นำสมการที่ได้ดังกล่าวไปใช้ทดสอบทำนายตัวอย่างพริกป่นจำนวน 20 ตัวอย่าง และนำผลไปเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่น โดยวิธี NIR มีค่าความผิดพลาดคิดเป็น 18 % (Tabel 3) สมการที่ได้นี้จึงสามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ เช่นเดียวกับ Hierro *et al.* (2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared

Spectroscopy ในการวัดปริมาณสาร แอฟลาทอกซิน บี1, โอคราทอกซิน เอ และ แอฟลาทอกซินรวมทั้งหมด ในผงพริกสีแดงเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า และ จารุรัตน์ และจารุวรรณ (2558) ตรวจสอบปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบ โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี NIR พบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันสามารถใช้แทนกันได้ค่อนข้างดี และสามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

Table 3 Comparison of predicted and actual values when used NIR model to evaluate Alflatoxin B1 in Chilli powder

Samples	Method to determine ochratoxin A		d	d^2
	Reference Method	NIR Prediction	(x-y)	$(x-y)^2$
	X	Y		
1	18.20	23.23	-5.03	25.29
2	22.60	21.48	1.12	1.25
3	22.40	22.98	-0.58	0.34
4	22.50	23.07	-0.57	0.33
5	20.80	19.69	1.11	1.23
6	22.00	21.58	0.42	0.17
7	18.30	18.45	-0.15	0.02
8	18.20	20.60	-2.40	5.77
9	19.30	20.86	-1.56	2.44
10	23.80	21.93	1.87	3.48
11	19.90	20.38	-0.48	0.23
12	18.30	20.44	-2.14	4.56
13	15.40	19.51	-4.11	16.88
14	18.70	20.71	-2.01	4.03
15	21.60	21.09	0.51	0.26
16	21.40	20.66	0.74	0.55
17	20.30	20.94	-0.64	0.41
18	21.90	19.98	1.92	3.70
19	21.30	21.92	-0.62	0.39
20	20.60	19.81	0.79	0.63
Total	**407.50**	**419.31**	**-11.81**	**71.98**
Average	**20.38**	**20.97**	**-0.59**	**3.60**

สรุป

สมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการประเมินสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ โดยใช้ในการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20-28.00 ppb ไม่ต่างจากวิธี ELISA วิธี NIR เป็นวิธีที่ใช้ง่าย สะดวก มีความแม่นยำและใช้เวลาน้อย จึงเหมาะจะเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจตัวอย่างวิเคราะห์เบื้องต้นจำนวนมาก ตัวอย่างใดที่น่าสงสัยหรือสนใจเป็นพิเศษจึงวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีซ้ำ

เอกสารอ้างอิง

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และจารุวรรณ บางแวก. 2558. **การวัดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟโดยเทคนิค** Near Infrared Spectroscopy. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 46(3) : 49-52.

ชาคริยา ฉลาด. 2555. **จุลินทรีย์และสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดตรัง**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 4(2) : 56-69.

ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา ยุรญาติ. 2545. **สารพิษแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศ**. วารสารสุขาภิบาลอาหาร ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 ก.พ.-พ.ค. 45. หน้า 33-37.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. **อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ**. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สิทธิพร ชมพูรัตน์ วราภา มหากาญจนกุล จิราภรณ์ สิริสัณห์ และสุวรรณา กลัดพันธุ์. 2549. **การตรวจสอบโอคราทอกซินเอในกาแฟคั่วที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44.

สุดารัตน์ บุญจันทร์ และอุษณีย์ เพชรสุนีย์. 2537. **การศึกษาการปนเปื้อนของรา และความสามารถในการสร้างสารอะฟลาทอกซิน โดย *Aspergillus flavus* สายพันธุ์ที่แยกได้จากเครื่องเทศและสมุนไพร**. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อมรา ชินภูติ. 2547. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารอฟลาทอกซินในผลิตผลทางการเกษตรอย่างรวดเร็วโดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป** “DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit”. หน้า 1.

Hall, M. N., Robertson, A., and Scotter, C. N. G. 1988. **Near-infrared reflectance prediction of quality, theaflavin content and moisture content of black tea.** Food Chemistry, 27, 61–75.

Hernandez-Hierro, J.M., Garcia-Villanova, R.J., and Gonzalez-Martin, I.. 2008. **Potential of near infrared spectroscopy for the analysis of mycotoxins applied to naturally contaminated red paprika found in the Spanish market.** Sciencedirect (Online). Analytica Chimica Acta, 622 : 189-194.

Schulz, H., Engelhardt, U. H., Wengent, A., Drews, H. H., and S. Lapczynski. 1999. **Application of NIRS to the simultaneous prediction alkaloids and phenolic substance in green tea leaves.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 475: 5064–5067.

ผลของวิธีการเก็บรักษาถั่วเหลืองต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวน

Effects on Storage Managements Affecting on the Isoflavones of Soybean Oil

ภัควิไล ยอดทอง[1*] และ จารุวรรณ บางแวก[1]

Phakwilai Yodthong[1*] and Charuwan Bangweak[1]

บทคัดย่อ

ถั่วเหลือง เป็นพืชที่นิยมนำมาบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ isoflavones, โปรตีน, phytic acid และ phytosterols โดยเฉพาะ isoflavones การทดลองนี้ทำการศึกษา หาสภาพและระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เหมาะสม เพื่อคงปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง โดยทำการศึกษาที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นเวลา 6 เดือน ทุกเดือนนำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มา วิเคราะห์สาร ioflavones ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ ที่ อุณหภูมิ 10 , 25 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสาร Isoflavone และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเมื่อเก็บรักษาเป็น 6 เดือน ปริมาณสารไอโซฟลาโวนจะเพิ่มขึ้นทุกชนิด ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณสารไอโซ ฟลาโวนทุกชนิดจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein ที่จะลดลง

ABSTRACT

Soybean is a popular plant, due to its high nutritional value, and there are many types of vital substances: isoflavones, proteins, phytic acid and phytosterols, especially isoflavones This trial performs the study of the image and the appropriate retention period. In order to maintain the amount of steam in soy beans by studying at Postharvest and Processing Research and Development Division. Plan a Split plot of 4-repeat trial by keeping the soy beans in Chiang Mai 60 for 6 months. Every month bring the soybean grain to analyze the ioflavones compounds at 3-degree storage temperature, which is at temperature 10, 25 °c and room temperature. Found that preservation of soybean grain, length of time and storage temperature affects the amount of isoflavone and storage at room temperature, when maintained as 6 months, the vapour content volume increases all kinds, while collecting at 10 and 25 °c. When kept for 6 months, the resin-type vapour content is increased except for the rigid daidzein.

Key Words : Isoflavones , Chiang Mai 60 , storage

*Corresponding author; e-mail address: phakka@hotmail.com

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1]Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

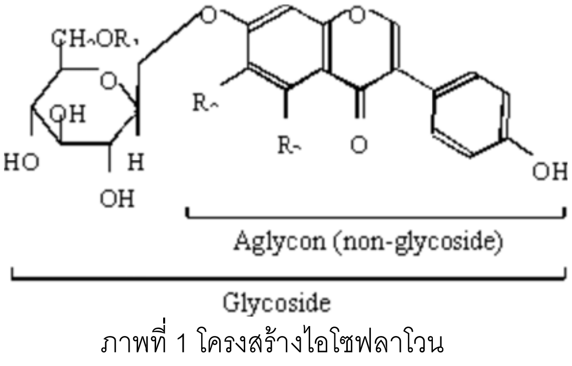
คำนำ

ถั่วเหลือง (Soybean) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max* (L.) *Merrill* เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว การนำมาใช้ประโยชน์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การสกัดน้ำมันเพื่อใช้ปรุงอาหาร พีระศักดิ์ (2542) รายงานว่า ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคเมล็ดและน้ำมัน แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้กากเป็นอาหารสัตว์ ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น สีทาบ้าน ปลาทูน่ากระป๋อง พลาสติก และกาว โดยเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีน (30-50 %) คาร์โบไฮเดรท (12-24 %) และน้ำมัน (13-24 %) ซึ่งเป็นน้ำมันคุณภาพดี สามารถละลายสารคอเลสเตอรอลที่เกาะผนังเส้นเลือดได้ นอกจากนี้มีวิตามินบี ซี อี และเลซิติน รวมอยู่ด้วย ในเมล็ดถั่วเหลืองมีสารพิษบางชนิด ที่ระงับการย่อยของโปรตีน ซึ่งสามารถขจัดให้หมดได้ โดยการนำไปผ่านความร้อน ก่อนนำไปแปรรูป (นิรนาม, 2538)

ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) เป็น สารประกอบฟีนอลิกที่ทำให้เกิดรสขมในถั่วเหลือง (คัคนางค์, 2542) พบมากในถั่วเหลือง เป็นสารจากพืชธรรมชาติที่มีคุณสมบัติคล้ายกับฮอร์โมน estrogen มักเรียกสารเหล่านี้ว่า ‘phytoestrogen’ (Brzezinski et al., 1997) สารในกลุ่มนี้ ที่พบมากคือ genistein และ daidzein ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ ได้แก่ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด กระตุ้นการสร้างและยับยั้งการสลายคอลลาเจน และป้องกันผิวหนังจากการทำลายของรังสี UV ต้านการเกิดริ้วรอย

สายพิน (2546) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของไอโซฟลาโวนและแหล่งของไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ไว้ ดังนี้ ไอโซฟลาโวนหรือ ไฟโตเอสโตรเจน คือ สารเอสโตรเจนธรรมชาติที่ได้มาจากพืชมีโครงสร้างและการออกฤทธิ์ที่คล้ายเอสโตรเจน การที่ได้รับสารอาหารธรรมชาติชนิดนี้ จึงน่าจะมีบทบาทในการรักษาอาการที่เกิดขึ้นในช่วงวัยหมดระดู รวมถึงการปกป้องการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดรวมถึงโรคกระดูก ไฟโตเอสโตรเจนพบในพืช 2 ประเภท Legume: พืชชนิดที่เป็นฝัก เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลันเตา ถั่วลิสง ทองหลาง กระถิน Grasses: พืชจำพวกหญ้า

โดยแหล่งและโครงสร้างของไอโซฟลาโวน จากการศึกษาของ Smith and Circle (1978) พบว่าส่วนที่มีปริมาณไอโซฟลาโวนสูงสุดในถั่วเหลืองคือส่วนที่เรียกว่า เจิร์มถั่วเหลือง (hypocotyl) นอกจากนี้ ไอโซฟลาโวนหรือที่เรียกว่าไฟโตเอสโตรเจนมีโครงสร้างทางเคมีที่ใกล้เคียงกับฮอร์โมนเพศหญิงที่เรียกว่าเอสโตรเจนนั้น มีโครงสร้างดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างไอโซฟลาโวน

ที่มา: Smith and Circle (1978)

แหล่งที่พบไอโซฟลาโวนได้แก่ ในถั่วเขียว ถั่วลันเตา แต่ที่พบอุดมสมบูรณ์ที่สุด คือ ถั่วเหลือง สารหลักที่ได้จากไอโซฟลาโวน คือ จีเนสทีน (genistein) และไดอะซีน (daidzein) ไอโซฟลาโวนจะไม่ละลายในเฮกเซนแต่จะ

ละลายได้ดีในสารละลายน้ำ และละลายได้ในน้ำ มีรสขม ทนร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 แต่การใช้วิธีการสกัดในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันจะยิ่งทำให้ ไอโซฟลาโวนมีปริมาณลดลงจากวัตถุดิบเริ่มต้น (สายพิน, 2546)

Lee และ Cho (2012) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของถั่วเหลืองผิวดำที่เก็บรักษาที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องพบว่า ในถั่วเหลืองผิวดำมีสารไอโซฟลาโวนชนิด genistein มากกว่า daidzein และมากกว่า Glycitein และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 ปี ปริมาณสารจะลดลง

Hou และ Chang (2002) ได้ทำการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองที่เก็บรักษา พบว่า เปอร์เซ็นต์ของ ß-glucoside และ malonylglucosides ใน total Isoflavones ลดลงจาก 99% เหลือ 3% ในระยะเวลา 9 เดือน แต่ในทางตรงกันข้ามสารไอโซฟลาโวนชนิดที่เป็น aglycones เพิ่มขึ้นจาก 1% เป็น 97% ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 57% อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ซึ่งสรุปได้ว่าสารไอโซฟลาโวนในรูปของ glucoside จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่สารไอโซฟลาโวนในรูปของ malonylglucosides มีแนวโน้มลดลง ส่วนการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส สารไอโซฟลาโวนไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างที่เก็บรักษา

ดังนั้นระยะเวลาและสภาพการเก็บรักษาถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวน จึงทำการศึกษาวิธีการเก็บรักษาที่มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง เพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง โดยผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ ได้วิธีการเก็บรักษาถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อคงปริมาณสารไอโซฟลาโวน และสามารถเผยแพร่สู่นักวิชาการ เกษตรกร ผู้ประกอบการ และ ผู้ส่งออก การทดลองนี้มี**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาสภาพการเก็บรักษาถั่วเหลือง ที่เหมาะสมเพื่อคงปริมาณสารไอโซฟลาโวนให้นานที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี main plot คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจำนวน 3 ระดับ คือ 10 , 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (29-31องศาเซลเซียส) และมี sub plot เป็นระยะเวลาในเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ดำเนินการทดลองโดยนำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มาใส่ถุงกระสอบถุงละ 1 กิโลกรัม ทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ ที่ 10 , 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องทุกเดือนนำเมล็ดถั่วเหลืองมาวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวน นำถั่วเหลืองส่วนหนึ่งมาทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร ไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการเก็บรักษา ทำการบันทึกปริมาณสารไอโซฟลาโวนที่ทำการวิเคราะห์ โดยสารไอโซฟลาโวนที่วิเคราะห์มีจำนวน 6 ชนิด คือ Daidzin Glycitin Genistin Daidzein Glycitein และ Genistein ด้วยเครื่องวิเคราะห์ด้วยระบบของเหลวแรงดันสูง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ ที่ 10 , 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ทุกเดือนนำเมล็ดถั่วเหลืองมาวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวน พบว่า

Daidzin

ผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzin พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzin เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzin เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 27.98 , 27.24 และ 27.95 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 36.96 , 43.24 และ 51.44 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 10 , 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ตามลำดับ

Table 1 Daidzin content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	27.98 c	27.24 de	27.95 d	27.72
1	29.56 bc	26.06 e	27.48 d	27.70
2	28.18 c	29.28 cde	27.50 d	28.32
3	32.47 b	30.13 cd	27.24 d	29.95
4	28.62 bc	32.08 bc	34.86 c	31.85
5	32.07 bc	34.62 b	38.96 b	35.22
6	36.96 a	43.24 a	51.44 a	43.88
Mean	30.83	31.81	33.63	32.09

c.v. (Temp.) = 9.5% , c.v. (month) = 7.0% , Mean = 32.09

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Glycitin

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitin พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitin เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitin เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 3.75 , 3.70 และ 3.42 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 4.87 , 5.38 และ 7.20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Table 2 Glycitin content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	3.75 b	3.70 b	3.42 c	3.62
1	1.24 c	0.77 c	0.73 d	0.91
2	3.85 b	3.92 b	3.92 bc	3.89
3	4.85 a	4.52 ab	3.83 c	4.4
4	3.59 b	4.02 b	4.87 b	4.16
5	4.07 ab	4.55 ab	4.43 bc	4.35
6	4.87 a	5.38 a	7.20 a	5.82
Mean	3.75	3.84	4.06	3.88

c.v. (Temp.) = 17.6% , c.v. (Month) = 14.6% , Mean = 3.88

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Genistin

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Genistin พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistin เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistin เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 9.82 9.71 และ 10.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 18.13 18.13 และ 28.04 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ในการเก็บรักษาที่ 10 และ 25 องศาเซลเซียสปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกัน

Table 3 Genistin content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Tempperature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	9.82 c	9.71 c	10.50 c	10.01
1	5.64 e	5.64 e	4.93 e	5.40
2	5.95 e	5.95 e	7.46 d	6.45
3	16.74 a	16.74 a	11.58 c	15.02
4	7.45 d	7.45 d	11.04 c	8.65
5	12.88 b	12.88 b	20.97 a	15.58
6	18.13 a	18.13 a	28.04 a	21.43
Mean	10.94	10.93	13.50	11.79

c.v. (Temp.) = 5.2% , c.v. (Month) = 7.6% , Mean = 11.79

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Daidzein

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein ลดลงจาก 4.87 และ 4.61 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 3.50 และ 3.64ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein เพิ่มขึ้นจาก 4.83 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 6.87 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Table 4 Daidzein content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temprature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	4.87 a	4.61 ab	4.83 c	4.77
1	5.24 a	4.83 a	5.08 c	5.05
2	3.82 b	4.16 bc	4.51 c	4.16
3	4.66 a	4.41 ab	4.48 c	4.52
4	4.66 a	4.84 a	6.29 b	5.26
5	3.03 c	2.80 d	4.91 c	3.58
6	3.50 bc	3.64 c	6.87 a	4.67
Mean	4.25	4.18	5.28	4.57

c.v. (Temp.) = 6.9% , c.v. (Month) = 7.4% , Mean = 4.57

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Glycitein

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitein พบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitein เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Glycitein เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์พบมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 0.24 , 0.24 และ 0.23 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 0.58 , 0.47 และ 0.69 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Table 5 Glycitein content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	0.24 c	0.24 b	0.23 d	0.24
1	0.27 c	0.23 b	0.30 d	0.27
2	0.40 b	0.41 a	0.44 c	0.42
3	0.49 ab	0.46 a	0.44 c	0.46
4	0.47 b	0.39 a	0.63 ab	0.49
5	0.45 b	0.44 a	0.55 bc	0.48
6	0.58 a	0.47 a	0.69 a	0.58
Mean	0.41	0.38	0.47	0.42

c.v. (Temp.) = 15.5% , .c.v (Month) = 15.2% , Mean = 0.42

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Genistein

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิด Genistein พบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistein เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistein ที่วิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistein ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และที่อุณหภูมิห้องปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิด Genistein โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 3.57 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น 7.51 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Table 6 Genistein content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Months	Temperature (°C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	3.50 abc	3.35 a	3.56 de	3.47
1	4.17 a	3.78 a	3.94de	3.96
2	3.07 c	3.23 a	3.42 e	3.24
3	3.89 ab	3.89 a	4.14 d	3.97
4	3.65 abc	3.51 a	5.29 c	4.15
5	3.68 abc	3.59 a	6.67 b	4.65
6	3.23 bc	3.42 a	7.51 a	4.72
Mean	3.60	3.54	4.93	4.02

c.v. (Temp.) = 8.9% , c.v. (Month) = 9.6% , Mean = 4.02

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

เมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเวลานาน สารไอโซฟลาโวนจะเพิ่มขึ้นและจะพบมากในเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิสูง ซึ่งสูงกว่า 25 และ 10 องศาเซลเซียส อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ปฏิกิริยาในส่วนของต้นอ่อนเกิดขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างของสารไอโซฟลาโวนเปลี่ยนเป็นสารชนิดต่าง ๆ ตามโครงสร้างในภาพที่ 1

สรุปผลการทดลอง

การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสาร Isoflavone และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเมื่อเก็บรักษาเป็น 6 เดือน ปริมาณสารไอโซฟลาโวนจะเพิ่มขึ้นทุกชนิด ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณสารไอโซฟลาโวนทุกชนิดจะเพิ่มขึ้น ยกเว้นสารไอโซฟลาโวนชนิด Daidzein ที่จะลดลง

เอกสารอ้างอิง

คัคนางค์ ทองสุก. 2542. **ถั่วเหลืองอาหารสุขภาพ**. วารสารอาหาร 3:212-213.

นิรนาม. 2538. **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 19 เรื่องที่ 2 พืชน้ำมัน : ถั่วเหลือง**. สืบค้นจาก http://kanchanapisek.or.th วันที่ 10 พฤษภาคม 2556

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2542. **พืชเศรษฐกิจ**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 471 หน้า

สายพิณ พงษ์ธา. 2546. **ไฟโตเอสโตรเจน** (Phytoestrogen). ภาควิชาเภสัชกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. แหล่งที่มา: http://www.med.cmu.ac.th

Brzezinski, A., Adlercreutz, H., Shaoul, R., Rösler, A., Shmueli, A., Tanos, V. and Schenker, J.G., 1997, Short-term Effects of Phytoestrogen-rich Diet on Postmenopausal Women. **Menopause** 4: 89-94.

Hou, H.J. and K.C. Chang. 2002. Interconversions of Isoflavones in Soybeans as Affected by Storage. **J of Food Sci**. 67: 2083-2089.

Lee, J. H. and K.M. Cho. 2012. Changes occurring in compositional components of black soybeans maintained at room temperature for different storage periods. **Food Chem**. 131(1): 161-169.

Smith, A. K. and J. Circle. 1978. Soybean : **Chemistry and Technology**. Connecticut : The AVI Publishing Co, Inc., New York.

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น

Study on the controlling of fungi and mycotoxin contamination in grape products

วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย[1*] บุญญาวดี จิระวุฒิ[1] และ รัตตา สุทธยาคม[1]

Weeraporn Dejnumbunchachai[1*], Boonyawadee Chirawut[1] and Ratta Suttayakom[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น จากตัวอย่างลูกเกดสีดำ 15 ตัวอย่าง ลูกเกดสีเหลือง 9 ตัวอย่าง น้ำองุ่น 7 ตัวอย่าง และไวน์ 14 ตัวอย่าง พบว่าลูกเกดสีดำนำเข้าจากต่างประเทศชนิดบรรจุลงกล่องในประเทศไทยและแบบตักแบ่งขาย พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. niger* 100% ทั้งสองแบบ รองลงมาคือ *Eurotium* spp. 60% และ 50% ส่วนลูกเกดสีดำที่ผลิตและบรรจุในต่างประเทศ พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Eurotium* spp. มากที่สุด 50% รองลงมาคือเชื้อรา *A. niger* และ *Penicillium* spp. 25% นอกจากนี้ยังพบเชื้อรา *Rhizopus* spp. ในลูกเกดสีดำที่ตักแบ่งขายตามท้องตลาด แต่ไม่พบในลูกเกดสีดำที่ชนิดบรรจุแบบกล่อง ลูกเกดสีเหลือง น้ำองุ่น และไวน์ ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา เมื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น โดยวิธี Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) พบการปนเปื้อนสารโอคราทอกซิน เอ ในลูกเกดสีดำ ลูกเกดสีเหลือง น้ำองุ่น และไวน์ มีปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.13-23.33, 3.07-9.93, 1.53-4.63 และ 1.87-4.83 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ABSTRACT

Contaminations of fungi and ochratoxin A (OTA) were investigated in 15, 9, 7 and 14 samples of black raisins, golden raisins, grape juice, and wine, respectively. There were two groups of black raisins in this study *viz*. packaged abroad and in Thailand. Black raisins packed in Thailand were highly contaminated with *Aspergillus niger* (100%) and *Eurotium* spp.(60% in packed in boxes and 50% in raisins from sale breakdown).- *Eurotium* spp.(50%) was the major fungi found in black raisins packaged from abroad, followed by *A. niger* and *Penicillium* spp. (25%). Furthermore, *Rhizopus* spp. was found in raisins from sale breakdown but was not found in raisins packaged from abroad. Fungi contamination was not detected in golden raisins, grape juice, and wine in this study. After analyzing OTA by ELISA Test Kit, however, black raisin, golden raisin, grape juice and wine contained OTA at levels of 2.13-23.33, 3.07-9.93, 1.53-4.63 and 1.87-4.83 microgram/kilogram respectively.

Key Words: ochratoxin A, grape products, contaminate

* Corresponding author; e-mail address: tar_doa@yahoo.co.th

---

[1]กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร 10900

[1]Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

คำนำ

สารโอคราทอกซิน เอ เป็นสารพิษจากเชื้อราที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolism) พบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* และต่อมาพบว่าสารพิษนี้สามารถสร้างโดยเชื้อราในสกุล *Aspergillus* หลายชนิด ได้แก่ *A. niger* และ *A. carbonarius* อยู่ใน section *Nigri* ซึ่งเป็นราที่มีสปอร์สีดำ (Varga *et al*., 2003) และ *A. ochraceus, A. sclerotiorum, A. westerdijkiae* และ *A. steynii* อยู่ใน section *Circumdati* ซึ่งเป็นราที่มีสปอร์สีเหลือง (Frisvad *et al*., 2007) และอีกหนึ่งสกุลที่สามารถสร้างสารโอคราทอกซิน เอ คือ *Penicillium* ได้แก่ *P. verrucosum* และ *P. nordicum* ซึ่งพบในประเทศเขตอบอุ่น พบการปนเปื้อนเฉพาะในธัญพืชเท่านั้น (Anli and Alkis, 2010) สารโอคราทอกซินสามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ สารโอคราทอกซิน เอ (OTA) บี (OTB) และ ซี (OTC) โดยสารโอคราทอกซิน เอ มีความเป็นพิษสูงที่สุด และพบการปนเปื้อนในผลิตผลเกษตรมากกว่า ชนิดบี และ ซี สารโอคราทอกซิน เอ ทำให้เกิดความผิดปกติที่ไตและมีการเสื่อมของหลอดเลือดไต (Meca *et al*., 2010) เป็นพิษต่อระบบภูมิคุ้มกัน (immunotoxic) องค์กร International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารโอคราทอกซิน เอ เป็นสารที่อาจก่อมะเร็งได้ในมนุษย์ (IARC, 1993) คณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) กำหนดให้มีระดับการปนเปื้อน สูงสุดของโอคราทอกซิน เอ ในน้ำองุ่น และไวน์ทุกชนิดที่ 2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และในองุ่นแห้งที่ 10 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (Anon, 2005) จากรายงานของสุพี และคณะ (2557) ตรวจผลไม้อบแห้ง 20 ชนิด พบการปนเปื้อนของเชื้อรา 14 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger, A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* spp., *Penicillium* spp. และ *Fusarium* spp. และสารโอคราทอกซิน เอ ปนเปื้อนในผลไม้แห้ง 19 ชนิด มีปริมาณ 0.05-24.1 ppb โดยพบปริมาณสูงสุดในบลูเบอรี่อบแห้ง รองลงมาคือลูกเกดขาว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น

เก็บตัวอย่างลูกเกด (ชนิดบรรจุแบบกล่องและตักแบ่งขาย) น้ำองุ่น และไวน์ จากซุปเปอร์มาร์เก็ตและตลาดทั่วไป รวมทั้งหมด 45 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ลูกเกด 24 ตัวอย่าง (สีดำ 15 ตัวอย่าง สีเหลือง 9 ตัวอย่าง) นำเข้าจากต่างประเทศ แบ่งเป็น 1) บรรจุลงกล่องในประเทศไทย 7 ตัวอย่าง 2) ตักแบ่งขายในตลาด 12 ตัวอย่าง และ 3) ชนิดบรรจุลงกล่องจากต่างประเทศแล้ว 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำๆ ละ 500 -1000 กรัม แล้วแต่ขนาดบรรจุหีบห่อ น้ำองุ่น 7 ตัวอย่าง และไวน์ 14 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำๆ ละ 750 -1000 มิลลิลิตร เพื่อใช้ตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารโอคราทอกซิน เอ

1. การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในลูกเกดด้วยวิธี Direct plate count

สุ่มตัวอย่างลูกเกด ทั้ง 24 ตัวอย่าง จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา potato dextrose agar (PDA) จำนวน 5 เมล็ด/จานเลี้ยงเชื้อ เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ตรวจนับเชื้อราที่ปนเปื้อน (%)

$$\text{การปนเปื้อนเชื้อรา (\%)} = \frac{\text{จำนวนลูกเกดที่ปนเปื้อนเชื้อรา}}{\text{จำนวนลูกเกดทั้งหมด}} \times 100$$

บันทึกลักษณะของเชื้อราและจำแนกชนิดของเชื้อราที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น โดยการดูจากลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological characteritics) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (microscopie characters) และกล้องสเตอริโอ (stereo microscope)

2. การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในน้ำองุ่น และไวน์ ด้วยวิธี Dilution plate count

นำน้ำองุ่น 7 ตัวอย่าง และไวน์ 14 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ มาตรวจการปนเปื้อนด้วยวิธี dilution plate count โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำองุ่นและไวน์เป็นความเข้นข้นเริ่มต้น และนำมาเจือจาง (น้ำองุ่นหรือไวน์ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร) ดูดตัวอย่างจำนวน 100 ไมโครลิตร หยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารด้วยแท่งแก้วรูปตัวแอล (sterile spreader) ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกผลตรวจนับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหาร PDA (โดยนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีขึ้นอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี) นำไปคำนวณหาจำนวนเชื้อที่มีอยู่ในตัวอย่างเป็น CFU/มิลลิลิตร

การคำนวณปริมาณจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (โคโลนี) = $\frac{\text{จำนวนโคโลนีที่ขึ้นใน plate (โคโลนี)}}{\text{ระดับความเจือจาง}}$

ตรวจสอบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น โดยวิธี Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

นำลูกเกด ปริมาณ 25 กรัม เติมสารเมทธานอล (methanol) 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดและผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยจุกยางแล้วนำขวดแก้วไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อัตราความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที ให้ตกตะกอน แล้วนำส่วนที่ใสมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ส่วนที่กรองได้นำไปตรวจสารโอคราทอกซิน เอ ด้วยวิธี ELISA โดยชุดทดสอบสำเร็จรูป Veratox® NEOGEN (USA)

นำน้ำองุ่นและไวน์ ปริมาณ 25 มิลลิลิตร เติมสารเมทธานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ดำเนินวิธีการทดสอบ โดยชุดทดสอบสำเร็จรูป Veratox® NEOGEN (USA) ดังที่กล่าวข้างต้น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น

1. การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในลูกเกดด้วยวิธี Direct plate count

การปนเปื้อนของเชื้อราในลูกเกด (ชนิดบรรจุแบบกล่องและตักแบ่งขาย) ที่วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร จากซุปเปอร์มาร์เก็ตและตลาดทั่วไป จำนวน 24 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นลูกเกดสีดำ 15 ตัวอย่าง และลูกเกดสีเหลือง 9 ตัวอย่าง พบว่า ลูกเกดสีดำนำเข้าจากต่างประเทศแต่นำมาบรรจุลงกล่องในประเทศไทย แบ่งขายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต และ ลูกเกดสีดำนำเข้าจากต่างประเทศตักแบ่งขายตามท้องตลาด พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. niger* 100% ทั้งสองแบบ รองลงมามีการปนเปื้อนเชื้อรา *Eurotium* spp. 60 และ 50% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบเชื้อรา *Rhizopus* spp. ในลูกเกดสีดำที่ตักแบ่งขายตามท้องตลาด แต่ไม่พบในลูกเกดสีดำที่ชนิด

บรรจุแบบกล่อง ส่วนลูกเกดสีดำที่ผลิตและบรรจุในต่างประเทศแบบกล่อง ขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Eurotium* spp. มากที่สุด 50% รองลงมาพบเชื้อรา *A.niger* และ *Penicillium* spp. 25% (Table1) จากการทดลองทำให้ทราบว่าลูกเกดที่นำเข้าจากต่างประเทศแต่นำมาบรรจุลงกล่องในประเทศไทย กับชนิดตักแบ่งขาย พบการปนเปื้อนของเชื้อราสูง อาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนของเชื้อราระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งก่อนที่จะนำมาบรรจุ สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ลูกเกดมีความชื้นเพิ่มขึ้น โดยเชื้อรา *Aspergillus* spp. เจริญเติบโตได้ดี ในอาหารหรือผลิตผลเกษตรที่มีความชื้นประมาณ 10-17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อรา *Penicillium* spp. ต้องการความชื้นประมาณ 16-21 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

ในขณะที่ลูกเกดชนิดสีเหลืองไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา เนื่องจากขั้นตอนการผลิตมีการแช่ลูกเกดในสารละลายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เช่น เกลือซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อช่วยในการรักษาสีของผลไม้อบแห้ง โดยสารกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ จัดเป็นสารกันบูด ที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2560)

2. การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในน้ำองุ่นและไวน์ ด้วยวิธี dilution plate count

จากการตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราในน้ำองุ่นและไวน์ ด้วยวิธี dilution plate count ทุกตัวอย่าง ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลิตภัณฑ์น้ำองุ่นและไวน์ อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีในการผลิตน้ำองุ่นหรือไวน์ เช่น ในขั้นตอนการเก็บรักษาน้ำองุ่น ปกติจะนำน้ำองุ่นมาทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ก่อนแล้วนำไปบรรจุขวดปิดฝาขณะร้อนเพื่อลดความดันในช่องว่างเหนือระดับน้ำองุ่น จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรซ์ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 76-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25-30 วินาที (Linsdell, 1983) หรือในขั้นตอนการบรรจุขวดของไวน์ หลังจากบรรจุขวดแล้วก็จะทำการฆ่าเชื้อหรือป้องกันแบคทีเรีย โดยวิธีใช้ความร้อนอบ หรือผ่านความร้อนประมาณ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำเข้าแช่เย็นทันที เก็บไว้จนได้อุณหภูมิคงที่แล้วจึงนำออกจำหน่ายได้

Table 1 Percentage of fungal contamination on raisins

Kind of products	Type of product*	Location	No of analyzed samples	Contaminated fungi (%)					
				Aspergillus niger	*A. ochraceus*	*A. flavus*	*Eurotium* spp.	*Penicillium* spp.	*Rhizopus* spp.
black raisin	POPT	supermarket	5	100.00	20.00	20.00	60.00	20.00	0.00
black raisin	PPO	supermarket	4	25.00	0.00	0.00	50.00	25.00	0.00
black raisin	POPT	market	6	100.00	16.67	16.67	50.00	50.00	50.00
golden raisin	POPT	market	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
golden raisin	PPO	supermarket	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*POPT = produced in oversea and packed in Thailand

PPO = produced and packed in oversea

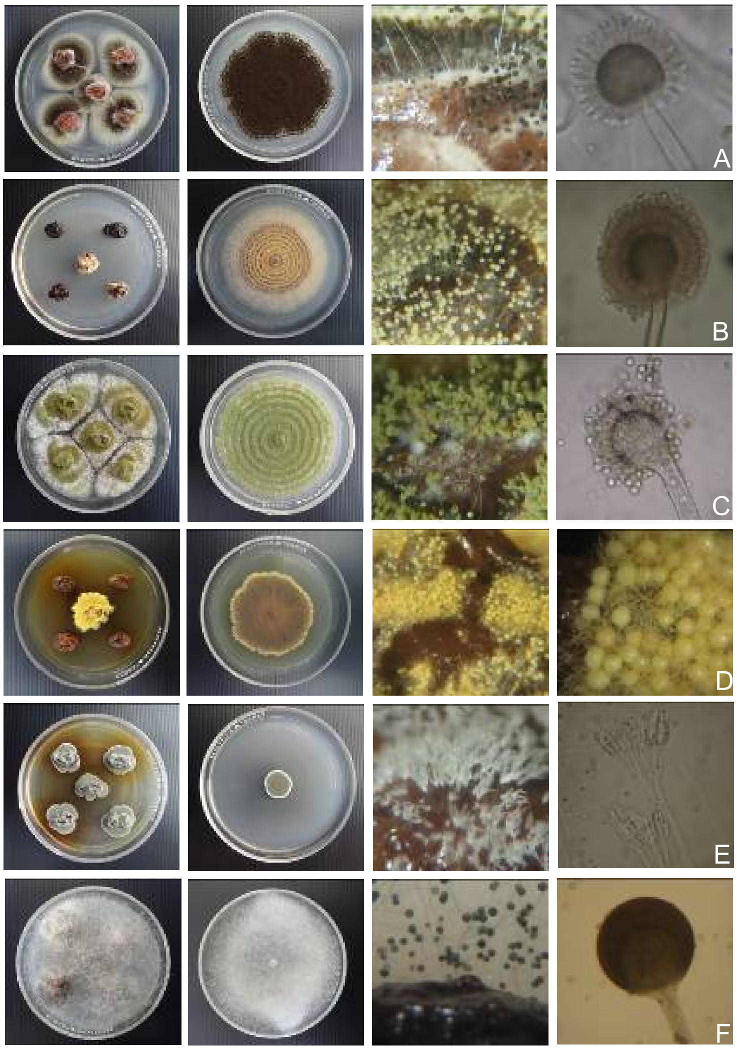


Figure 1 Colonies on PDA and morphological characteristics of contaminated fungi on raisins
A) *Aspergillus niger* B) *Aspergillus ochraceus* C) *Aspergillus flavus*
D) *Eurotium* spp. E) *Penicillium* spp. F) *Rhizopus* spp.

ตรวจสอบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากองุ่น โดยวิธี Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

จากตัวอย่างลูกเกด น้ำองุ่น และ ไวน์ ที่วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร จากซุปเปอร์มาร์เก็ตและตลาดทั่วไป ทั้งหมด 45 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ลูกเกด 24 ตัวอย่าง (ชนิดสีดำและสีเหลือง) น้ำองุ่น 7 ตัวอย่าง และ ไวน์ 14 ตัวอย่าง นำมาตรวจการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ พบว่ามีลูกเกดสีดำ 3 ตัวอย่าง จาก 15 ตัวอย่าง ที่มีค่าโอคราทอกซิน เอ สูงเกินมาตรฐาน 10 ไมโครกรัม/กิโลกรัม คือ ตัวอย่างที่ 7 9 และ 5 มีปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ เฉลี่ยในผลิตผลสูงถึง 23.33 11.83 และ 11.40 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2) จากการทดลองเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่ 7 ไม่พบเชื้อรา แต่มีการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ สูง ดังนั้นการที่ไม่พบเชื้อราปนเปื้อนไม่สามารถบอกได้ว่าจะไม่พบสารพิษที่เชื้อราสร้างขึ้น เนื่องจากสารโอคราทอกซินสามารถทนความร้อนได้สูงสุดถึง 250 องศาเซลเซียส จึงไม่ได้ถูกทำลายในระหว่างกระบวนการผลิต (กรมวิชาการเกษตร,

2560) ดังนั้นปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์กับการเจริญของเชื้อราที่พบ แต่กรณีที่พบเชื้อรา เช่น ตัวอย่างที่ 9 พบการปนเปื้อนของเชื้อราในกลุ่ม *A. niger* 2% และ *Penicillium* spp. 0.67% ตัวอย่างที่ 5 พบการปนเปื้อนของเชื้อราในกลุ่ม *A. niger* 62.33% มีปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ เฉลี่ยในผลิตผลสูงถึง 11.83 และ 11.40 ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพบการปนเปื้อนของเชื้อราในกลุ่ม *A. niger*, และ *Penicillium* spp. มีแนวโน้มที่ผลิตผลชนิดนั้นจะมีการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ จากการรายงานของ JECFA (2001) เชื้อราที่พบว่ามีความสามารถผลิตโอคราทอกซิน เอ ได้แก่ *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus ochraceus* และ *Aspergillus* section *Nigri* คือ *Aspergillus carbonarius* และ *Aspergillus niger*

ลูกเกดสีเหลือง จำนวน 9 ตัวอย่าง ไม่พบตัวอย่างที่มีค่าโอคราทอกซิน เอ สูงเกินมาตรฐาน 10 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ปริมาณของสารโอคราทอกซิน เอ อยู่ระหว่าง 3.07-9.93 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในน้ำองุ่น 7 ตัวอย่าง โดยมีพบตัวอย่างที่มีค่าโอคราทอกซิน เอ สูงเกินมาตรฐาน 2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม อยู่ 4 ตัวอย่าง จาก 7 ตัวอย่าง ปริมาณของสารโอคราทอกซิน เอ อยู่ระหว่าง 1.53-4.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ไวน์ พบตัวอย่างที่มีค่าโอคราทอกซิน เอ สูงเกินมาตรฐาน 2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม อยู่ 12 ตัวอย่าง จาก 14 ตัวอย่าง ปริมาณของสารโอคราทอกซิน เอ อยู่ระหว่าง 1.87-4.83 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา (Table 2) ดังนั้นการปนเปื้อนของเชื้อราจนมีการสร้างสารพิษโอคราทอกซิน เอ น่าจะเกิดตั้งแต่ก่อนกระบวนการผลิต

Table 2 Contaminations of fungi and ochratoxin A in grape product.

Kind of products	Type of product*	Location	No of sample	Contaminated fungi (%)						Average amount of OTA (µg/kg)
				Aspergillus niger	*A. ochraceus*	*A. flavus*	*Eurotium* spp.	*Penicillium* spp.	*Rhizopus* spp.	
black raisin	POPT	SM	1	58.67	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	9.27
			2	85.00	0.00	0.00	2.00	0.67	0.00	7.00
			3	49.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	4.97
			4	54.33	2.67	0.00	0.33	0.00	0.00	9.57
			5	62.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.40
black raisin	PPO	SM	6	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	6.53
			7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.33
			8	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	7.07
			9	2.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	11.83
black raisin	POPT	M	10	8.00	0.00	0.00	0.00	42.33	3.33	5.57
			11	13.33	0.00	0.00	3.00	2.67	0.00	2.63
			12	2.67	0.33	3.00	0.33	0.67	0.00	5.53
			13	30.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	2.13
			14	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	2.27
			15	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3.10

Kind of products	Type of product	Location	No of sample	Contaminated fungi (%)						Average amount of OTA (µg/kg)
				Aspergillus niger	*A. ochraceus*	*A. flavus*	*Eurotium* spp.	*Penicillium* spp.	*Rhizopus* spp.	
golden raisins	POPT	SM	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.13
			17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40
golden raisins	PPO	SM	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.17
golden raisins	POPT	M	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07
			20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70
			21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.07
			22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47
			23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.93
			24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.63
grape juice	PT	SM	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30
			26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17
			27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13
			28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53
			29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80
			30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67
			31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63
wine	PPO	SM	32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17
			33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23
			34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
			35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57
			36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27
			37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63
			38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.57
			39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53
			40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87
wine	PT	M	41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40
			42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.83
			43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27
			44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33
			45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20

* POPT = produced in oversea and packed in Thailand PPO = produced and packed in overse

PT = produced in Thailand SM = supermarket M = market

สรุป

1. ลูกเกดสีดำนำเข้าจากต่างประเทศนำมาบรรจุลงกล่องในประเทศไทย และแบ่งขาย พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. niger* 100% ทั้งสองแบบ รองลงมามีการปนเปื้อนเชื้อรา *Eurotium* spp. 60 และ 50% นอกจากนี้

ยังพบเชื้อรา *Rhizopus* spp. ในลูกเกดสีดำที่ตักแบ่งขายตามตลาด แต่ไม่พบในลูกเกดสีดำชนิดบรรจุแบบกล่อง ส่วนลูกเกดสีดำที่ผลิตและบรรจุในต่างประเทศแบบกล่อง ขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Eurotium* spp. มากที่สุด 50% รองลงมาพบเชื้อรา *A. niger* และ *Penicillium* spp. 25% และลูกเกดชนิดสีเหลือง น้ำองุ่น และไวน์ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา

2. ลูกเกดสีดำ ลูกเกดสีเหลือง น้ำองุ่น และไวน์ มีปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.13-23.33, 3.07-9.93, 1.53-4.63 และ 1.87-4.83 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2560. **สารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร.** โรงพิมพ์เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

สุพี วนศิรากุล, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, อัจฉราพร ศรีจุดานุ, อมรา ชินภูติ. 2555. ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ. **วารสารวิชาการเกษตร** 32(2): 188-200.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2560. **กระบวนการแปรรูปผลไม้** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.arda.or.th/kasetinfo/north/processing/process_fruit_dry.html, 18 กุมภาพันธ์ 2560.

Anli, E., and Alkis, I.M. 2010. Ochratoxin A and brewing technology: A review. **Journal of the Institute of Brewing** 116: 23-32.

Anon. 2005. Commission regulation (EC) no 123/2005 of 26 January 2005. Amending regulation (CE) no 466/2001 as regards ochratoxin A. Journal of the European Union: L25/3-25/5.

Frisvad, J.C., Thrane, U., and Samson, R.A. 2007. Mycotoxin producers. **Food Mycology** 28: 135-159.

IARC. 1993. Monograph on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Some naturally occurring substance: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines, and mycotoxins. **Internatonal Agency for Research on Cancer** 56: 489.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2001. Safety Evaluation of Certain Mycotoxins in Food. Available Source: http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je01.htm, November 25, 2004.

Linsdell, R.H.1983. Long life fruit juices and fruit drinks. **Food Technology in Australia** 35: 180-182.

Meca, G., Blaiotta, G., and Ritieni, A. 2010. Reduction of ochratoxin A during the fermentation of Italian red wine Moscato. **Food Control** 21(4): 579-583.

Varga,J., Rigo, K., Toth, B., Teren, J., and Kozakiewicz, Z. 2003. Evolutionary relationships among *Aspergillus* species producing economically important mycotoxins. **Food Technology Biotechnology** 41: 29-46.

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* และ *Bacillus siamensis*

Bioactive Compounds Produced by *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus siamensis*

บุญญวดี จิระวุฒิ[1*] รัตตา สุทธยาคม[1] และ วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย[1]

Boonyawadee Chirawut[1*], Ratta Suttayakom[1] and Weeraporn Dejnumbunchachai[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *Bacillus siamensis* DL7 ในการสร้าง extracellular enzyme โดยวิธี plate assay พบว่า *B. siamensis* DL7 สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลส เซลลูเลส และ โปรตีเอส ได้สูงกว่า *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และทำการแยกสารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 บนแผ่น TLC ซึ่งมีเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (65:25:4 v/v/v) สารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้ 3 ตำแหน่ง ที่ Rf เฉลี่ย 0.47, 0.61 และ 0.70 ทำการวิเคราะห์ชนิดของสารด้วยเครื่อง MS-MS พบว่า สารที่ 1 ที่ Rf เฉลี่ย 0.47 คือ สาร iturin A และ สารที่ 2 และ สารที่ 3 ที่ Rf เฉลี่ย 0.61 และ 0.70 เป็นสารในกลุ่ม surfactin ซึ่งเป็นสารปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์กว้างในการยับยั้งเชื้อรา

ABSTRACT

The extracellular enzymes which were the bioactive compounds produced by *Bacillus amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 and *Bacillus siamensis* DL7 were studied by plate assay method. The results showed that the *B. siamensis* DL7 exhibited more efficacy of producing amylase, cellulase and protease than *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9. In this study, crude extracted from cell free culture supernatant were separated by TLC using chloroform : methanol : water (65 : 25 : 4 v/v/v) as mobile phase. These extracts were tested for their inhibition on the growth of *Colletotrichum gloeosporioides* on developed TLC plates. The inhibition zones were found at Rf 0.47, 0.61 and 0.70. Antifungal compounds at these Rf were further analyzed by MS-MS and they were indicated that the compound 1 at Rf 0.47 was iturin A and the compounds 2 and 3 at Rf 0.61 and 0.70 were surfactin, which exhibit broadly antifungal activity against pathogenic fungi.

Key Words: bioactive compounds, *Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus siamensis,* extracellular enzyme, iturin A, surfactin

* Corresponding author, e-mail address: ppathku@yahoo.co.th

[1]กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10900

คำนำ

Bacillus เป็นแบคทีเรียรูปท่อน แกรมบวก มีการสร้างสปอร์ ซึ่งสปอร์จะมีความทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ เช่น ความร้อน ความแห้งแล้ง เป็นต้น *Bacillus* เจริญปะปนอยู่มากมายทั้งในดิน ตามผิวพืช สามารถแยกได้ง่าย จัดอยู่จำพวก antibiotic producers สามารถสารปฏิชีวนะที่แตกต่างกัน ได้มากกว่า 60 ชนิด เช่น polymyxin, dificidin, subtilin, myobacilin, bacteriosin, iturin, vixcosin, bacisubin (Araujo *et al.*, 2005) *Bacillus* ที่มีคุณสมบัติสร้างสารต้านเชื้อรา ได้นำมาใช้ในควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวกับผลไม้หลายชนิด เช่น การใช้แบคทีเรีย *Bacillus amyloliqufaciens* PPCB004 ร่วมกับ น้ำมันตะไคร้ ในสภาพบรรยากาศดัดแปร (MAP) ควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลท้อได้ดี (Arrebola *et al.*, 2010b) *B. siamensis* KCTC13613 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และ *Botrytis cinerea* เป็นสาเหตุโรคของพืช (Jeong *et al.*, 2012)

แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 สามารถสร้างสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคผลเน่าของเงาะ คือ *Lasiodiplodia theobromae, Gliocephalotrichum bulbilium, Greeneria* sp., *Colletotrichum gloeosporioides, Phomopsis* sp., *Pestalotiopsis* sp. และมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าของเงาะที่ปลูกเชื้อรา *L. theobromae* สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคได้ 57.82, 55.82 และ 52.97 %ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โปรคลอราซ 500 มก./ล สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคผลเน่าได้ 16.91 % และพบว่าสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ไตลิง (บุญญวดี และคณะ, 2560) งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเอนไซม์อะไมเลส เซลลูเลส และ โปรตีเอส ของแบคทีเรียปฏิปักษ์

เตรียมแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 เลี้ยงบนอาหาร Nutrient Agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของแบคทีเรียในการผลิตเอนไซม์ อะไมเลส (amylase), เซลลูเลส (cellulase) และ โปรตีเอส (protease) ด้วยวิธี plate assay วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) จำนวน 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ทดสอบการสร้างเอนไซม์อะไมเลส โดยใช้อาหารมีส่วนประกอบของ tryptic soy agar 40 กรัม, soluble starch 4 กรัม และ น้ำ 1,000 มิลลิลิตร ตรวจผลการทดลอง โดยราดผิวหน้าด้วยสารละลายไอโอดีน

ทดสอบเอนไซม์เซลลูเลส โดยใช้อาหารมีส่วนประกอบของ nutrient agar 23 กรัม, CMC 2 กรัม และ น้ำ 1,000 มิลลิลิตร ตรวจผลการทดลอง โดยราดผิวหน้าด้วยสารละลาย congo red 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร นาน 15 นาที ล้างออกด้วยสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 โมลาร์

ทดสอบเอนไซม์โปรตีเอส โดยใช้อาหารมีส่วนประกอบของ nutrient agar 23 กรัม, กลีเซอรอล 20 กรัม, skim milk 10 กรัม และ น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

เทอาหารสูตรต่าง ๆ ลงในจานเลี้ยงเชื้อ รอจนอาหารแข็ง เจาะอาหารด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 4 หลุม/จานเลี้ยงเชื้อ สำหรับหยดสารแขวนลอยแบคทีเรียปฏิปักษ์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผล โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (Co) และเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสรอบโคโลนี (Cz) เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง Cz/Co ของแบคทีเรีย แต่ละสายพันธุ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์

การเตรียมสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์

เตรียมสารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 โดยเลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์ในอาหาร Nutrient Broth (NB) นำไปเขย่าบนเครื่อง rotary shaker ความเร็วรอบ 130 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นนำแบคทีเรียไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บส่วนใสซึ่งไม่มีแบคทีเรียปฏิปักษ์ นำไปแยกสารโดยการเติมเอทิล อะซิเตท ในปริมาณที่เท่ากันในกรวยแยก เขย่าให้เข้ากัน แล้วปล่อยทิ้งไว้ จนสารแยกออกเป็น 2 ชั้น แยกเอาส่วนของเอทิล อะซิเตท ซึ่งอยู่ด้านบนออกมา ทำการระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิ water bath 40 $^{\circ}$C จนแห้ง ได้สารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์

แยกสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ผ่านการคัดเลือกด้วย thin layer chromatography (TLC)

นำสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 ไปจุดลงบนแผ่น TLC plate โดยใช้ capillary tube ปล่อยให้สารระเหยจนแห้ง นำแผ่น TLC ใส่ในโถแก้วที่มีฝาปิดบรรจุสารละลายอิ่มตัวของสารละลายอิ่มตัว คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (65:25:4 v/v/v) ทิ้งไว้ให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่จนถึงจุดที่กำหนด นำแผ่น TLC ออกจากโถแก้ว ทิ้งไว้จนสารละลายระเหยไปหมด

นำแผ่น TLC ที่แยกสารสกัดหยาบแล้ว มาตรวจสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยใช้สารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ฉีดพ่นลงบนแผ่น TLC ด้วยเครื่อง airbrust หลังจากพ่นสารแขวนลอสปอร์ของเชื้อราทั่วทั้งแผ่น TLC แล้ว นำแผ่น TLC ไปไว้ในกล่องความชื้น เก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 – 4 วัน ตรวจบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา บันทึกผลเป็นค่า Rf

$$\text{Rf} = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ห่างจากจุดเริ่มต้น}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ห่างจากจากจุดเริ่มต้น}}$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์

นำส่วนที่แยกได้จากแผ่น TLC ที่มีสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสาร ด้วยเครื่องมือ Bruker Daltonics - micrOTOF - benchtop ESI-TOF MS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การผลิตเอนไซม์อะไมเลส เซลลูเลส และ โปรตีเอส ของแบคทีเรียปฏิปักษ์

แบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 สามารถผลิตเอนไซม์ได้ 3 ชนิด คือ อะไมเลส เซลลูเลส และโปรตีเอสได้แตกต่างกัน เมื่อสังเกตวงใสรอบโคโลนีจากการย่อยสลายซับสเตรด พบว่าการผลิตเอนไซม์อะไมเลสของแบคทีเรียปฏิปักษ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย *B. siamensis* DL7 มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส โดยมีค่า Cz/Co เท่ากับ 2.24 รองลงมาคือ *B. amyloliquefaciens* PN10 และ *B. amyloliquefaciens* DL9 มีค่า Cz/Co เท่ากับ 2.14 และ 1.99 ตามลำดับ (Table 1 and Figure 1)

การผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง *B. siamensis* DL7 มีความสามารถสูงในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส มีค่า Cz/Co เท่ากับ 3.44 รองลงมาคือ *B. amyloliquefaciens* PN10 และ *B. amyloliquefaciens* DL9 มีค่า Cz/Co เท่ากับ 2.70 และ 2.21 (Table 1 and Figure 1)

ส่วนการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ *B. siamensis* DL7, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. amyloliquefaciens* PN10 สามารถผลิตเอนไซม์โปรตีเอสได้ใกล้เคียงกัน มีค่า Cz/Co เท่ากับ 1.96, 1.72 และ 1.68 ตามลำดับ (Table 1 and Figure 1)

B. amyloliquefaciens PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 สามารถผลิตเอนไซม์ได้ทั้ง 3 ชนิด คือ เอนไซม์อะไมเลส, เซลลูเลส และโปรตีเอส สอดคล้องกับการศึกษาของ สิรินันท์ (2550) พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์ LDD3a และ LDD3b ที่คล้าย *B. subtilis* ผลิตเอนไซม์ 4 ชนิด คือ โปรตีเอส อะไมเลส เซลลูเลส และ ไซลาเนส และแบคทีเรียสายพันธุ์ LDD1 ที่คล้าย *B. subtilis* ผลิตเอนไซม์ 3 ชนิด คือ โปรตีเอส อะไมเลส และเซลลูเลส

Table1 Activity of extracellular enzymes of different bacteria antagonistic strains.

Bacterial strains	Inhibition zone (cm)								
	Amylase			Cellulase			Protease		
	Cz	Co	Cz/Co	Cz	Co	Cz/Co	Cz	Co	Cz/Co
PN10	1.51	0.71	2.14 ab	2.12	0.80	2.70 b	1.90	1.14	1.68
DL7	1.70	0.77	2.24 a	2.07	0.60	3.44 a	1.89	0.98	1.96
DL9	1.55	0.78	1.99 b	2.05	0.94	2.21 c	1.90	1.11	1.72
F-test			*			**			ns
CV (%)			5.13			9.55			9.59

[1] Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 95% level by LSD

Cz = diameter of inhibition zone (cm)

Co = diameter of bacterial colony (cm)

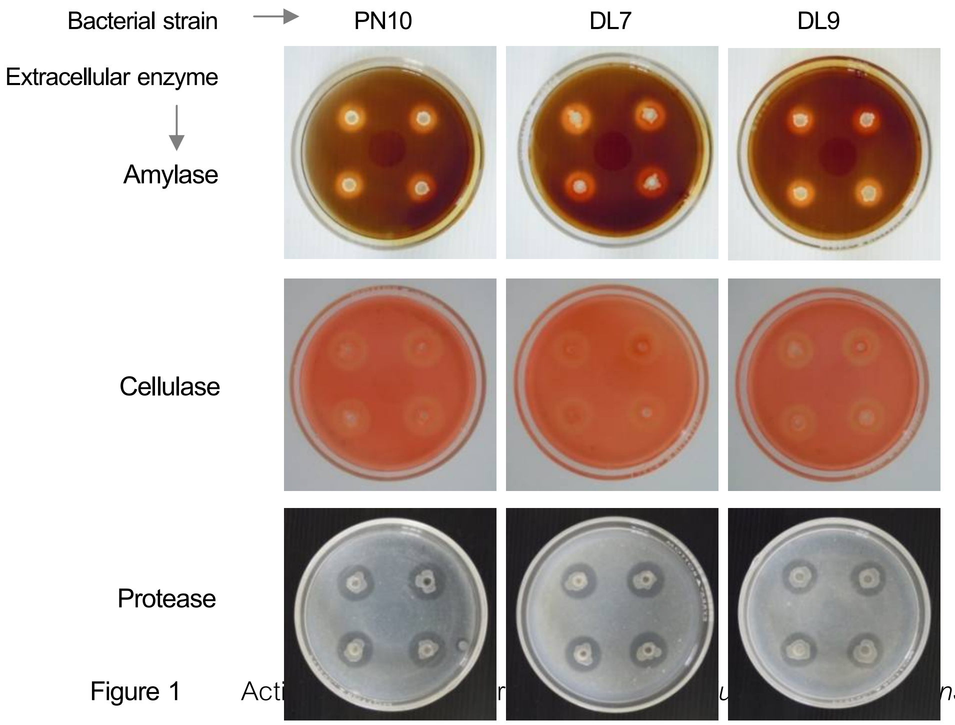


Figure 1 Acti… ns PN10, *Bacillus siamensis* DL7 and *Bacillus amyloliquefaciens* DL9

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์

แยกสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ผ่านการคัดเลือกด้วย thin layer chromatography (TLC)

แยกสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 บนแผ่น TLC ซึ่งมีเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (65:25:4 v/v/v) พบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีแถบสารที่มีสารยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 3 แถบสาร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ Rf เฉลี่ย 0.47, 0.61 และ 0.70 (Figure 2) สังเกตได้จากบริเวณยับยั้ง (clear zone) ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Arrebola *et al.* (2010b) ทำการศึกษาสารทุติยภูมิของแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* PPCB004 เป็นสารต้านเชื้อรา โดยทำการทดสอบบนแผ่น TLC พบบริเวณยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea, Penicillium expansum* และ *Rhizopus stolonifer* ที่ Rf = 0.4 ได้ทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC เป็น iturin A และ Arrebola *et al.* (2010a) พบแถบสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* ที่ Rf เฉลี่ย 0.75 นำไปตรวจวิเคราะห์ พบว่าเป็นสาร surfactin

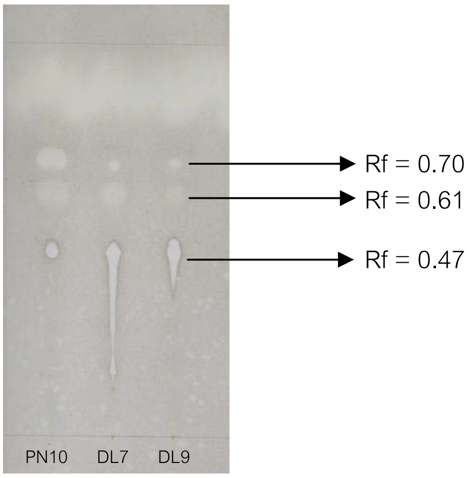


Figure 2 Bio-assay of crude extract obtained from *Bacillus amyloliquefaciens* PN10, *Bacillus siamensis* DL7 and *Bacillus amyloliquefaciens* DL9 on the growth inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* on TLC plate

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบของแบคทีเรียปฏิปักษ์

สารสกัดหยาบจาก *B. amyloliquefaciens* PN10 (เลือกเป็นตัวแทนของแบคทีเรียสายพันธุ์อื่น เพราะมีบริเวณยับยั้งกว้างและชัดเจน) ที่แยกได้จากบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* บนแผ่น TLC ที่ Rf เฉลี่ย 0.47, 0.61 และ 0.70 นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสาร ด้วยเครื่อง Bruker Daltonics-micrOTOF-benchtop ESI-TOF MS พบว่า

สารที่ 1 ค่า Rf = 0.47 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1079.57, 1093.58 (Figure 3A)

สารที่ 2 ค่า Rf = 0.61 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1060.5, 1074.6 (Figure 3B)

สารที่ 3 ค่า Rf = 0.70 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1044.7, 1058.7, 1074.6, 1088.6 (Figure 3C)

จากการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* บนแผ่น TLC พบว่า สารที่ 1 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1079.57, 1093.58 สารที่ 2 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1060.59, 1074.60 และ สารที่ 3 มีค่า main mass peak (m/z) ที่ 1044.66, 1058.67, 1074.60, 1088.62 ตรงกับการศึกษาของ Gong *et al.* (2015) สารสกัด lipopeptides จากแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* S76-3 วิเคราะห์ด้วย RP-HPLC และ ESI-CID-MS แยกได้สารประกอบ 3 ชนิด คือ iturin, plipastatin และ sufactin ซึ่งจากงานวิจัยนี้ สารที่ 1 ตรงกับสารประกอบ iturin A และ สารที่ 2 และ 3 ตรงกับสารประกอบ sufactin เมื่อเปรียบเทียบค่า mass peaks (m/z) ของ iturin A ตรงกัน ที่ 1079, 1094 [M+H, NA, K]+ และ ค่า mass peaks (m/z) ของ surfactin ตรงกัน ที่ 1044, 1060 [M+H, NA, K]+ 1036, 1058, 1074[M+H, NA, K]+ 1050, 1072, 1088[M+H, NA, K]+ และ งานวิจัยของ Kim *et al.* (2010) วิเคราะห์ lipopeptides ที่ผลิตโดยแบคทีเรีย *B. subtilis* CMB32 โดยเครื่อง MALDI-TOF mass spectrometry พบว่า สารที่ 1 จากงานวิจัยนี้ ตรงกับ fraction ที่ 31 มีค่า mass peak (m/z) 1080, 1094, 1096, 1110 เป็นสารในกลุ่ม iturin สารที่ 2 ตรงกับ fraction ที่ 43-45 มีค่า mass peak (m/z) 1060, 1074 และ สารที่ 3 ตรงกับ fraction ที่ 55 มีค่า mass peak (m/z) 1044, 1058, 1074 เป็นสารในกลุ่ม surfactin

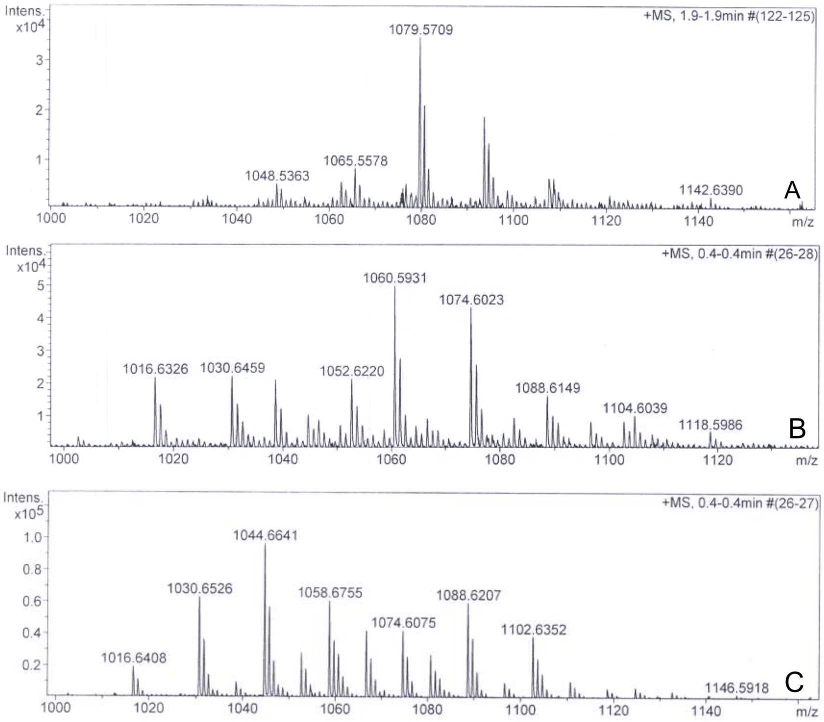


Figure 3 Mass spectrum of the inhibition zones of TLC of *Bacillus amyloliquefaciens* PN10

A) sample 1 at Rf = 0.47 B) sample 2 at Rf = 0.61

C) sample 3 at Rf = 0.70

จากการเปรียบเทียบค่า mass peak กับงานวิจัยที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าสารที่ 1 เป็นสารในกลุ่ม iturin A เป็นสารปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์กว้างในการยับยั้งเชื้อรา ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของจุลินทรีย์ชีวภาพ (biological control agent) เป็นเป้าหมายในการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร (Hsieh *et al.*, 2008) ส่วนสารที่ 2 และ 3 เป็นสารในกลุ่ม surfactin เป็นสารลดแรงตึงผิวในกลุ่ม lipopeptide โดยมีไขมันจับอยู่กับสายเปปไทด์ เป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูง surfactins ไม่เป็นพิษต่อเชื้อราสาเหตุโรค มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ iturin A ในการต้านเชื้อรา (Mager-Dana, *et. al.,* 1992, Kim *et al*., 2010) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Arrebola *et al.* (2010a) พบแถบสารที่ Rf เฉลี่ย 0.75 บนแผ่น TLC เป็นสาร surfactin สามารถยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* และสามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusicoccum aromaticum* และ *Phomopsis persea* ได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ iturin A ที่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ทุกชนิดที่นำมาทดสอบ

สรุป

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *B. siamensis* DL7 สามารถผลิตเอนไซม์ได้ 3 ชนิด คือ อะไมเลส เซลลูเลส และโปรตีเอส

สารสกัดหยาบจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ *B. amyloliquefaciens* PN10, *B. amyloliquefaciens* DL9 และ *Bacillus siamensis* DL7 บนแผ่น TLC ซึ่งมีเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase)

คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล : น้ำ (65:25:4 v/v/v) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 3 ตำแหน่ง ที่ Rf เฉลี่ย 0.47, 0.61 และ 0.70 นำมาวิเคราะห์ชนิดของสารด้วยเครื่อง MS-MS ได้สาร 2 ชนิด คือ iturin และ surfactin

เอกสารอ้างอิง

บุญญวดี จิระวุฒิ อมรา ชินภูติ รัตตา สุทธยาคม. 2560. โรคผลเน่าของเงาะหลังการเก็บเกี่ยวและการควบคุมโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์. **วารสารวิชาการเกษตร** 35 (3): 228-243.

สิรินันท์ ชมภูแสง. 2550. **การจัดจำแนกและศึกษาคุณสมบัติของ *Bacillus* sp. สายพันธุ์ N10.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 161 หน้า.

Araujo, F.F., A.A. Henning and M. Hungria. 2005. Phytohomones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Jounal of Microbiology** 21: 1639-1645.

Arrebola, E., R. Jacobs and L. Korsten. 2010a. Iturin A is the principal inhibitor in the biocontrol activity of *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 against postharvest fungal pathogen. **Applied Microbiology** 108: 386-395.

Arrebola, E., D. Sivakumar, R. Bacigalupo and L. Korsten. 2010b. Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest disease. **Crop Production** 29: 311-410.

Gong A.D, H.P. Li, Q.S. Yuan, X.S. Song, W. Yao, W.J. He, J.B. Zhang and Y.C. Liao. 2015. Antagonistic Mechanism of Iturin A and Plipastatin A from *Bacillus amyloliquefaciens* S76-3 from Wheat Spiles against *Fusarium graminearum.* **PLos One.** 10:e0116871

Hsieh, F.C., T.C. Lin, M. Meng and S.S. Koa. 2008. Comparing method for identifying *Bacillus* stains capable of producing the antifungal lipopeptide iturin A. **Curr Microbiol** 56: 1-5.

Jeong, H., D.E. Jeong, S.H. Kim, G.C. Song, S.Y. Park, C.M, Ryu, S.H. Park and S.K. Choi. 2012. Draft genome sequence of the plant growth-promoting bacterium *Bacillus siamensis* KCTC 13613^T. **Journal of Bacteriology** 194: 4148-4149.

Kim, P.I., J. Ryu, Y.H. Kim and Y.T. Chl. 2010. Production of biosurfactant lipopeptides iturin A, fengycin, and surfactin A from *Bacillus subtilis* CMB32 for control of *Colletotrichum gloeosporioides.* **Journal of Microbiology and Biotechnology** 20: 138-145.

Mager-Dana, R., L. Thimin, F. Peypoux and M. Ptack. 1992. Surfactin/Iturin A interactions may explain the synergistic effect of surfactin on the biological properties of iturin A. **Biochimie** 74: 1047-1051.

Cysteine ยับยั้งความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดนูนถั่วเหลือง

Cysteine Suppress the Virulence of Soybean Bacterial Pustule Pathogen

น้ำฝน ปลื้มจิตร สุดฤดี ประเทืองวงศ์ และ **ติยากร ฉัตรนภารัตน์**[1*]
Namfon Pleamjit Sutruedee Prathuangwong and Tiyakhon Chatnaparat[1*]

บทคัดย่อ

โรคใบจุดนูน (Bacterial pustule) จัดเป็นโรคสำคัญของถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (Xag) การค้นหาสารอินทรีย์ที่มีความปลอดภัยเพื่อใช้ในการควบคุมโรคพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาเชื้อต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ การทดลองนี้ทำการคัดเลือกและศึกษาบทบาทของกรดอะมิโนในการลดความรุนแรงโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองโดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย Xag ในอาหาร M9 minimal medium ร่วมกับกรดอะมิโน 16 ชนิด ผสมกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 10 mM พบว่า cysteine, serine และ threonine สามารถยับยั้งการเจริญของ Xag ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามเมื่อเลี้ยงเชื้อ Xag ในอาหาร nutrient broth พบว่า cysteine เท่านั้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ Xag ได้ โดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดของ cysteine ที่สามารถยับยั้งการเจริญของ Xag มีค่าเท่ากับ 2.5 mM นอกจากนั้นพบว่า cysteine สามารถยับยั้งการเกิด biofilm ของเชื้อ Xag ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อปลูกเชื้อสาเหตุโรคร่วมกับกรดอะมิโนต่างๆ พบว่า cysteine ที่ความเข้มข้น 10 mM สามารถลดความรุนแรงของโรคใบจุดนูนบนต้นถั่วเหลืองได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การลดความรุนแรงของโรคเท่ากับ 96.64 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

Bacterial pustule is a major bacterial disease of soybean caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (Xag). The discovery of safety organic compounds which can control plant disease could provide an alternative strategy that may help reduce the pathogen resistance against antibiotics. Thus, the selection of amino acids for control bacterial pustule of soybean was performed. Xag cells were grown in M9 minimal medium (M9) and nutrient broth (NB) supplemented with each of 16 amino acids at 10 mM for tested the ability to inhibit the growth of the pathogen. While, cysteine, serine, and threonine were found to be the most effective amino acids to inhibit the growth of Xag in M9 minimal medium, only cysteine could significantly inhibit the growth of Xag in NB. Minimum inhibitory concentration of cysteine was 2.5 mM. In addition, cysteine was able to effectively inhibit Xag biofilm formation. Furthermore, foliar application of 10 mM cysteine mixed with Xag on soybean was able to reduce the severity of bacterial pustule on soybean at 96.64 % when compared with that of Xag alone.

Key words: Cysteine, Soybean, Plant disease control, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*

* Corresponding author; e-mail address: fagrtkc@ku.ac.th

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นการบริโภคสด แปรรูป รวมถึงอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ (อภิพรรณ, 2546) แต่การผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีมูลค่าการนำเข้าถั่วเหลืองสูงถึง 34,995,961,031 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การเกิดโรคระบาดในระบบการผลิตเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตเสียหาย โรคแบคทีเรียที่ทำความเสียหายให้กับผลผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยที่สำคัญคือโรคใบจุดนูนที่เกิดจาก *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (Prathuangwong, 1983) โดยมีแนวโน้มการระบาดที่สูงขึ้นเนื่องจากปัญหาการต้านทานต่อสารเคมี พฤติกรรมของแบคทีเรียในการก่อโรคส่วนใหญ่จะตอบสนองต่อสารอาหารซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่แบคทีเรียใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช ในขณะเดียวกันแหล่งคาร์บอนหรือไนโตรเจน ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมก็สามารถยับยั้งกระบวนการต่างๆโดยเฉพาะปัจจัยในการก่อให้เกิดโรคได้ เช่น *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 สาเหตุโรคใบจุดมะเขือเทศสามารถเจริญได้ดีขึ้นและกระตุ้นการแสดงออกของ Type III secretion effector protein *avr*Pto เมื่อเติมกรดอะมิโน aspartic acid, glutamic acid, asparagine และ GABA (Chatnaparat *et al*., 2015b) แต่พบว่าเซลล์ไม่สามารถเจริญและการแสดงออกของ *avr*Pto ถูกยับยั้งเมื่อเลี้ยงร่วมกับ alanine, methionine, isoleucine, cysteine และ valine ที่ความเข้มข้น 10 mM และพบว่า serine hydroxamate และ α-methylglucoside ทำให้แบคทีเรียอยู่ในสภาวะขาดแหล่งคาร์บอน สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนก่อโรค *hrp* gene ใน *Erwinia amylovora* สาเหตุโรคใบไหม้ (fire blight) ของแอปเปิ้ลและแพร์ (Ancona *et al*., 2015) รวมทั้ง GABA สามารถยับยั้งระบบ quorum sensing ของ *Agrobacterium tumefaciens* ทำให้ความสามารถในการก่อให้เกิดโรคลดลง (Chevrot *et al*. 2006) นอกจากนั้น กรดอะมิโน leucine สามารถยับยั้งการสร้าง biofilm ของเชื้อ *Xanthomonas citri* subsp. *citri* สาเหตุโรคแคงเกอร์ส้ม (Li and Wang, 2014) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการก่อโรคและความรุนแรงโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นโมเดลต้นแบบในการพัฒนาวิธีการควบคุมโรคพืชเศรษฐกิจสำคัญอื่นได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกชนิดโมเลกุลกรดอะมิโนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค

การคัดเลือกกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *X. axonopodis* pv. *glycines* สายพันธุ์ 12-2 ซึ่งเป็นเชื้อสายพันธุ์รุนแรง (Prathuangwong, 1983) โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เตรียมกรดอะมิโนประกอบด้วย aspartic acid, glutamic acid, asparagine, glutamine, lysine, threonine, arginine, serine, proline, leucine, histidine, alanine, methionine, isoleucine, cysteine, และ valine (Sigma-Aldrich (Thailand) Co. Ltd.) ผสมลงในอาหาร M9 minimal medium (M9) หรืออาหาร nutrient broth (NB) ที่ความเข้มข้นกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ 10 mM (Schulte and Bonas, 1992) หลังจากนั้นใส่เชื้อ Xag12-2 ที่ความเข้มข้น 1 x 10^6 cfu/ml ลงในแต่ละกรรมวิธี ใน 96 well plate โดยแต่ละกรรมวิธีมีทั้งหมด 8 ซ้ำ เลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Ancona *et al*., 2015 บันทึกการเจริญของเชื้อ Xag12-2 ด้วย

เครื่อง spectrophotometry ที่ค่า optical density (OD) = 600 nm โดยเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการเติมกรดอะมิโนเป็นกรรมวิธีควบคุม

2. **ความเข้มข้นต่ำที่สุด** (minimal inhibition concentration: MIC) **ของกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค**

นำกรดอะมิโนที่มีความสามารถในการยับยั้บการเจริญของ Xag12-2 ที่ได้ในข้างต้น มาทดสอบหาความเข้มข้นต่ำที่สุดของกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยผสมกรดอะมิโนผสมลงในอาหาร nutrient broth ที่ความเข้มข้นตั้งต้นสาร 10 mM หลังจากนั้นทำการเจือจางความเข้มข้นของกรดอะมิโนทดสอบด้วยวิธี two-fold dilution เตรียมใน 96 well plate หลุมละ 100 µL จำนวน 8 ซ้ำ หลังจากนั้นใส่เชื้อ Xag12-2 ที่ความเข้มข้น 1×10^6 cfu/ml ลงในแต่ละหลุม ปริมาตร 10 µL เลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Ancona *et al*., 2015) บันทึกการเจริญของเชื้อ Xag12-2 ด้วยเครื่อง spectrophotometry ที่ค่า optical density (OD) = 600 nm โดยเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการเติมกรดอะมิโนเป็นกรรมวิธีควบคุม

3. **ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ Xag12-2 ที่เลี้ยงร่วมกับกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ**

เพื่อศึกษาผลของกรดอะมิโนต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์ Xag12-2 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ` งานทดลองนี้สร้างเชื้อ Xag12-2:GFP เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบลักษณะของเซลล์ในขณะที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่ภายใต้กล้องจุลทรรศ์ โดยติดตามเซลล์เรืองแสง GFP ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescens โดยสกัดพลาสมิด pKT-trp จากเซลล์ *Escherichai coli* DH5α (pKT-trp) (Hallmann *et al*., 2001) ซึ่งเป็นพลาสมิดที่มีการโคลนบริเวณ *trp* promoter ของเชื้อ *Salmonella typhimurium* (Hallmann *et al*., 2001) เข้าสู่ pProbe-KT (Miller et al. 2000) ซึ่งมี GFP เป็น reporter gene ทำให้พลาสมิดนี้มีการแสดงออกของ green fluorescens protein (GFP) ตลอดเวลา หลังจากที่ทำการ transform เข้าสู่เซลล์เชื้อแบคทีเรีย Xag12-2 เพื่อสร้างสายพันธุ์ Xag12-2:GFP นำไปทดสอบโดยนำเซลล์ Xag12-2:GFP ที่ความเข้มข้นเซลล์เท่ากับ 1×10^8 cfu/ml เลี้ยงในอาหาร NB ที่ผสมกรดอะมิโน cysteine ที่ความเข้มข้น 10 mM และเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Ancona *et al*., 2015) หลังจากนั้นนำเซลล์มาตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescens โดยเตรียมตัวอย่างตามวิธีการของ Chatnaparat *et al*., 2015a

4. **ทดสอบบทบาทของกรดอะมิโนในการยับยั้ง** biofilm

นำกรดอะมิโน cysteine ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ Xag12-2 ข้างต้น มาทดสอบเปรียบเทียบกับกรดอะมิโน leucine ซึ่งมีรายงานการยับยั้ง biofilm ของเชื้อสาเหตุโรคแคงเกอร์ (Li and Wang, 2014) วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยนำสารละลายกรดอะมิโน cysteine และ leucine ผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ NB ให้ได้ความเข้มข้นกรดอะมิโนที่ 10 mM จากนั้นหยดเซลล์แขวนลอยเชื้อ Xag12-2 ใส่ในหลอดอาหาร NB ที่ผสมกรดอะมิโนข้างต้นให้มีค่าความเข้มข้น เท่ากับ OD_{600} เท่ากับ 0.1 ในหลอดทดลองที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ml ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่เขย่าเป็นระยะเวลา 5 วัน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีใส่น้ำกลั่น ตรวจสอบปริมาณ biofilm ที่เชื้อ Xag12-2 สร้างขึ้นตามวิธีการของ Li and Wang, 2014

5. **ศึกษาประสิทธิภาพของกรดอะมิโนในการลดความรุนแรงของโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองในสภาพเรือนทดลอง**

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยการนำกรดอะมิโนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่คัดเลือกได้จากการทดลอง 3 ลำดับแรก มาศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคใบจุดนูนในสภาพเรือนปลูกพืชทดลอง เปรียบเทียบกับสารเคมี copper hydroxide อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ รวม 5 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 10 ซ้ำ โดยพ่นเชื้อแบคทีเรีย Xag12-2 ปริมาตร 20 มิลลิลิตรที่ผสมกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 10 mM ลงต้นถั่วเหลืองพันธุ์ สจ 5 (พันธุ์อ่อนแอ) อายุ 30 วัน ปริมาณต้นละ 20 มิลลิลิตร จำนวน 5 ต้นต่อกรรมวิธี สำหรับกรรมวิธีควบคุมพ่นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นเก็บรักษาต้นถั่วเหลืองไว้ที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส และประเมินความรุนแรงของโรคหลังปลูกเชื้อ 14 วัน ตรวจและบันทึกผลโดยประเมินความรุนแรงโรค (Chatnaparat *et al.*, 2012)

ผลและวิจารณ์

1. ชนิดของกรดอะมิโนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค

ผลการทดลองพบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหาร M9 minimal medium (อาหารที่มีเฉพาะส่วนประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญของแบคทีเรียเท่านั้น) ที่ผสมกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 10 mM เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ากรดอะมิโน cysteine, serine และ threonine มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ Xag12-2 โดยมีค่า OD_{600} เท่ากับ 0.012, 0.018 และ 0.03 ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (อาหาร minimal medium M9 ที่ไม่ผสมกรดอะมิโนใดๆ) มีค่าการเจริญของเชื้อเท่ากับ 0.05 แสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิดนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Xag12-2 ได้ ส่วนกรดอะมิโน aspartic acid, glutamic acid, leucine, glutamine, proline, alanine และ valine สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย Xag12-2 ได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่กรดอะมิโน methionine ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อชนิดนี้ (ภาพที่ 1A) แสดงให้เห็นว่าเชื้อ Xag12-2 สามารถใช้กรดอะมิโนแต่ละชนิดได้แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับการแสดงออกของยีนของเชื้อ Xag12-2 ซึ่งแสดงออกในพืชที่มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการใช้แหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน (Chatnaparat *et al.*, 2016) สำหรับการทดสอบและยืนยันประสิทธิภาพของกรดอะมิโนที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ Xag12-2 ที่เลี้ยงในอาหาร NB พบว่ากรดอะมิโน cysteine มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่กรดอะมิโน serine และ threonine ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อในอาหาร NB ซึ่งเป็นสภาวะที่ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 1B) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโน cysteine สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดี ซึ่งอาจจะส่งผลต่อแบคทีเรียในการฆ่าเซลล์ ซึ่งสอดคล้องกับแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชอื่น เช่น *P. syringae* และ *E. amylovora* ซึ่งไม่สามารถเจริญได้ในอาหาร minimal medium ที่ผสม 10 mM cysteine (Chatnaparat *et al.*, 2015b) แต่พบว่า serine และ threonine ไม่ส่งผลยับยั้งเชื้อ Xag เมื่อเลี้ยงในอาหาร NB มีรายงานพบว่า serine สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (bacteriostatic) เมื่อผสมลงในอาหาร minimal medium (Maas et al. 1995) ซึ่งมี serine เป็นแหล่งไนโตรเจนแค่เพียงชนิดเดียว ซึ่งแตกต่างจากการเลี้ยงในอาหาร NB ซึ่งเป็น complex medium ที่เชื้อสามารถใช้แหล่งไนโตรเจนได้หลากหลาย โดยพบว่าเชื้อสามารถใช้ serine เป็นแหล่งไนโตรเจนหรือคาร์บอนผ่านทาง D-alanine and glycine transporter CycA ซึ่งในอาหาร NB มีกรดอะมิโนหลายชนิดที่สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีน

นี้ ทำให้แบคทีเรียที่เลี้ยงใน NB สามารถ utilize serine และสามารถทนทานต่อ serine ได้ (Nørregaard-Madsen *et al*., 1995)

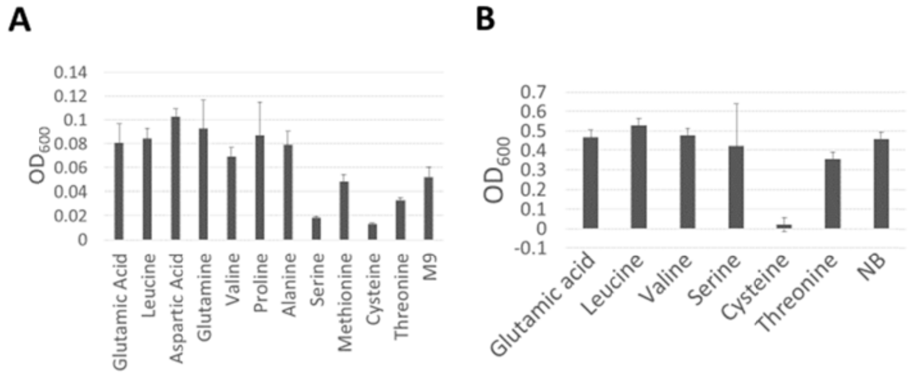


Fig 1. Effect of different amino acids on growth of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* strain 12-2 in minimal medium (A) and nutrient broth (NB) medium (B).

2. **ความเข้มข้นต่ำที่สุด** (minimal inhibition concentration: MIC) **ของกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค**

การทดสอบความเข้มข้นต่ำที่สุดของกรดอะมิโน cysteine ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ Xag12-2 พบว่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของกรดอะมิโน cysteine ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 2.5 mM โดยไม่พบการเจริญของแบคทีเรียเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นทดสอบที่ 10, 5 และ 2.5 mM ในขณะที่พบการเจริญของเชื้อ Xag12-2 เมื่อเลี้ยงในกรดอะมิโน cysteine ที่ความเข้มข้น 1.25 และ 0.625 mM โดยมีค่า OD_{600} เท่ากับ 0.30 และ 0.33 ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีค่า OD_{600} เท่ากับ 0.46 (Fig 2) แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของ cysteine ที่สามารถยับยั้งเชื้อ Xag12-2 มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 2.5 mM นอกจากนั้นผลของ cysteine ในการยับยั้งการเจริญของ Xag12-2 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจะต้องศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ในสภาพแปลงต่อไป

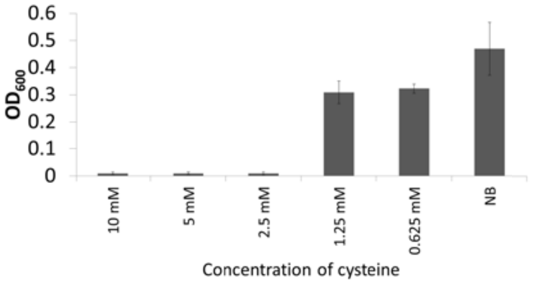


Figure 2. Effect of different concentration of cysteine on growth of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* in nutrient broth (NB) medium.

3. **ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์** Xag12-2 **ที่เลี้ยงร่วมกับกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ**

การศึกษาลักษณะของเซลล์ในเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบกลไกของกรดอะมิโนในการยับยั้งโดยการเลี้ยงเซลล์ Xag12-2 ที่ติดสารเรืองแสง green fluorescens protein (GFP) ในอาหาร NB ที่ผสมกรดอะมิโน

cysteine ที่ความเข้มข้น 10 mM เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเซลล์ที่เลี้ยงในอาหาร NB โดยตรวจสอบดูลักษณะเซลล์ภายใต้กล้อง Epifluorescens ที่กำลังขยาย 40X พบว่ากลุ่มเซลล์แบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารที่ผสม cysteine ไม่เรืองแสง green fluorescens protein (Fig. 3B) แสดงให้เห็นว่าเซลล์แบคทีเรียเหล่านี้เกิดการตายและไม่สามารถเจริญได้เป็นปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ที่เลี้ยงในอาหาร NB ที่เซลล์มีการเรืองแสง GFP ปกติ ซึ่งมีทั้งเซลล์ที่เจริญแบบเดี่ยวๆและกลุ่มของแบคทีเรียเกิดขึ้น (Fig. 3A)

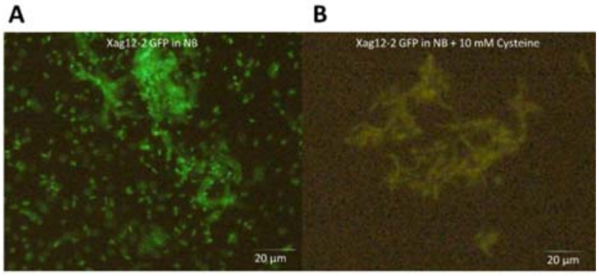


Figure 3. Cells of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* 12-2 harboring constitutive green fluorescens protein plasmid grow in NB medium (A) and NB medium supplemented with 10 mM cysteine (B).

4. บทบาทของกรดอะมิโนในการยับยั้ง biofilm

เชื้อ Xag12-2 ที่ผสม cysteine มีการสร้าง biofilm น้อยที่สุด (Fig. 4B) มีค่าการสร้าง biofilm ที่ OD_{590} เท่ากับ 0.28 ในขณะที่ Xag12-2 ที่เลี้ยงในอาหารผสม leucine และที่เลี้ยงในอาหาร NB ไม่ผสมกรดอะมิโนมีค่า OD_{590} เท่ากับ 1.3 และ 0.9 ตามลำดับ (Fig. 4A) แสดงให้เห็นว่า cysteine สามารถยับยั้งการสร้าง biofilm ของเชื้อ Xag12-2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการยับยั้งแบคทีเรียอื่นๆ โดย Wu et al. (2011) รายงานว่าการใช้สารประกอบกลุ่ม sulfhydryl เช่น dithiothreitol, β-mercaptoethanol หรือ cysteine สามารถยับยั้งการสร้าง biofilm อย่างมีนัยสำคัญในเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* แต่งานทดลองนี้พบว่า leucine ไม่มีผลในการยับยั้ง biofilm ของเชื้อ Xag12-2 ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Li and Wang (2014) ที่ leucine สามารถยับยั้งการสร้าง biofilm ของเชื้อ *X. citri* แสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนแต่ละชนิดมีผลจำเพาะในการยับยั้งความสามารถในการสร้าง biofilm ของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช

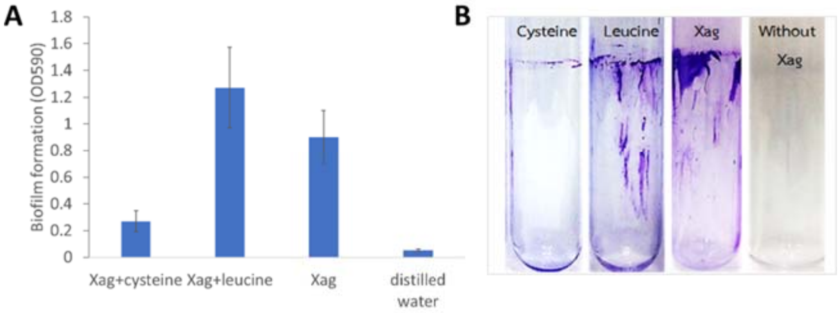


Figure 4. Biofilm formation by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* strain 12-2 on glass tubes. Biofilm formations in glass tubes were quantified by measuring the optical density at 590 nm.

5. ประสิทธิภาพของกรดอะมิโนในการลดความรุนแรงโรคใบจุดนูนถั่วเหลืองในสภาพเรือนทดลอง

ผลการทดลองพบว่าเมื่อพ่น Xag12-2 ร่วมกับ cysteine, glutamic acid และ threonine สามารถลดความรุนแรงของโรคใบจุดนูนได้อย่างดี โดยมีเปอร์เซนต์การลดความรุนแรงโรคเท่ากับ 87.0, 84.31 และ 72.79 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นร่วมกับกรดอะมิโน และพบว่าการพ่นเชื้อร่วมกับ serine สามารถส่งเสริมการเกิดโรคได้ดียิ่งขึ้นโดยมีจุดแผลเท่ากับ 161.33 จุด (เปอร์เซนต์ลดการเกิดโรคเท่ากับ -11.8) ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบในอาหาร NB ที่ไม่พบการยับยั้งเชื้อ Xag12-2 และในขณะเดียวกันในสภาพแวดล้อมที่มีกรดอะมิโนหลายชนิดแบคทีเรียสามารถที่จะ utilize serine เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนได้ และกรดอะมิโน glutamic acid สามารถลดการเกิดโรคได้ดีเทียบเท่ากรดอะมิโน cysteine แต่ไม่พบการยับยั้งการเจริญของเชื้อเมื่อเลี้ยงร่วมกันในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นกรดอะมิโน glutamic acid อาจจะทำหน้าที่ทางอ้อมในการยับยั้งการก่อโรคของเชื้อ Xag12-2 โดยพบว่า glutamic acid สามารถกระตุ้นการแสดงออกของ PR genes ในมะเขือเทศ (Chatnaparat *et al.,* unpublish data) และพบว่า glutamic acid สามารถกระตุ้นให้ข้าวต้านทานต่อการเข้าทำลายของโรค blast ผ่านทาง salicylic pathway (Kadotani *et al*., 2016)

Table 1 Disease severity of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* on soybean treated with different amino acids.

Treatments	Number of lesions[1]	Disease reduction (%)
Xag12-2	136.00 a	0
Csyteine/Xag12-2	17.67 b	87.0
Serine/Xag12-2	161.33 a	-11.8
Threonine/Xag12-2	37.33 b	72.79
Glutamic acid/Xag12-2	21.33 b	84.31
Leucine/Xag12-2	212.00 a	-55.88

[1]Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Prof. Steven E. Lindow University of California, Berkeley USA ที่ให้ความอนุเคราะห์พลาสมิด pKT-trp ขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. **ถั่วเหลือง: ปริมาณมูลค่าการนำเข้าส่งออก สถิติ.** แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. **ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ancona, V., Lee, J.H., Chatnaparat, T., Oh, J., Hong, J., and Zhao, Y. 2015. The bacterial alarmone (p)ppGpp activates the Type III secretion system in *Erwinia amylovora*. **J. Bacteriol.** 197(8): 1433-1443.

Bender, C.L., Alarcón-Chaidez, F. and Gross, D.C. 1999. *Pseudomonas syringae* phytotoxins: mode of action, regulation, and biosynthesis by peptide and polyketide synthetases. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.** 63, 266–92.

Chatnaparat, T., Li, Z., Korban, S., and Zhao, Y. 2015a. The bacterial alarmone (p)ppGpp is required for virulence and control cell size and survival of *Pseudomonas syringae* on plants. **Environ. Microbiol**. 28(7): 776-789.

___________, Li, Z., Korban, S., and Zhao, Y. 2015b. Stringent response mediated by (p)ppGpp is required for virulence of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and its survival on tomato. **Mol. Plant-Microbe Interact.** DOI: 10.1094/MPMI-11-14-0378-R

___________, Prathuangwong, S., Ionescu, M., and Lindow, S. E. 2012. XagR, a LuxR homolog, contributes to the virulence of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* to soybean. **Mol. Plant. Microbe. Interact.** 25:1104–1117.

___________, Prathuangwong, S., and Lindow, S. E. 2016. Global pattern of gene expression of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* within soybean leaves. **Mol. Plant. Microbe. Interact.** 29:508–522.

Chevrot, R., Rosen, R., Haudecoeur, E., Cirou, A., Shelp, B.J., Ron, E. and Faure, D. 2006. GABA controls the level of quorum-sensing signal in *Agrobacterium tumefaciens*. **Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.** 103, 7460–4.

Kadotani, N., Akagi, A., Takatsuji, H., Miwa, T., and Igarashi, D. 2016. Exogenous proteinogenic amino acids induce systemic resistance in rice. **BMC Plant Biol.** 16:60

Li, J., and Wang, N. 2014. Foliar application of biofilm formation-inhibiting compounds enhances control of citrus canker caused by *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **Phytopathology.** 104:134–42

Maas, W. K., Maas, R., and McFall, E. 1995. D-serine deaminase is a stringent selective marker in genetic crosses. **J. Bacteriol.** 177:459–61

Miller, W. G., Leveau, J. H. J., and Lindow, S. E. 2000. Improved *gfp* and *inaZ* broad-host-range promoter-probe vectors. **Mol. Plant-Microbe Interact.** 13:1243-1250.

Nørregaard-Madsen, M., McFall, E., and Valentin-Hansen, P. 1995. Organization and transcriptional regulation of the *Escherichia coli* K-12 D-serine tolerance locus. **J. Bacteriol.** 177:6456–61

Prathuangwong, S. 1983. Soybean bacterial pustule research in Thailand. Tropical legume improvement. **ACIAR Proc.** Series 8:40-41.

Schulte, R., and Bonas, U. 1992. A *Xanthomonas* pathogenicity locus is induced by sucrose and sulfur- containing amino acids. **Plant Cell.** 4:79–86

ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการการยับยั้ง *Pyricularia grisea* เชื้อสาเหตุโรคไหม้ข้าว

The Inhibitory Efficiency of Plant Essential Oils against *Pyricularia grisea*, the Causal Agent of Rice Blast Disease

ประภาษ กาวิชา[1*] อันธิพร เขียนเสือ[1] ภิญญารัตน์ กงประโคน[1] และ ธัญญ์วนิช ธัญสิริวรรธน์[1]

Praphat Kawicha[1*], Auntiporn Keansua[1], Phinyarat Kongprakhon[1] and Thanwanit Thanyasiriwat[1]

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของ *Pyricularia grisea* เชื้อสาเหตุโรคไหม้ของข้าวในระดับห้องปฏิบัติการ โดยสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ กระชาย (*Boesenbergia pundurata*) ขิง (*Zingiber officinale*) ข่า (*Alpinia galanga*) ขมิ้น (*Curcuma longa*) ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*) มะกรูด (*Citrus hystrix*) และ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) จากนั้นนำน้ำมันมันหอมระเหยผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ให้มีความเข้มข้น 750 ppm แล้วนำไปเลี้ยง *P. grisea* ไอโซเลท DOAC 0918 และ ไอโซเลท DOAC 1924 พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอมสามารถควบคุมการเจริญของ *P. grisea* ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดอื่นมีประสิทธิภาพต่ำในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอมกับคาร์เบนดาซิมที่ความเข้มข้น 9 ระดับ ตั้งแต่ 0-400 ppm พบว่าการใช้คาร์เบนดาซิมที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมและข่าที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 350 ppm และ 150 ppm สามารถควบคุม *P. grisea* ได้อย่างสมบูรณ์

ABSTRACT

The aim of this research was to test the inhibitory efficiency of essential oil from some medicinal plants on the mycelial growth of *Pyricularia grisea*, the causal agent of the rice blast disease *in vitro*. The essential oils derived from medicinal plants which including galingale (*Boesenbergia pundurata*), ginger (*Zingiber officinale*), galangal (*Alpinia galanga*), turmeric (*Curcuma longa*), lemongrass (*Cymbopogon citratus*), Kaffir lime (*Citrus hystrix*) and citronella grass (*Cymbopogon nardus*) were extracted by water distillation. The *P. grisea* isotates DOAC 0918 and DOAC 1924 were cultured on PDA media amended with each essential oil at the final concentration of 750 ppm. The results show that the essential oils of galangal and citronella grass completely inhibited the mycelial growth whereas the other essential oils showed low inhibition. Then, the inhibitor effectiveness of lemongrass oil, galangal oil and carbendazim were further investigated against *P. grisea* at concentrations 0-400 ppm. The result revealed that carbendarzim completely inhibited the mycelial growth of *P. grisae* at 50 ppm; whereas, galangal and citronella grass oils showed less inhibition which caused completely inhibition at 150 and 350 ppm respectively.

Key Words: plant essential oil, rice blast disease, rice

*Corresponding author; e-mail address: csnppkc@ku.ac.th

[1]ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1]Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000

คำนำ

โรคไหม้ข้าว (Rice Blast) มีสาเหตุจาก *Pyricularia grisea* (telemorph, *Magnaporthe grisea*) ซึ่งเป็นเชื้อราที่ทำให้ผลผลิตข้าวทั่วโลกเสียหายมากที่สุด ในปี 2553 พบโรคไหม้ระบาดทำให้ข้าวพันธุ์ กข 15 ในระยะออกรวงเสียหายในระดับ 50-90 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดอำนาจเจริญ อุบลราชธานี ยโสธร และศรีสะเกษ (พูนศักดิ์ และคณะ, 2554) ปัจจุบันการควบคุมโรคไหม้ข้าวทำได้โดยการปลูกข้าวพันธุ์ต้านทานโรค การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรค และการเขตกรรมที่เหมาะสม (Roy-Barman and Chattoo, 2005) แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเกษตรกรยังคงเลือกใช้พันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่อโรคดังกล่าวเนื่องจากผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ กข 6 เป็นต้น ทำให้เกษตรกรยังคงต้องใช้สารสังเคราะห์เพื่อการป้องกันกำจัดโรค

ปัจจุบันได้มีการนำสารสกัดจากพืชมาใช้ควบคุมโรคพืชทดแทนสารสังเคราะห์มากขึ้น เนื่องจากสารสังเคราะห์ที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาแพง เมื่อใช้ไปนานเชื้อสาเหตุโรคอาจต้านทานต่อสารเคมีนั้นได้ เช่น การต้านทานสารเคมีป้องกันกำจัดรา QoIs (strobilurins) ที่พบในเวลาเพียง 2 ปีหลังจากการใช้อย่างต่อเนื่อง (Heaney *et al*., 2000; Brent and Hollomon, 2007; Kumar *et al*., 2013) การใช้สารเคมีสังเคราะห์โดยไม่ระมัดระวังและขาดความเข้าใจอาจทำให้เกิดการตกค้าง ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เกษตรและผู้บริโภค

Sukanya *et al*. (2011) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดพริกไทยยับยั้งการเจริญของเส้นใย *P. grisea* ได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 500 ppm รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชีและเหง้าขมิ้นยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm Aguiar *et al*. (2014) ใช้น้ำมันหอมระเหยของยูคาลิปตัสและตะไคร้หอมที่กลั่นด้วยไอน้ำยับยั้งการงอกของสปอร์ *P. grisea* ได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 200 และ 100 ppm ตามลำดับ จินตนา และคณะ (2559) เปรียบเทียบน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม ข่า และคาร์เบนดาซิมที่ความเข้มข้น 200 ppm เท่ากัน พบว่าคาร์เบนดาซิมยับยั้งการเจริญของเชื้อได้อย่างสมบูรณ์ รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมและข่า ยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ 53 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้น้ำมันหอมระเหยและระบุชนิดพืชที่มีศักยภาพควบคุมโรคไหม้ข้าวมาบ้างแล้ว การเพิ่มทางเลือกในการควบคุมโรคไหม้ข้าวด้วยการระบุชนิดพืชที่มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคและเป็นพืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเป็นแนวทางที่ควรศึกษาเพิ่มเติม ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืช 7 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* สาเหตุโรคไหม้ข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำมันหอมระเหยจากพืช

สกัดน้ำมันหอมระเหยตามวิธีการของ Sangdee and Kawicha (2006) โดยนำชิ้นส่วนพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ เหง้ากระชาย เหง้าขิง เหง้าข่า เหง้าขมิ้น ต้นตะไคร้ ต้นตะไคร้หอม และเปลือกมะกรูด ปริมาณ 300 กรัม มาหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก บรรจุในขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำลงไป 700 มิลลิลิตร ต่อเครื่องควบแน่น (condenser) เข้ากับปากขวดรูปชมพู่ ใช้เวลากลั่นประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำของเหลวที่ได้จาก

การควบแน่นไปแยกน้ำมันหอมระเหยด้วยกรวยแยกสาร (separatory funnel) และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-5°C เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การเลี้ยงเชื้อรา *Pyricularia grisea*

เลี้ยง *P. grisea* ไอโซเลท DOAC 0918 และ DOAC 1924 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร บนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. grisea*

ผสมน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรชนิดต่าง ๆ และสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมในอาหาร PDA ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วที่ความเข้มข้น 750 ppm (เลือกเปรียบเทียบเบื้องต้นที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm เนื่องจากความเข้มข้นของคาร์เบนดาซิมที่แนะนำให้ใช้ในแปลงปลูกพืชที่เหมาะสมอยู่ในช่วงตั้งแต่ 500 - 1,000 ppm) เทอาหารลงในจานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) และรอให้อาหารแข็งตัว ตามวิธี poisoned food technique ตัดเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีของ *P. grisea* ที่เลี้ยงมาแล้วเป็นเวลา 7 วัน ด้วยแท่งเจาะรู (cork borer) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 ซม. ใช้เข็มเขี่ยชิ้นส่วนเชื้อย้ายลงไปเลี้ยงบนอาหารผสมสารทดสอบ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน บันทึกร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยคำนวณตามสูตร ดังนี้

ร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา = (((A-C)-(B-C))/(A-C)) x 100

A = เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีบนอาหารชุดควบคุม (ซม.)

B = เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีบนอาหารที่ผสมสารทดสอบ (ซม.)

C = เส้นผ่าศูนย์กลางแท่งเจาะรูเท่ากับ 0.6 ซม.

เลือกใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) มี 2 ปัจจัย คือ ชนิดสารทดสอบ และ ไอโซเลทของเชื้อรา สารทดสอบมีจำนวน 9 ชนิด ดังนี้ น้ำกลั่น (ชุดควบคุม) น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม น้ำมันหอมระเหยจากกระชาย น้ำมันหอมระเหยจากขิง น้ำมันหอมระเหยจากขมิ้น น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด น้ำมันหอมระเหยจากข่า คาร์เบนดาซิม ไอโซเลทของเชื้อรา *P. grisea* มีจำนวน 2 ไอโซเลท ดังนี้ DOAC 0918 และ DOAC 1924 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล Statistix 8.0 จากนั้นคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของเชื้อรามากที่สุดไปเปรียบเทียบระสิทธิภาพในการยับยั้งต่อไป

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea*

นำน้ำมันหอมระเหยที่คัดเลือกไว้จากผลการทดลองเบื้องต้นมาผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ให้มีระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่แตกต่างกัน จากนั้นนำ *P. grisea* ไอโซเลท DOAC 0918 มาเลี้ยงบนอาหารดังกล่าว บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน บันทึกร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea*

เลือกใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย คือ ชนิดสารทดสอบ และ ความเข้มข้นของสารทดสอบ ชนิดสารทดสอบมีจำนวน 3 ชนิด น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม น้ำมันหอมระเหยจากข่า และคาร์เบนดาซิม ความเข้มข้นของสารทดสอบมีจำนวน 9 ระดับ ดังนี้ 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, และ 400 ppm ทำการทดลอง 4 ซ้ำ นำค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรามาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล Statistix 8.0

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการควบคุมการเจริญของ *P. grisea*

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าร้อยละการยับยั้ง *P. grisea* ของสารทดสอบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันคือ 750 ppm สารทดสอบมีดังนี้ น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเหง้ากระชาย เหง้าขิง เหง้าข่า เหง้าขมิ้น ต้นตะไคร้ ต้นตะไคร้หอม เปลือกมะกรูด คาร์เบนดาซิม และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) พบว่า ชนิดสารทดสอบมีผลในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนร้อยละในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ไอโซเลทไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของสารทดสอบและไอโซเลทของเชื้อ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน

การยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* เป็นผลจากทั้งชนิดสารทดสอบและไอโซเลทของเชื้อ โดยกลุ่มทดลองที่มีค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* สูงที่สุด คือกลุ่มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม ข่า และคาร์เบนดาซิม มีค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* ไอโซเลท DOAC 0918 และ DOAC 1924 สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด ขมิ้น ขิง กระชาย และตะไคร้ และพบว่ามีความแตกต่างกันในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลทในชุดทดลองที่ใช้น้ำมันหอมระเหยมะกรูด

น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* ได้ทั้ง 2 ไอโซเลทแต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแตกต่างกัน โดยน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมและข่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด ขมิ้น ขิง กระชาย และตะไคร้มีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมและข่าอาจมีสารออกฤทธิ์ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้ง *P. grisea* ปริมาณมากเมื่อสกัดโดยวิธีกลั่นด้วยน้ำ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูด ขมิ้น ขิง กระชาย และตะไคร้หอม สารออกฤทธิ์ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* อาจมีปริมาณน้อยมากเมื่อสกัดด้วยวิธีเดียวกัน เช่นผลจากการศึกษาของ Richter and Schellenberg (2007) ที่พบว่าองค์ประกอบและปริมาณของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันเมื่อสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันระหว่างกลั่นไอน้ำ สกัดด้วยตัวทำละลาย สกัดด้วยของไหลความดันสูง และสกัดด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด

น้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น Nakahara *et al.* (2003) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมที่สกัดด้วยวิธีกลั่นไอน้ำ พบองค์ประกอบหลักคือ geraniol (35.7%) *trans*-citral (22.7%) *cis*-citral (14.2%) geranyl acetate (9.7%) citronellal (5.8%) citronellol (4.6%) linalool (1.3%) เป็นต้น โดย citronellal และ linalool มีประสิทธิภาพในการยับเชื้อเชื้อราทดสอบอย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 112 ppm สอดคล้องกับ Aguiar *et al.* (2014) ที่รายงานว่า citronellal ที่สกัดจากตะไคร้หอมยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการสร้างสปอร์ *P. grisea*, *Aspergillus* spp. และ *Colletotrichum musae* ส่วนน้ำมันหอมระเหยของข่านั้น Nampoothiri *et al.* (2016) ได้พบว่าองค์ประกอบที่พบมากคือ 1,8-cineole (32.9 %) α-terpineol (12.7 %) และ germacrene-D (6.1 %) ซึ่งมักพบในพืชสมุนไพรหลายชนิดและมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชหลายชนิด (Morcia *et al.*, 2012; Mashigo *et al.*, 2015)

Table 1 Mycelial growth of *P. grisea* isolates DOAC 0918 and DOAC 1924 on PDA containing plant essential oils.

Essential oil	% mycelial growth of *P. grisea* isolates	
	Isolate DOAC 0918	Isolate DOAC 1924
Sterile water (Control)	0[a1/]	0[a]
Lemongrass oil	11.07[b]	13.92[bcd]
Galingale oil	14.28[bcd]	11.90[bc]
Ginger oil	17.5[de]	15.47[bcd]
Turmeric oil	19.88[fe]	15.83[cde]
Kaffir lime oil	21.78[f]	14.28[bcd]
Citronella grass oil	100[g]	100[g]
Galangal oil	100[g]	100[g]
Carbendazim	100[g]	100[g]
CV%	3.65	
F-test	**	

1/ Means followed by different letters are significantly different according to Duncan Multiple Range Test (P<0.01).

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชและคาร์เบนดาซิม

น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม ข่า และคาร์เบนดาซิม ที่ความเข้มข้น 9 ระดับ ตั้งแต่ 0-400 ppm มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* ไอโซเลท DOAC 0918 ในแต่ละระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ โดยพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดสารทดสอบกับระดับความเข้มข้นของสารทดสอบ ซึ่งพบว่าคาร์เบนดาซิมที่ความเข้มข้น 50 ppm ขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *P. grisea* สูงที่สุด (ค่าเฉลี่ยร้อยละการยับยั้ง เท่ากับ 100%) ไม่แตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอม มีค่าเฉลี่ยร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 100% เมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่ำสุด 150 ppm และ 350 ppm ตามลำดับ

คาร์เบนดาซิม เป็นสารป้องกำจัดเชื้อราโรคพืชในกลุ่ม Methyl benzimidazole carbamate การที่คาร์เบนดาซิมมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *P. grisea* สูงเนื่องจากไปขัดขวางการสร้างและการรวมตัวของ spindle microtube ส่งผลให้ยับยั้งหรือหยุดการแบ่งเซลล์ของเชื้อรา (Yang *et al.*, 2011) ในขณะที่กลไกการของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมในการยับยั้งเชื้อราเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบริเวณผนังเซลล์และการรบกวนกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ผนังเซลล์ (Romagnoli *et al.*, 2005; Sharma and Tripathi, 2008) ส่วนน้ำมันหอมระเหยของข่า ไม่พบรายงานกลไกการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคของสารสำคัญจากข่าที่ชัดเจน แต่มีการตั้งสมมุติฐานว่าอาจจะเกี่ยวข้องกับการทำลายผนังเซลล์ ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ และเยื่อหุ้มไมโตรคอนเดรีย (Bakkali *et al.*, 2008)

Table 2 Effect of citronella grass oil, galangal oil and carbendazim on mycelial growth of *P. grisea* isolate DOAC 0918.

Plant essential oil	The inhibition efficiency (%) of plant essential oil at different concentration on *P. grisea* (ppm)								
	$0^{2/}$	50	100	150	200	250	300	350	400
Citronella grass	$0^{a1/}$	0^{a}	0^{a}	5.95^{b}	14.52^{c}	22.26^{d}	25.23^{e}	100^{f}	100^{f}
Galangal	0^{a}	0^{a}	25.23^{e}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}
Carbendazim	0^{a}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}	100^{f}
CV%	2.93								
F-test	**								

1/ Means followed by different letters are significantly different according to Duncan Multiple Range Test (P<0.01).

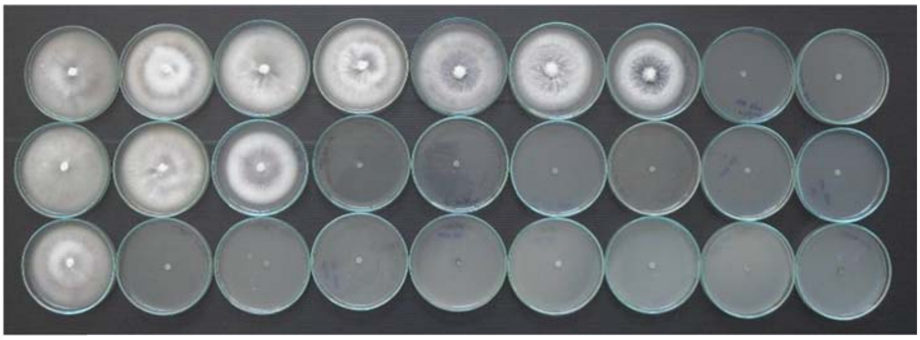


Figure 1 The mycelial growth of *P. grisea* isolate DOAC 0918 on PDA medium amended with plant essential oils.

สรุป

น้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพร 7 ชนิด คือ กระชาย ขิง ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ตะไคร้หอม และมะกรูด ที่ความเข้มข้น 750 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *P. grisea* แตกต่างกัน น้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. grisea* สูงที่สุด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยของมะกรูด ขมิ้น ขิง กระชาย และตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *P. grisea* ต่ำกว่าตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้หอม กับสารเคมีคาร์เบนดาซิม ที่ระดับความเข้มข้น 0-400 ppm พบว่าสารเคมีคาร์เบนดาซิมมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. grisea* สูงที่สุด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ppm ในขณะที่น้ำมัน

หอมระเหยจากข่าต้องใช้ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจนถึง 150 ppm และน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอมต้องใช้ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 350 ppm จึงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จินตนา ต๊ะย่วน, เกียรติศักดิ์ ราชัยสวรรค์ และ สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ. 2559. การควบคุมเชื้อรา *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคใบไหม้ข้าว. **แก่นเกษตร** 44 ฉบับพิเศษ 1: 972-976.

พูนศักดิ์ เมฆวัฒนากาญจน์, วราพงษ์ ชมาฤกษ์, จิรพงศ์ ใจรินทร์, อุไรวรรณ คชสถิตย์, อนุชาติ คชสถิตย์, บุญรัตน์ จงดี, สมใจ สาลีโท, วีระศักดิ์ หอมสมบัติ, อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ และ พันนิภา ยาใจ. 2554. ความหลากหลายของเชื้อราสาเหตุโรคไหม้กับการพัฒนาข้าวต้านทานโรคไหม้. *ใน* **การประชุมวิชาการข้าว เนื่องในโอกาสวันข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ปี 2554**: 249-266.

Aguiar, R. W. S., M. A. Ootani, S. D. Ascencio, T. P. S. Ferreira, M. M. Santos and G. R. Santos. 2014. Fumigant antifungal activity of *Corymbia citriodora* and *Cymbopogon nardus* essential oils and citronellal against three fungal species. **The Scientific World Journal**. Article ID 492138. Available source: http://dx.doi.org/10.1155/2014/492138.

Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck and M. Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils - a review. **Food and Chemical Toxicology 46**: 446-475.

Brent, K. J and D. W. Hollomon. 2007. **Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How Can it be Managed?** Croplife international, pp 60.

Heaney, S. P., A. A. Hall, S. A. Davis, and G. Olaya. 2000. Resistance to fungicides in the QoI-STAR cross-resistance group: current perspectives. *In* **Proceedings British Crop Protection Conference – Pests & Diseases**: 755-762.

Kumar, M. K. P., D. K. S. Gowda, R. Moudgal, N. K. Kumar, K. T. P. Gowda and K. Vishwanath. 2013. Impact of Fungicides on Rice Production in India. ***In*** M. Nita, ed. **Fungicides - Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World.** DOI: 10.5772/51009.

Mashigo, M., S. Combrinck, T. Regnier, W. D. Plooy, W. Augustyn and N. Mokgalaka. 2015. Chemical variations, trichome structure and antifungal activities of essential oils of *Helichrysum splendidum* from South Africa. **South African Journal of Botany 96**: 78-84.

Morcia, C., M. Malnati and V. Terzi. 2012. *In vitro* antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1,8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. **Food Additives and Contaminants 29**: 415-422.

Nakahara, K., N. S. Alzoreky, T. Yoshihashi, H. T. T. Nguyen and G. Trakoontivakorn. 2003. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella grass). **Japan Agricultural Research Quarterly 37**:249-252.

Nampoothiri, S. V., A. N. Menon, T. Esakkidurai and K. Pitchumani. 2016. Essential oil composition of *Alpinia calcarata* and *Alpinia galangal* rhizomes- a comparative study. **Journal of Essential Oil Bearing Plants 19**: 82-87.

Richter, J. and I. Schellenberg. 2007. Comparison of different extraction methods for the determination of essential oils and related compounds from aromatic plants and optimization of solid-phase microextraction/gas chromatography. **Analytical and Bioanalytical Chemistry 387**: 2207-2217.

Romagnoli, C., R. Bruni, E. Andreotti, M. K. Rai, C. B. Vicentini and D. Mares. 2005. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild indian *Tagetes patula* L. **Protoplasma 225**: 57-65.

Roy-Barman, S. and B. B. Chattoo. 2005. Rice blast fungus sequenced. **Current Science 89**: 930-931.

Sangdee, A. and P. Kawicha. 2006. Primary selection of essential oil from some medicinal plants to Inhibit *Didymella bryoniae*, causal agent of gummy stem blight disease of watermelon. **Khon Kaen Agricultural Journal 34**: 185-192.

Sharma, N. and A. Tripathi. 2008. Effect of *Citrus sinensis* (L.) osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) van *tieghem*. **Microbiological Research 63**: 337-344.

Sukanya, S. L., D. Yamini and S. K. Fathima. Eco-friendly management of *Pyricularia oryzae* - The causal agent of blast of paddy. **Current Biology**. 2: 46-49.

Yang, C., C. Hamel, V. Vujanovic and Y. Gan. 2011. Fungicide: mode of action and possible impact on nontarget microorganisms. **International Scholarly Research Notices: Ecology** Article ID 130289, 8 pages doi:10.5402/2011/130289.

การพัฒนาวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมในระบบ 3 สายพันธุ์ พันธุ์ KUH3

Development of Methods for F_1 Seed Production of KUH3 Three-Line Hybrid Rice

กิตติศักดิ์ พาหุ[1*] ธานี ศรีวงศ์ชัย[1] และ ประภา ศรีพิจิตร[1]

Kittisak Phahu[1*], Tanee Sreewongchai[1] and Prapa Sripicchitt[1]

บทคัดย่อ

ข้าวลูกผสมเป็นหนึ่งในความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทางการเกษตรเพื่อใช้เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ข้าวลูกผสมที่ดีนอกจากต้องมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงแล้วยังต้องผลิตเมล็ดพันธุ์คุ้มค่าในเชิงการค้าได้ด้วย การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 ซึ่งมีสายพันธุ์ IR80151A และ KUR4-116 เป็นสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อตามลำดับ โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 (main plot) คือ การปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่-5, 0 และ 5 วัน ปัจจัยที่ 2 (sub plot) คือ ระยะปลูกของแถวสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่เท่ากันที่ 20 เซนติเมตร และระยะปลูกของแถวสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ส่วนแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร และปัจจัยที่ 3 (sub-sub plot) คือ อัตราส่วนระหว่างแถวของสายพันธุ์แม่ (A line) และแถวของสายพันธุ์พ่อ (R line) จำนวน 4 อัตราส่วน ได้แก่ 4:2, 6:2, 8:2 และ 10:2 จากการศึกษา พบว่าการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่ทั้งสามแบบมีผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของข้าวลูกผสมไม่แตกต่างกัน ขณะที่การใช้ระยะปลูกของแถวสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ส่วนแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร ร่วมกับการใช้อัตราส่วนระหว่างแถวของสายพันธุ์แม่และแถวของสายพันธุ์พ่อ เป็น 6:2 ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ของข้าวลูกผสมสูงที่สุด

ABSTRACT

Hybrid rice is one of the agricultural technologies for increasing the production per area. A good hybrid rice is not only effective to increase yield but also able to economically. The objective of this experiment was to study suitable methods for F_1 hybrid rice seed production of KUH3 (IR80151A×KUR4-116). The experimental design was split-split plot design in RCBD with 3 factors. The main plot was seeding age of male parent as same as female parent and difference seeding ages of male parent with 5 days ahead, similar and 5 days behind compared with a female parent seedling age. The sub plot was spacing of 20 cm for both male and female parents compare with spacing of 30 and 15 cm for female and male parents respectively. The sub-sub plot was the row ratio between female and male parent of 4:2, 6:2, 8:2 and 10:2. Results showed that seeding age of male parent like one seeding age same as female parent, and three seeding ages with -5, 0 and 5 days compare with female parent did not significant difference affect the seed yield of hybrid variety by spacing of 30 and 15 cm spacing for female and male parents and between female parent respectively and the row ratio 6:2 were the highest F_1 seed yield.

Key Words: hybrid seed production, spacing, row ratio

* Corresponding author; e-mail address: **kittisakphahu@gmail.com**

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากสามารถสร้างรายได้มหาศาลเข้าประเทศ และยังสร้างความมั่นคงทางอาหาร (food security) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) การเพิ่มผลผลิตข้าวโดยการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกเป็นไปได้ยากในปัจจุบัน ดังนั้นจึงควรเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวต่อพื้นที่โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ ข้าวลูกผสม (hybrid rice) เป็นหนึ่งในความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีทางการเกษตรเพื่อใช้เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ข้าวลูกผสมที่มีการพัฒนาในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ (three-line hybrid system) ประกอบด้วยข้าวสายพันธุ์พ่อแม่ทั้งหมด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ A (A line) หรือสายพันธุ์แม่ที่มีเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากพันธุกรรมในไซโตพลาสซึม สายพันธุ์ B (B line) หรือสายพันธุ์รักษาความเป็นหมัน (maintainer line) และสายพันธุ์ R (R line) หรือสายพันธุ์แก้ความเป็นหมัน (restorer line) การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมทำโดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ A ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นแม่และสายพันธุ์ R ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นพ่อให้ละอองเกสร เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจากต้นของสายพันธุ์ A เมื่อเกษตรกรนำเมล็ดไปปลูกต้นลูกผสมที่ได้จะไม่เป็นหมัน สามารถผลิตเมล็ดได้เนื่องจากต้นลูกผสมได้รับยีนแก้ความเป็นหมันจากสายพันธุ์ R และแสดงความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือพ่อแม่ (heterosis) ออกมาด้วย (Virmani *et al.,* 1997) ในปี พ.ศ. 2554 กรมการข้าวได้รับรองพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์แรก คือ กขผ1 และต่อมาในปี พ.ศ. 2556 ได้รับรองพันธุ์ข้าวลูกผสมอีกพันธุ์หนึ่ง คือ กขผ3 (กรมการข้าว, 2557) งานวิจัยครั้งนี้ทำเพื่อให้เกษตรกรที่ปลูกข้าวได้ผลผลิตน้อย เพราะพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรปลูกในปัจจุบันเป็นพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line) เกือบทั้งหมด การพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตข้าวของประเทศไทยให้สูงขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรยอมรับพันธุ์ลูกผสมมากขึ้น เนื่องจากผลตอบแทนที่เกษตรกรได้จากการจำหน่ายผลผลิตเพิ่มขึ้น คุ้มค่ากับต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมในราคาที่สูง และต้องใช้เมล็ดพันธุ์ใหม่ในการปลูกทุกฤดูปลูก จึงควรมีวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลวางแผนการผลิตเชิงการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปักดำต้นข้าวสายพันธุ์ IR80151A ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายพันธุ์แม่ และสายพันธุ์ KUR4-116 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายพันธุ์พ่อ โดยใช้ต้นกล้าอายุประมาณ 22 - 30 วัน ปักดำ 1 ต้นต่อจับ ระยะปักดำ 20×20 เซนติเมตร และ 15×30 เซนติเมตร (ระยะปลูกของแถวสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ส่วนแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร) อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อเป็น 4:2, 6:2, 8:2 และ 10:2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-6-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ได้แก่ 1) ก่อนปักดำ 1 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 6-6-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 2) หลังปักดำ 30 วัน หรือระยะกำเนิดช่อดอก ใส่ปุ๋ยอัตรา 6 กิโลกรัม N ต่อไร่ 3) หลังปักดำ 45 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 6 กิโลกรัม N ต่อไร่วางแผนการทดลองแบบ split-split plot design in RCBD ทำ 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 (main plot) คือ วิธีการปลูกของสายพันธุ์พ่อและแม่แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่ -5, 0 และ 5 วัน โดยปลูกสายพันธุ์พ่อก่อนสายพันธุ์แม่ 5 วัน ต่อมาปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และปลูกสายพันธุ์พ่อหลังสายพันธุ์แม่ 5 วัน

ปัจจัยที่ 2 (sub plot) คือ ระยะปลูกของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่มี 2 ระยะ ได้แก่ ระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่เท่ากันที่ 20 เซนติเมตร และระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ส่วนระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร

ปัจจัยที่ 3 (sub-sub plot) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ ประกอบด้วย 4 อัตราส่วน ได้แก่ 4:2, 6:2, 8:2 และ 10:2

โดยเมื่อต้นข้าวสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่ออยู่ในระยะตั้งท้อง พ่นช่อดอกด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต GA_3 ความเข้มข้น 80 ppm โดยใช้เครื่องฉีดพ่นแบบสะพายหลัง โดยฉีดพ่นในขณะที่ลมสงบติดต่อกัน 2 วัน(ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Islam *et al.*, 2005) เมื่อต้นข้าวอยู่ในระยะดอกบาน (flowering) ช่วยผสมเกสรด้วยใช้เชือกลากผ่านช่อดอกข้าวเพื่อกระจายละอองเกสรจากต้นสายพันธุ์พ่อให้ตกลงบนดอกของต้นสายพันธุ์แม่ หลังการผสมพันธุ์และติดเมล็ดแล้วเก็บบันทึกข้อมูลผลผลิตเมล็ดต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของต้นสายพันธุ์แม่ ดำเนินการทดลองที่แปลงเกษตรกร อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา ในเดือนมีนาคม – กรกฎาคม ปี 2560

ผลการทดลอง

ผลของวันปลูกสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่

จากการศึกษาผลของการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่ -5, 0 และ 5 วัน ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่าการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเป็นช่วงวัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดแตกต่างกัน โดยการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดสูงที่สุดคือ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การปลูกสายพันธุ์พ่อเป็นช่วงวัน ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำที่สุดคือ 2.01 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ของข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่าการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเป็นช่วงวัน ไม่มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่แตกต่างกัน

Table 1 Seed setting and seed yield of KUH3 rice hybrid from 2 seeding ages of its R lines.

Transplanting of R line	Seed setting (%)[1]	Seed yield (kg/rai)[1]
Seeding 1 age	2.23[a1/]	9.01
Seeding 3 ages	2.01[b]	8.47
F-test	*	ns
CV (%)	6.12	12.44

* Significant difference of 95%

ns Non-significant difference

1/ Means in a column followed by the same letters are not significant difference at 95% level of confidence by LSD

ผลของระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่

จากการศึกษาผลของระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดและผลผลิตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่าระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ของข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่าระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่แตกต่างกัน โดยระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ส่วนระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร ให้ผลผลิต 9.31 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่เท่ากันที่ 20 เซนติเมตร ที่ให้ผลผลิต 8.17 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2)

Table 2 Seed setting and seed yield of KUH3 rice hybrid from 2 row spacings of its parental lines.

Parental line (maternal: paternal spacing)	Seed setting (%)[1]	Seed yield (kg/rai)[1]
20×20 cm	2.18	8.17[b]
15×30 cm	2.06	9.31[a1/]
F-test	ns	*
CV (%)	16.53	14.35

* Significant difference of 95%

ns Non-significant difference

1/ Means in a column followed by the same letters are not significant difference at 95% level of confidence by LSD

ผลของอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่ และแถวสายพันธุ์พ่อ

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่ และสายพันธุ์พ่อ ซึ่งประกอบด้วย 4 อัตราส่วน ได้แก่ 4:2, 6:2, 8:2 และ 10:2 ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดและผลผลิตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่ และสายพันธุ์พ่อ ที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดแตกต่างกัน โดยอัตราส่วน 6:2 ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดสูงที่สุดคือ 2.72 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราส่วน 10:2 ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำที่สุดคือ 1.49 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ของข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่า อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่ และสายพันธุ์พ่อ ที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ของข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 แตกต่างกัน (ตารางที่ 3) โดยอัตราส่วน 6:2 ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 10.61 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่อัตราส่วน 4:2, 8:2 และ 10:2 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันคือ 7.99, 8.40 และ 7.97 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

Table 3 The effect of row ratio of A:R lines on Seed setting and seed yield of KUH3 rice hybrid from 4 parental lines ratio.

Row ratio (maternal: paternal ratio)	Seed setting (%)[1]	Seed yield (kg/rai)[1]
4:2	2.31[b1/]	7.99[b]
6:2	2.72[a]	10.61[a]
8:2	1.96[c]	8.40[b]
10:2	1.49[d]	7.97[b]
F-test	**	**
CV (%)	16.99	13.71

** Significant difference at 99% level of probability by LSD

1/ Means in a column followed by the same letters are not significant difference at 95% level of confidence by LSD

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 โดยพิจารณา 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) การปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่ -5, 0 และ 5 วัน 2) ระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่และ 3) อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ การปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมากกว่าการปลูกสายพันธุ์พ่อเป็นช่วงวัน และการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างจากการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่ -5, 0 และ 5 วัน (ตารางที่ 1) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Virmani and Sharma (1993) ที่พบว่าการปลูกสายพันธุ์พ่อเหลื่อมกับสายพันธุ์แม่เป็นช่วงวัน ทำให้เพิ่มช่วงระยะการออกดอกของเกสรสายพันธุ์พ่อยาวนานขึ้น ทำให้มีเวลาในการผสมเกสรระหว่างสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่นานขึ้น

ในส่วนของระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ พบว่าระยะแถวของสายพันธุ์พ่อและสายพันธุ์แม่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดแตกต่างกัน แต่ระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 20 เซนติเมตร ระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 20 เซนติเมตร (ตารางที่ 2) เนื่องจากระยะแถวของสายพันธุ์แม่ที่ห่าง 15 เซนติเมตร มีการเพิ่มจำนวนของต้นแม่ต่อพื้นที่มากขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่สูงขึ้น มากกว่าระยะแถวของสายพันธุ์แม่ที่ห่าง 20 เซนติเมตร แต่จากการทดลองของ Hasan *et al.* (2010) ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ และระยะห่างระหว่างต้นที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม พบว่าอัตราส่วนระหว่างแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อเท่ากับ 12:2 ระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 20 เซนติเมตร ระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร ให้จำนวนหน่อต่อกอ อัตราการยืดรวง และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุด ซึ่งเหมือนกับผลการทดลองครั้งนี้ โดยใช้ระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร

อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อที่ 6:2 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดและผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุด แต่เนื่องจาก ในช่วงข้าวออกดอก ต้นข้าวพบกับสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อน

ส่งผลให้การผสมเกสรได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้ต้องเทียบกับผลผลิตขั้นต่ำตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงควรใช้อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อเป็น 6:2 ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ของข้าวลูกผสม (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ สุชาติ และคณะ (2552) ซึ่งใช้อัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ 6:2 ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงที่สุดคือ 310 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการศึกษาของ สุภาพร และคณะ (2554) พันธุ์พ่อในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวพบว่าอัตราส่วนธุ์ระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพัลูกผสม PTT06001H เป็น 6:2, 8:2 และ 10:2 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน

สรุป

จากการศึกษาถึงวิธีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมพันธุ์ KUH3 พบว่า ควรปลูกด้วยวิธีการปลูกสายพันธุ์พ่อพร้อมกับสายพันธุ์แม่ และใช้ระยะแถวของสายพันธุ์พ่อ 30 เซนติเมตร ระยะแถวของสายพันธุ์แม่ 15 เซนติเมตร และอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถวของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อเป็น 6:2

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากแผนงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพสำหรับการแปรรูปเชิงอุตสาหกรรมระยะที่ 2 ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผ่านสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2557. **กขผ3 และเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม**. แหล่งที่มา: http://ptt-rrc.ricethailand.go.th/webptt/research/paper/1_57.pdf, 21 มีนาคม 2560.

สุชาติ นักปราชญ์, สุภาพร จันทร์บัวทอง, สุรพงศ์ โพธิพิบูลย์, สุภาวิณี สวงโท, ชวนชม ดีรัศมี, บังอร ธรรมสามิสรณ์,กุลชนา เกตุสุวรรณ, สุนิยม ตาปราบ, อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, พีระ ดุงสูงเนิน, ไพลิน รัตนจันทร์, นิตยา รื่นสุข, ดารา เจตนะจิตร, พจน์ วัจนะภูมิ, นงนุช ประดิษฐ์, สกุล มูลคำ, สุรเดช ปาละวิสุทธ์, กัญญา เชื้อพันธุ์ และวัชรี สุขวิวัฒน์. 2552. ข้าวลูกผสม : สถานภาพการวิจัยและพัฒนาของกรมการข้าว. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2552.** สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร จันทร์บัวทอง, ชวนชม ดีรัศมี, อุดมพรรณ พรหมนารท, สุนิยม ตาปราบ, ลือชัย อารยะรังสฤษฏ์ และ อรพิน วัฒเนสก์. 2554. เทคนิคการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม PTT06001H, น. 133-140. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์ข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ประจำปี 2553**. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2555.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Hasan, M.J., M.Z. Ullah, A.H., M.A. Rahman, M.S. Rahman and S.B. Naseem. 2010. Determination of suitable row ratio and spacing for F_1 seed production of commercial rice hybrid. **Intl. J. BioRes.** 8(2): 74-78.

Islam, M.S., G.J.U. Ahmed, and A.W. Julfiquar. 2005. Effect of flag leaf clipping and GA_3 application on hybrid rice seed yield. **Crop Management Physiol.** 30(1): 46-47.

Virmani, S.S., B.C. Viraktamath, C.L. Casal, R.S. Toledo, M.T. Lopez and J.O. Manalo. 1997. Hybrid Rice Breeding Manual. **International Rice Research Institute**, Los Banos, Laguna, Philippines. P.151.

Virmani, S.S. and H.L. Sharma. 1993. Manual for Hybrid Rice Seed Production. **International Rice Research Institute**, Manila, Philippines.

การทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธ์พันธุ์พ่อแม่ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม ระบบ 2 สายพันธุ์

Evaluation of Combining Ability in Parental Line for Two Line Hybrids Rice Breeding

สหพล จิ๋ว[1*] ประภา ศรีพิจิตต์[1] และ ธานี ศรีวงศ์ชัย[1]

Sahapon Jiw[1*], Prapa Sripichitt [1]and Tanee Sreewongchai [1]

บทคัดย่อ

การเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวต่อพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการผลิตข้าว โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาสายพันธุ์แม่ ที่มีละอองเรณูเป็นหมัน เนื่องจากการตอบสนองต่ออุณหภูมิ (KU-TGMS line) และสายพันธุ์พ่อ (KUR line) เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อและแม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ โดยใช้สายพันธุ์แม่ 4 สายพันธุ์ ผสมกับสายพันธุ์พ่อ 10 สายพันธุ์ ได้เมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 40 คู่ผสม นำไปปลูกในแปลงทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบ Augmented in RCBD พบว่า สายพันธุ์ KU-TGMS1 และสายพันธุ์พ่อ R3-79 มีสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุด เท่ากับ 3.42 และ 4.80 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสมรรถนะการผสมเฉพาะ คู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ KU-TGMS1 กับ R1-18 และ คู่ผสมระหว่าง KU-TGMS 3 กับ R9-271 มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงสุด เท่ากับ 8.60 และ 6.99 ตามลำดับ และแสดงค่าความดีเด่นของลูกผสมเหนือสายพันธุ์เปรียบเทียบ RD49 ที่เป็นพันธุ์การค้า เท่ากับ 46.14 และ 34.93 ตามลำดับ คู่ผสมเหล่านี้เหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นพันธุ์การค้าต่อไป

ABSTRACT

Increasing the yield potential of rice per area is one of the important aspects of rice production. KU-TGMS lines with temperature response for sterile pollen and restorer lines (R lines) were developed by the Hybrid Rice Breeding Program, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.The objective of this study was to evaluation the combining ability of 4 KU-TGMS lines and 10 R lines. Total 40 F_1hybrids, their parents and check varieties were planted in field condition by using the augmented in RCBD experimental design. The result showed that KU-TGMS1 and R3-79 having high general combining ability with value 3.42 and 4.80, respectively. The highest specific combining ability was found in cross between KU-TGMS1/R1-18 and KU-TGMS3/R9-271 with 8.60 and 6.99, respectively. This F_1 hybrid showed standard heterosis value comparing to the commercial variety, RD49, which was 46.14 and 34.93 percentage, respectively. These fore, these parental lines can be used to develop commercial F_1 hybrids.

Key word: hybrid rice, combining ability, two line hybrid rice

* Corresponding author; e-mail address: agronomy38@gmail.com

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricuture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวลูกผสม (hybrid rice) เป็นอีกหนึ่งวิธีการในการเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสม (hybrid vigor) ซึ่งข้าวลูกผสมที่ดีจะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์บริสุทธิ์ที่ดีที่สุด อย่างน้อย 15-20 เปอร์เซ็นต์ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน โดยนักพันธุศาสตร์เรียก ปรากฏการณ์ที่ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อแม่ 2 พันธุ์ ที่มีพันธุกรรมไม่เหมือนกัน แสดงความแข็งแรง การเจริญเติบโต ความมีชีวิต ความสามารถในการให้ผลผลิต ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม คุณภาพของเมล็ด และลักษณะอื่น ๆ ที่ดีกว่าพ่อแม่ ว่า ความดีเด่นของลูกผสม (hybrid vigor หรือ heterosis) ซึ่งการแสดงออกของลูกผสมชั่วที่ 1 ที่มีความดีเด่นมากกว่าพ่อแม่ในบางลักษณะ เรียกว่า ความดีเด่นในทางบวก (positive heterosis) และ ความดีเด่นที่น้อยกว่าพ่อแม่ในบางลักษณะ เรียกว่า ความดีเด่นในทางลบ (negative heterosis) (Virmani *et al.*, 1997) ทั้งนี้ในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช ความดีเด่นของลูกผสม สามารถได้ใน 3 แบบ ได้แก่ 1) ความดีเด่นของลูกผสมเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid-parent heterosis, H_M) 2) ความดีเด่นของลูกผสมเหนือพ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (heterobeltiosis, H_{BP}) เพื่อประเมินความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 เหนือสายพันธุ์พ่อแม่ เพื่อประเมินความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์พ่อแม่ และ 3) ความดีเด่นของลูกผสมเหนือพันธุ์มาตรฐาน (standard heterosis, H_{CK}) เพื่อประเมินความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 เหนือพันธุ์การค้า เพื่อการผลิตข้าวลูกผสมเชิงการค้า (Yuan *et al.*, 2003) ดังนั้น ปรากฏการณ์ที่ข้าวลูกผสมแสดงออกถึงลักษณะทางพันธุกรรมที่รวมกันแล้วให้ผลผลิตที่ดีกว่าพันธุ์พ่อแม่ จึงจัดเป็นความดีเด่นของลูกผสมเช่นกัน (วรวิทย์, 2533) และอีกปัจจัยที่สำคัญในการผลิตลูกผสมชั่วที่ 1 คือ การคัดเลือกพ่อแม่ที่เหมาะสม เนื่องด้วยพืชแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์มีความสามารถในการให้ลูกผสมที่แตกต่างกัน ขึ้นกับสมรรถนะหรือความสามารถในการผสมพันธุ์(combining ability) (รังสฤษฏ์, 2539) สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ สมรรถนะการผสมทั่วไป (General Combining Ability: GCA) เป็นความสามารถของพันธุ์พืชหนึ่งผสมข้ามกับพันธุ์พืชอื่นๆ แล้วให้เฉลี่ยของลูกผสมอยู่ในเกณฑ์ดี เป็นผลเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนผลบวก (additive gene effect) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (Specific Combining Ability: SCA) เป็นความสามารถของพันธุ์พืชหนึ่งผสมข้ามกับพืชพันธุ์หนึ่ง แล้วให้เฉลี่ยของลูกผสมอยู่ในเกณฑ์ดี เป็นผลเนื่องจากปฏิกิริยาของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (nonadditive gene effect) ได้แก่ ปฏิกิริยาของยีนแบบข่ม (dominant) แบบข่มเกิน (overdominant) และการข่มข้ามคู่ (epistasis)(Spraque and Tutam, 1942) โดยทั่วไปการคัดเลือกพ่อแม่ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 ข้าวลูกผสมทั้งหมดมีความดีเด่นกว่าสายพันธุ์แท้ ทั้งในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต โดยที่ความดีเด่นของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่เกี่ยวข้องกับลักษณะจำนวนรวงต่อต้น ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ส่งผลให้ข้าวลูกผสมมีความดีเด่นในลักษณะผลผลิต ดังนั้นการคัดเลือกจากลักษณะองค์ประกอบผลผลิตจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้ (Joshi, 2000) ประเทศไทยเริ่มงานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 ด้วยความร่วมมือกับสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (IRRI) ในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์นำเข้ามานั้นมีการปรับตัวได้ไม่ดีกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย จึงมีการพัฒนาสายพันธุ์พ่อ-แม่อย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี สำหรับใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ และระบบ 2 สายพันธุ์ (บริบูรณ์ และ ปัทมา, 2550) ในการผลิตลูกผสมด้วยระบบ 2 สายพันธุ์ โดยที่สายพันธุ์ (restorer line; R

line) มีเพศผู้ปกติขณะที่สายพันธุ์แม่มีเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากการตอบสนองต่ออุณหภูมิ (temperature-sensitive genic male sterility ;TGMS) ซึ่งจะแสดงความเป็นหมันของเพศผู้เมื่อปลูกในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง แต่ถ้าปลูกในสภาพอุณหภูมิต่ำจะไม่หมัน (Virmani *et al*., 1997) ดังนั้น ถ้าต้องการเพิ่มปริมาณเมล็ดของสายพันธุ์ TGMS ไว้ใช้ปลูกในฤดูถัดไป จึงควรปลูกสายพันธุ์ TGMS ในสภาพอุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าต้องการใช้สายพันธุ์ TGMS เป็นต้นแม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมก็ต้องปลูกสายพันธุ์ TGMS ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อชักนำเพศผู้เป็นหมัน (Yuan *et al*., 2003) ซึ่งลักษณะที่ไม่สร้างละอองเรณูจากการตายของเซลล์เกิดขึ้น (programmed cell death) ทำให้ไม่มีการสร้างละอองเรณูในอับละอองเรณู (Zhang and Wilson 2009) ระบบนี้จึงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยดี ทำให้มีการถ่ายทอดลักษณะ TGMS แบบไม่มีการสร้างละอองเรณูสู่ข้าวไทยพันธุ์ชัยนาท1 สุพรรณบุรี1 และปทุมธานี1 โดยการปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือก เพื่อสร้างสายพันธุ์ TGMS สำหรับการใช้พัฒนาข้าวลูกผสมระบบ 2 สายพันธุ์ (Sreewongchai *et al*., 2014)

การศึกษาครั้งนี้ เพื่อทดสอบสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แม่ (KU-TGMS) ที่มีละอองเรณูเป็นหมันเนื่องจากการตอบสนองต่ออุณหภูมิ และสายพันธุ์พ่อ (KUR line) ที่พัฒนาขึ้นจากโครงการปรับปรุงพันธ์ข้าวลูกผสม ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่ ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดี และหาคู่ผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะดี เหมาะสำหรับการผลิตเป็นพันธุ์ลูกผสมทางการค้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสร้างลูกผสมชั่วที่ 1

1.1 ปลูกข้าวสายพันธุ์แม่จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ KU-TGMS 1, KU-TGMS 3, KUT 3-27 และ KUT 5-4 และสายพันธุ์พ่อจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ KUR1-18, KUR1-31, KUR3-102, KUR3-79, KUR4-120, KUR4-137, KUR7-197, KUR7-238, KUR9-271 และ KUR9-288 โดยแบ่งปลูกเป็นช่วงเว้นวันปลูกห่างกัน 10 วันต่อรอบ ซึ่งการปลูกข้าวจะปลูกลงในกระถางและตั้งไว้ในสภาพโรงเรือนทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 เมื่อดอกข้าวพร้อมรับการผสม ตรวจความเป็นหมันของละอองเกสรของต้นแม่ ด้วยวิธีการย้อมสีละอองเรณูด้วยสารละลาย I_2-KI ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ละอองเรณูที่หมันแสดงลักษณะย้อมไม่ติดสี แล้วผสมข้าวด้วยวิธีการ นำละอองเรณูของต้นพันธุ์พ่อมาผสมพันธุ์กับช่อดอกของต้นพันธุ์แม่ ในช่วงเช้าเวลาประมาณ 09.00-11.00 น.โดยผสมแบบพบกันหมดระหว่างกลุ่ม (factorial meatting design) แล้วคลุมช่อดอกไว้ด้วยถุงกระดาษ

1.3 หลังจากการผสมพันธุ์และติดเมล็ดประมาณ 1 เดือน เก็บเมล็ดที่ได้จากการผสมมาใช้ในการปลูกทดสอบในสภาพแปลงต่อไป

2. การทดสอบในสภาพแปลงทดลอง

ปลูกข้าวลูกผสมทั้ง 40 สายพันธุ์ สายพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์เปรียบเทียบได้แก่ ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 พิษณุโลก 1 และกข49 ในแปลงเกษตรกร อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม พ.ศ.2559 แปลงย่อยขนาด 3×2 เมตร ระยะปลูก20×20 เซนติเมตร แผนการทดลองแบบ

Augmented design in RCBD เก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรและผลผลิต เพื่อการประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์พ่อแม่

3. การทดสอบสมรรถนะการผสม

ประเมินสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability, SCA) ของสายพันธุ์พ่อ-แม่ ประเมินความดีเด่นของในลักษณะผลผลิต และวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม Agresearch version 7.01

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อที่เป็นข้าวสายพันธุ์ไทย ที่พัฒนาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสม ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้สายพันธุ์แม่จำนวน 4 สายพันธุ์ผสมกับสายพันธุ์พ่อ 10 สายพันธุ์ เพื่อการประเมินและคัดเลือกสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะของสายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในลักษณะผลผลิตค่าเฉลี่ยต่อต้น พบว่า พันธุ์ (variety) สายพันธุ์พ่อแม่กับลูกผสม (parent vs crosses) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 ส่วนลูกผสม (crosses) และสายพันธุ์พ่อ (male) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 และ สายพันธุ์พ่อแม่ (parent) สายพันธุ์แม่ (female) และสายพันธุ์พ่อผสมกับสายพันธุ์แม่ (M×F) ไม่แตกต่างทางสถิติในลักษณะผลผลิตต่อต้น (กรัม/ต้น) (Table 1)

Table 1 The analysis of variance of yield per plant (g/plant)

SOV	df	SS	MS	F
Varieties	53	7187.53	135.61	4.81**
Crosses	39	1839.09	47.15	1.67*
Parent	13	170.86	13.14	0.46^{ns}
Male	9	427.13	142.37	4.14*
Female	3	483.77	53.75	1.53^{ns}
M×F	1	928.17	34.37	1.21^{ns}
Parent VS Crosses	1	5177.57	5177.57	183.65**

*, ** and ns indicate significant at P≤ 0.05, P≤0.01 and not significant, respectively.

เมื่อทำการประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุพ่อแม่ สายพันธุ์ที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงที่สุด คือ สายพันธุ์ KU-TGMS1 และสายพันธุ์ R3-79 เท่ากับ 3.42 และ 4.80 ตามลำดับ ขณะที่สายพันธุ์ KUT3-27 และสายพันธุ์ R1-31 ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปต่ำสุด เท่ากับ -2.36 และ -3.24 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสมรรถการผสมเฉพาะ พบว่าคู่ผสมระหว่าง KU-TGMS1 กับ R1-18 และ มีค่าสมรรถนะการเฉพาะสูงที่สุด

เท่ากับ 8.60 ส่วนคู่ผสมที่ให้สมรรถนะการผสมเฉพาะต่ำที่สุด คือ คู่ผสมระหว่าง KU-TGMS1 กับ R9-271 มีค่าเท่ากับ -6.94 (Table 2)

Table 2 The analysis of variance of GCA and SCA from yield per plant

Female \ Male	R1-18	R1-31	R3-102	R3-79	R4-120	R4-137	R7-197	R7-238	R9-271	R9-288	GCA
KU-TGMS1	8.60	-2.99	1.13	-5.87	-0.13	-1.53	2.24	0.85	-6.94	4.62	3.42
KU-TGMS3	-3.38	3.73	-3.29	3.34	-3.81	0.23	-1.56	1.35	6.99	-3.59	0.79
KUT3-27	-2.04	-0.55	5.14	2.52	2.53	1.35	-5.10	0.84	-1.94	-2.75	-2.36
KUT5-4	-3.18	-0.19	-2.98	0.02	1.41	-0.06	4.42	-3.04	1.89	1.71	-1.85
GCA	-2.46	-3.24	1.05	4.80	-2.64	1.92	2.74	-0.66	-0.78	-0.71	

SE of GCA for female and male =1.1873 and 1.8772, respectively.

SE of SCA for F_1 hybrids =3.7545

จากตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อต้นของลูกผสมทั้ง 40 คู่ผสม พบว่า คู่ผสมที่ให้ผลผลิตต่อต้นสูงสุด เท่ากับ 33.35 กรัมต่อต้น เป็นคู่ผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะสูงที่สุด คือคู่ผสมระหว่าง KU-TGMS1 กับ R1-18 และคู่ผสมที่รองลงมา คือ คู่ผสมระหว่าง KU-TGMS3 กับ R3-79 เท่ากับ 32.72 กรัมต่อต้น เมื่อพิจารณาค่าสมรรถนะผสมเฉพาะจะเห็นว่าคู่ผสมที่มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะอีก 1 คู่ผสม คือ คู่ผสมระหว่าง KU-TGMS3 กับ R9-271 มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่อต้นเป็นลำดับที่ 3 เท่ากับ 30.79 กรัมต่อต้น มีค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะที่ต่ำกว่าเป็นผลมาจากการแสดงของยีนผลบวก (additive gene effect) ระหว่างสายพันธุ์พ่อ-แม่ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปดี ส่วนคู่ผสมที่ให้ผลผลิตต่อต้นน้อยที่สุด คือ คู่ผสมระหว่าง KUT5-4 กับ R1-18 เท่ากับ 16.29 กรัมต่อต้น ซึ่งในการทดลองนี้ จะเห็นว่าคู่ผสมที่มีสมรรถนะการเฉพาะสูงและมีศักยภาพผลผลิตที่สูง เป็นผลมาจากสายพันธุ์แม่ที่มีสมรรถนะการผสมที่ดี ซึ่งลูกผสมที่ได้เกิดจากการแสดงผลของยีนไม่เป็นแบบผลบวก(nonadditive gene effect) ร่วมกับยีนแบบผลบวกจากสายพันธ์พ่อแม่ (Table 3)

Table 3 Average yields per plant of hybrids (g)

Female \ Male	R1-18	R1-31	R3-102	R3-79	R4-120	R4-137	R7-197	R7-238	R9-271	R9-288
KU-TGMS1	33.35	20.97	29.39	26.14	24.43	27.6	32.19	27.4	19.49	31.12
KUTGMS3	18.74	25.07	22.34	32.72	18.13	26.74	25.76	25.27	30.79	20.28
KUT3-27	16.92	17.63	27.61	28.74	21.31	24.7	19.06	21.6	18.7	17.96
KUT5-4	16.29	18.5	20	26.75	20.7	23.8	29.09	18.23	23.05	22.94

F-test: ** CV (%): 4.2 LSD 95%: 3.63

จากการพิจารณาความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ พบว่า คู่ผสมที่ให้ค่าความดีเด่นสูงสุด คือ คู่ผสมระหว่าง KUT5-4 กับ R3-79 เท่ากับ 143.78 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือคู่ผสมระหว่าง KUT5-4 กับ R4-137 เท่ากับ 138.76 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทั้ง 2 คู่ผสมที่มีสมรรถการผสมเฉพาะสูงสุด มีค่าเท่ากับ 80.86 และ 109.24 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนคู่ผสมที่ให้ค่าต่ำสุด คือ คู่ผสมระหว่าง KUT3-27 กับ R9-288 เท่ากับ 4.97 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด พบว่า ค่าความดีเด่นของคู่ผสมเหนือพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด ให้ค่าคล้ายคลึงกับความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (Table 4,Table 5) ซึ่งค่าความดีเด่นของทั้ง 2 แบบนี้ ใช้จำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์พ่อ-แม่ เมื่อพิจารณาจากค่าสมรรถนะการผสมทั่วไป จะเห็นว่า คู่ผสมที่มีความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อหรือที่ดีที่สุด ที่ให้ค่ามาก เป็นผลมาจากสายพันธุ์แม่ที่ให้สมรรถนะการผสมเชิงลบ และสายพันธุ์พ่อที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปเชิงบวก เมื่อเกิดการผสมข้าม ทำให้แสดงค่าความดีเด่นทั้ง 2 แบบที่สูง เนื่องจากความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์พ่อแม่ จึงทำให้แสดงค่าความดีเด่นที่สูงกว่าสายพันธุ์ที่มีสมรรถนะการผสมทั่วไปใกล้เคียงกัน

Table 4 The mid parent heterosis percentage in yield per plant of hybrids (g)

.

Female \ Male	R1-18	R1-31	R3-102	R3-79	R4-120	R4-137	R7-197	R7-238	R9-271	R9-288
KU-TGMS1	80.86	24.45	32.75	48.78	49.24	66.62	50.07	16.22	13.31	49.90
KU-TGMS3	17.46	74.52	13.66	116.90	30.57	89.91	35.83	19.82	109.24	10.97
KUT3-27	14.40	33.56	49.32	106.47	67.53	91.25	7.08	8.41	38.01	4.97
KUT5-4	37.55	80.43	28.68	143.78	111.81	138.76	95.85	7.37	117.39	61.97

F-test: ** CV (%): 1.8 LSD 95%: 1.82

Table 5 The heterobeltiosis percentage in yield per plant of hybrids (g)

Female \ Male	R1-18	R1-31	R3-102	R3-79	R4-120	R4-137	R7-197	R7-238	R9-271	R9-288
KU-TGMS1	50.77	-5.20	32.63	18.17	10.44	24.77	45.52	9.47	-11.89	40.69
KU-TGMS3	9.27	46.18	0.81	90.79	5.71	55.92	23.97	0.96	79.53	4.54
KUT3-27	14.17	18.96	24.59	93.93	43.79	66.67	-8.28	-13.70	26.18	-7.42
KUT5-4	10.37	59.76	-9.75	105.45	94.92	116.17	39.99	-27.17	87.70	18.25

F-test: ** CV (%): 3.1 LSD 95%: 2.13

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความดีเด่นของลูกผสมเหนือพันธุ์เปรียบเทียบ ในการศึกษาในครั้งนี้ใช้พันธุ์ กข49 ซึ่งเป็น 1ใน 5 พันธุ์ ที่ใช้เปรียบเทียบในการทดลองที่ให้ผลผลิตสูงสุดและเป็นพันธ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกในปัจจุบัน

ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 22.82 กรัมต่อต้น พบว่า สายพันธุ์ลูกผสมที่ให้สมรรถนะการผสมที่สูง มีความดีเด่นเหนือพันธุ์เปรียบเทียบที่สูง และยังให้ผลผลิตที่สูงสุดต่อต้นที่สูงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ในการเปรียบเทียบความดีเด่นเหนือพันธุ์เปรียบเทียบที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ตามการรายงานของ Yuan *et al.* (2003) ลูกผสมที่ดีจะต้องให้ผลผลิตมากกว่าสายพันธุ์แท้ 15-20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อพิจารณาตามค่าสมรรถนะการผสมเฉพาะที่สูงทั้ง 2 คู่ผสม และมีความดีเด่นเหนือพันธุ์เปรียบเทียบเท่ากับ 46.14 และ 34.93 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าคู่ผสมนี้เหมาะสำหรับการนำไปผลผลิตพันธุ์ลูกผสมต่อไป (Table 6)

Table 6 The standard heterosis percentage in yield per plant of hybrids (g)

Male / Female	R1-18	R1-31	R3-102	R3-79	R4-120	R4-137	R7-197	R7-238	R9-271	R9-288
KU-TGMS1	46.14	-8.11	28.79	14.55	7.06	20.95	41.06	20.07	-14.59	36.37
KU-TGMS3	-17.88	9.86	-2.10	43.38	-20.55	17.18	12.88	10.74	34.93	-11.13
KUT3-27	-25.85	-22.74	20.99	25.94	-6.62	8.24	-16.48	-5.35	-18.05	-21.30
KUT5-4	-28.62	-18.93	-12.36	17.22	-9.29	4.29	27.48	-20.11	1.01	0.53

F-test: ** CV (%): 23.6 LSD 95%: 2.24

RD49=22.82 (g/plant)

สรุป

การประเมินสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แม่จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ได้แก่ KU-TGMS 1, KU-TGMS 3, KUT 3-27 และ KUT 5-4 และสายพันธุ์พ่อจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ KUR1-18, KUR1-31, KUR3-102, KUR3-79, KUR4-120, KUR4-137, KUR7-197, KUR7-238, KUR9-271 และ KUR9-288 พบว่า สายพันธุ์แม่และสายพันธุ์พ่อ ที่ให้ค่าสมรรถนะการผสมทั่วไปสูงสุด คือ KU-TGMS1 และ R3-79 เท่ากับ 3.42 และ 4.80 ตามลำดับ คู่ผสมที่มีความดีเด่นเหนือพันธุ์เปรียบเทียบสูงสุดมีจำนวน 2 คู่ผสม คือคู่ผสมระหว่างสายพันธุ์ KU-TGMS1/R1-18 และ KU-TGMS3/R9-271 ซึ่งสมรรถนะผสมเฉพาะเท่ากับ 8.60 และ 6.99 ตามลำดับ และความดีเด่นเหนือพันธุ์เปรียบเทียบ 46.14 และ 34.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นข้าวลูกผสมพันธุ์การค้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากแผนงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพสำหรับการแปรรูปเชิงอุตสาหกรรมระยะที่ 2 ที่ได้รับสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผ่านสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

บริบูรณ์ สมฤทธิ์ และ ปัทมา ศิริธัญญา. 2550. **ข้าวลูกผสม: สถานภาพข้าวลูกผสมในนานาประเทศ**. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. 2539.**การปรับปรุงพันธุ์พืชขั้นสูง I.** พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2533. **ข้าวลูกผสม. แปลจาก** Hybrid rice **โดย** Yuan Longping.สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Joshi, B.K. 2000. Heterosis for yield and yield components in rice. **Nepal. Agric. Res. J.** 4: 6-12.

Spraque, G.F. and L.A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single cross of corn. **J.Amer.Soc.Agron**. 34:923-932

Sreewongchai, T., W. Matthayatthaworn, C. Phumichai and P. Sripichitt. 2014. Introgression of Gene for Non-Pollen Type Thermo-Sensitive Genic Male Sterility to Thai Rice Cultivars. **Rice Science** 21(2): 123-126

Virmani, S.S., B.C. Viraktamath, C.L. Casal, R.S. Toledo, M.T. Lopez and J.O. Manalo. 1997. **Hybrid Rice Breeding Manual**. International Rice Research Institute, Los Banos.

Yuan, L., X. Wu, F. Liao, G. Ma and Q. Xu. 2003. **Hybrid Rice Technology.** China Agriculture Press, Beijing.

Zhang, D.B. and Z.A. Wilson 2009. Stamen specification and anther development in rice. **China Sci. Bull.** 54:2342–2353.

ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส

Effect of Harvest Time on Fruit Quality of 'Marroo seedless' Table Grape

นวลปรางค์ ไชยตะขบ[1*] บุญร่วม จันทร์ชื่น[2] และ นวะรัตน์ พิลาภ[2]

Nuanprang Chaitakhob[1*], Boonluam Janchean[2] and Nawarat Pilap[2]

บทคัดย่อ

ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลองุ่นรับประทานสดพันธุ์มารูซีดเลส (Marroo seedless) ที่อายุเก็บเกี่ยว 105, 110 และ 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง พบว่าผลผลิตต่อต้น น้ำหนักช่อผล ขนาดช่อผล น้ำหนักผลและขนาดของผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลต่อคุณภาพของผลโดยเมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง จะได้ผลองุ่นที่มีรสชาติหวานขึ้น โดยมีค่า TSS (total soluble solids) มากที่สุดเท่ากับ 18.07 องศาบริกซ์ และสัดส่วน TSS/TA เท่ากับ 37.35 ส่วนค่า TA (titratable acidity) ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.433 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยเมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่า TSS, TA และ TSS/TA เท่ากับ 15.80 องศาบริกซ์, 0.487 เปอร์เซ็นต์ และ 36.52 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า TA และ TSS/TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 105 วันหลังตัดแต่งกิ่ง มีค่า TSS และ TSS/TA ต่ำที่สุดเท่ากับ 15.53 องศาบริกซ์ และ 30.06 ตามลำดับ และมีค่า TA สูงที่สุดเท่ากับ 0.517 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

The effect of harvest time on fruit quality of table grape cv. Marroo seedless was conducted at 105, 110 and 115 days after pruning. The result showed that yield per plant, bunch weight, bunch size, berry weight and berry size were not significantly different in all of the treatments. The harvest times particularly affected on fruit quality; that were grape fruits at 115 days after pruning had highest TSS (total soluble solids) of 18.07 °Brix and TSS/TA ratio was 37.35 and TA (titratable acidity) valued lowest by 0.433%. These followed by the other one at 110 days after pruning which were TSS, TA and TSS/TA ratio of 15.80 °Brix, 0.487% and 36.52, respectively, finding that TA and TSS/TA ratio were not significantly different. Another one at 105 days after pruning had lowest TSS and TSS/TA ratio of 15.53 °Brix and 36.52, respectively and TA had highest of 0.517%.

Key Words: grape, harvest time, fruit quality, on-vine storage

* Corresponding author; e-mail address: rdgnrp@ku.ac.th

[1] ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Agricultural Research and Technology Transfer Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] สถานีวิจัยกาญจนบุรี คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Kanchanaburi research station, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

ในช่วงการเจริญเติบโตของผลองุ่นจะมีการเปลี่ยนสีผิวของผล โดยในช่วงแรกเปลือกจะมีสีเขียว เมื่อเข้าระยะ veraison จะมีการเปลี่ยนสีของผล โดยการสร้างสารประกอบพวกแอนโทไซยานิน (ดนัย, 2556) ซึ่งมีปริมาณสีสูงสุดในระยะสุกแก่อันเป็นระยะที่ควรเก็บเกี่ยว องุ่นที่ผลิตภายในประเทศ มักจะมีคุณภาพต่ำ เช่น ผลมีขนาดเล็ก รสชาติไม่หวานกรอบ เปอร์เซ็นต์น้ำตาลต่ำ เนื่องจากการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยาและเมตะบอลิซึมภายในผลองุ่นไม่สมบูรณ์ (Winkler *et al.*, 1974) เพราะประเทศไทย เป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น การพัฒนาสีผิวผลหรือปริมาณแอนโทยานินถูกทำลายและมีการพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์ รวมทั้งการสร้างน้ำตาลและกรดไม่เต็มที่ ทำให้รสชาติขององุ่นไม่ดี การเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลผลิตที่ดีและเป็นที่ต้องการของตลาด แต่อย่างไรก็ดีผลองุ่นที่มีรสชาติดีมักจะมีอายุเก็บเกี่ยวที่ใกล้เสียหาย (Fallik, 2004) หากเก็บเกี่ยวช้า ผลองุ่นจะนิ่มจนเกินไป การศึกษาเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวนับว่าเป็นประโยชน์ต่อการผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุสุกแก่ของผลขนาดผลและสภาพแวดล้อมขณะเจริญเติบโต การเก็บเกี่ยวในช่วงฝนตกจะทำให้ผลผลิตเสียหายอย่างมาก เช่น ผลแตก ผลเน่า เป็นต้น (Winkler *et al.*, 1974) บางครั้งจำเป็นต้องเก็บผลผลิตก่อนจะได้รับความเสียหาย หรือถ้าไม่มีฝนตก อาจเก็บรักษาผลไว้บนต้นก่อนก็อาจทำได้เช่นกัน (Piazzolla *et al.*, 2016) ดังนั้นอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงมีความสำคัญเพื่อใช้พิจารณาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในขณะผลสุกแก่ซึ่งพร้อมเก็บเกี่ยว การศึกษาครั้งนี้จึงศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส (Marroo seedless) ซึ่งอาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดเวลาการเก็บเกี่ยวของเกษตรกร เพื่อให้ตรงต่อความต้องการของตลาดและหลีกเลี่ยงวันที่ฝนตก ซึ่งทำความเสียหายให้กับผลผลิตองุ่นอย่างมากโดยเฉพาะในช่วงการสุกแก่ขององุ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แปลงทดสอบพันธุ์องุ่นรับประทานสดชนิดไม่มีเมล็ดพันธุ์มารูซีดเลส ที่สถานีวิจัยกาญจนบุรี ตำบลวังด้ง อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี อายุ 8 ปี ระยะปลูก 2 x4 เมตร ซึ่งตัดแต่งเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2554 ดอกบานวันที่ 19 กันยายน 2554 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้องุ่น 5 ต้น รวมใช้องุ่นในการทดลอง 45 ต้น โดยศึกษาอายุการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ดังนี้คือ

อายุ 105 วันหลังตัดแต่งกิ่ง (30 พฤศจิกายน 2554)

อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง (5 ธันวาคม 2554)

อายุ 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง (10 ธันวาคม 2554)

เก็บข้อมูลผลผลิตคือ ขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนักช่อผล ขนาดความกว้าง ความยาว น้ำหนักผล เปอร์เซ็นต์น้ำตาลโดยพิจารณาจากค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) เปอร์เซ็นต์กรดโดยพิจารณาจากค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำผลองุ่น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษา ผลของอายุเก็บเกี่ยวผลผลิตองุ่น พันธุ์มารูซีดเลสที่มีต่อคุณภาพผลในครั้งนี้พบว่า อายุเก็บเกี่ยวไม่มีผลที่แตกต่างกันต่อผลผลิตต่อต้น น้ำหนักช่อผล ขนาดช่อผล น้ำหนัก 20 ผล น้ำหนักผลและความยาวผล (Table 1 และ 2) โดยมีผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 4,488 กรัม น้ำหนักช่อผลเฉลี่ยเท่ากับ 161.32 กรัม ความกว้าง

ช่อผลเฉลี่ยเท่ากับ 9.98 เซนติเมตร และความยาวช่อผล เฉลี่ยเท่ากับ 14.4 เซนติเมตร (Table 1) และพบว่ามีน้ำหนักของผล 20 ผลเฉลี่ยเท่ากับ 55.98 กรัม ความกว้างผลเฉลี่ยเท่ากับ 14.99 เซนติเมตร และความยาวของผลเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 เซนติเมตร โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งหมดเมื่อมีอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน(Table 2)

Table 1 Yield per plant, bunch weight, bunch width and bunch length of 'Marroo seedless' table grape at 3 harvesting time

Days after pruning (DAP)	Yield/plant (gram)	Bunch weight (gram)	Bunch width (cm)	Bunch length (cm)
105 DAP	5,066[1/]	163.07	10.07	13.67
110 DAP	3,520	162.43	10.53	14.03
115 DAP	4,877	158.47	9.33	15.57
naeM	4,488	161.32	9.98	14.42
F-test	ns[2/]	ns	ns	ns
C.V. (%)	22.63	15.67	7.20	7.85

1/ Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

2/ ns Not significant

ผลการทดลองนี้ซึ่งพบว่า ผลขององุ่นพันธุ์มารูซีดเลสมีขนาดและน้ำหนักผลไม่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ระยะเก็บเกี่ยวที่อายุ 105 หลังตัดแต่งกิ่ง ซึ่งน่าจะเป็นระยะผลแก่แล้ว (maturation) จนถึงที่อายุ 115 วัน ซึ่งเป็นระยะผลสุกแล้ว (ripening) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Kurt *et al.* (2017) ที่พบว่า ผลองุ่นพันธุ์ Isabel มีขนาดเพิ่มขึ้นแม้ว่าอายุสุกเพิ่มขึ้น โดยพบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและน้ำหนักแห้งของผลเพิ่มขึ้นจนถึงระยะสุกงอม (overripe) ที่อายุ 293 หลังดอกบาน อย่างไรก็ตามหลังจากสุกงอมก็จะมีขนาดลดลงและความชื้นในผลลดลงทำให้มีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (Kurt *et al.*, 2017) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ระหว่างการสุกแก่ของผล พบว่า หลังการติดผลแล้ว ผลองุ่นพันธุ์ Bangalore Blue จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็วจนถึงอายุ 57 วันหลังการออกดอก จากนั้นการเจริญจะช้าลงและเข้าสู่ระยะผลแก่ (ดนัย, 2556) สำหรับองุ่นพันธุ์ Italia พบว่าปริมาตรของผลเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุมากขึ้น โดยมีค่าสูงที่สุดขณะผลสุกแก่อย่างสมบูรณ์ (Piazzolla *et al.*, 2016)

เมื่อพิจารณาคุณภาพของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส พบว่า อายุเก็บเกี่ยวมีผลแตกต่างกันต่อคุณภาพของผลองุ่น ทั้งจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) และสัดส่วน TSS/TA โดย TSS ของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.48 องศาบริกซ์ (^{0}Brix) โดยเมื่อมีอายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นที่อายุ 115 วัน ผลองุ่นจะมีค่า TSS มากที่สุดเท่ากับ 18.07 องศาบริกซ์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 110 และ 105 วัน โดยผลองุ่นมีค่า TSS เท่ากับ 15.53 และ 15.80 องศาบริกซ์ ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ของผลองุ่นที่อายุเก็บเกี่ยว 110 และ 105 วันหลังตัดแต่งกิ่ง (Table 3)

Table 2 Twenty-berry weight, berry weight and berry length of 'Marroo seedless' table grape at 3 harvesting time

Days after pruning (DAP)	20-berry weight (gram)	berry weight (mm)	berry length (mm)
105 DAP	59.33[1/]	13.49	16.62
110 DAP	49.07	15.92	16.56
115 DAP	59.53	15.87	16.89
naeM	55.98	14.99	16.67
F-test	ns[2/]	ns	ns
C.V. (%)	10.28	6.08	4.23

1/ Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

2/ ns Not significant

ส่วนค่า TA ของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.479 เปอร์เซ็นต์ โดยอายุเก็บเกี่ยว 105 วัน ผลองุ่นมีค่า TA มากที่สุดเท่ากับ 0.517 เปอร์เซ็นต์ และเมื่ออายุมากขึ้นที่อายุเก็บเกี่ยว 110 วัน ผลองุ่นมีค่า TA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเท่ากับ 0.487 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อขยายเวลาอายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นไปที่ 115 วัน ผลองุ่นมีค่า TA น้อยที่สุดเท่ากับ 0.433 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

Table 3 TSS (Total soluble solid), TA (Total acidity), TSS/TA (ratio of TSS and TA) and pH of 'Marroo seedless' table grape at 3 harvesting time

Days after pruning (DAP)	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	pH
105 DAP	15.53 b[1/]	0.517 a	30.06 b	3.66
110 DAP	15.80 b	0.487 b	36.52 a	3.73
115 DAP	18.07 a	0.433 b	37.35 a	3.69
naeM	16.48	0.479	34.64	3.69
F-test	*	*	*	ns[2/]
C.V. (%)	3.71	5.82	6.54	0.86

1/ Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

2/ ns Not significant * Significant at P 0.05

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของ TSS/TA ขององุ่นพันธุ์มารูซีดเลส พบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.64 เมื่อมีอายุเก็บเกี่ยวมากขึ้น ผลองุ่นมีค่า TSS/TA มากขึ้น โดยเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 115 วัน ผลองุ่นมีค่า TSS/TA มากที่สุดเท่ากับ 37.35 โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ผงองุ่นซึ่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 110 วัน ซึ่งมีค่าสัดส่วน TSS/TA เท่ากับ 36.52 แต่มีความแตกต่างกับ ผลองุ่นซึ่งเก็บเกี่ยวที่อายุ 105 วัน ซึ่งค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 30.06 (Table 3) ส่วนค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำผลองุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 ซึ่งไม่พบความแตกต่างกับผลองุ่นเมื่อผลองุ่นมีอายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน (Table 3)

การศึกษาครั้งนี้ พบว่าองุ่นพันธุ์มารูซีดเลสมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเก็บเกี่ยวผลองุ่นที่อายุ 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง แต่ค่า TA มีปริมาณลดลงเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเท่ากับ 110 วัน และมีสัดส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นองุ่นพันธุ์มารูซีดเลสจึงควรเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณ TSS เท่ากับอายุเก็บเกี่ยว 105 วัน แต่มีสัดส่วน TSS/TA เพิ่มขึ้นแล้วเนื่องจากปริมาณ TA ลดลง (Table 3) ผลมีรสชาติหวานและผลไม่นิ่ม จนเกินไป อย่างไรก็ตามยังต้องพิจารณาลักษณะของผล ช่อผลด้วย รวมทั้งลักษณะหลังการเก็บเกี่ยวที่จะส่งผลต่อการเก็บรักษาที่สั้นลง ผลองุ่นสุกงอมเร็วขึ้น และยังเกี่ยวข้องกับการขนส่ง ซึ่งสัมพันธ์กับตลาด เนื่องจากผลมีสภาพการแก่หรือเสื่อมสภาพ (senescence) นอกจากอายุเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลองุ่นแล้ว เวลาในเก็บเกี่ยวก็พบว่ามีผลต่อคุณภาพของผลเช่นกัน ในองุ่นทำไวน์พันธุ์ Sauvigon Blanc พบว่าการเก็บเกี่ยวในช่วงเช้า (เวลา 06.00 น.) จะทำให้คุณภาพของน้ำคั้นที่นำไปทำไวน์มีปริมาณสารประกอบ volatile thiol สูงขึ้น ส่งผลให้ไวน์มีคุณภาพที่ดีเป็นที่ต้องการของตลาด (Grose *et al.*, 2016) ผลองุ่นเป็นผลไม้ที่มีการหายใจแบบ Non climacteric fruit ไม่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นระหว่างการสุกและลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อผลอายุมากขึ้น การผลิตเอทิลีนต่ำ เมื่อเก็บเกี่ยวผลจากต้นจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในผลเกิดขึ้นน้อยมาก ผลไม่สุกต่อ (Mullin *et al.*, 1992) และไม่สามารถบ่มให้สุกได้โดยใช้เอทิลีน รสชาติของผลมักจะคงที่ภายหลังการเก็บเกี่ยว จึงควรเก็บเกี่ยวผลที่ต้นในขณะที่ผลสุกแก่แล้ว ถ้าเก็บเกี่ยวก่อนอาจจะได้ผลที่เปรี้ยว (สมบุญ, 2548) การสุกของผลไม้เป็นดัชนีบ่งชี้ให้ทราบว่าผลไม้นั้นเปลี่ยนจากระยะการเจริญเติบโตและระยะแก่เข้าสู่ระยะเสื่อมสภาพแล้ว ซึ่งการหายใจของผลไม้แบบ non climacteric fruit ยังเกิดขึ้นได้เมื่อปล่อยให้ผลไม้สุกบนต้น (ดนัย, 2556) การเก็บเกี่ยวผลควรทำขณะผลสุกแก่ ซึ่ง การสุกแก่ของผลองุ่นเริ่มด้วยการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ได้แก่ ผลนิ่ม (softening) ปริมาณกรดลดลง มีการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทำให้ผลเปลี่ยนสีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Mullin *et al.*, 1992) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพนอกจากการเพิ่มขึ้นของขนาดทั้งทางด้านความกว้าง ความยาวและน้ำหนักของผลแล้วยังมีการเปลี่ยนสีของผลในส่วนของเนื้อผลและสีผิวผลด้วย (Kurt *et al.*, 2017) ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการแก่ของผล พบว่า ในช่วงการเจริญเติบโตของผลจนถึงอายุ 57 วันหลังการออกดอก ขององุ่นพันธุ์ Bangalore Blue พบว่า ค่า TSS เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่กรดอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นมากกว่า เมื่อผลองุ่นแก่ ปริมาณ TSS ยังคงเพิ่มขึ้นต่อไป แต่ปริมาณ TA จะลดลง สัดส่วนระหว่างปริมาณ TSS ต่อปริมาณ TA จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงระหว่างการสุกของผลองุ่น ปริมาณวิตามินซีไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเจริญเติบโตของผล ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ TSS และสัดส่วนระหว่าง TSS/TA จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความแก่ได้ (ดนัย, 2556) รสชาติของผลองุ่นจะขึ้นอยู่กับปริมาณกรด และปริมาณน้ำตาล โดยปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เป็นลักษณะที่สำคัญ ผันแปรไปตามอายุสุกแก่ของผลซึ่งผลไปยังอายุเก็บเกี่ยวผลผลิต กรดอินทรีย์ (organic acid) ที่สำคัญในผลองุ่นซึ่ง

มีปริมาณมากกว่ากรดอินทรีย์อื่น ๆ ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) และกรดมาลิก (malic acid) ซึ่งกรดมาลิกมีปริมาณสูงที่สุดก่อนเข้าสู่ระยะ veraison (Olego *et al.*, 2016) ซึ่งผลองุ่นพันธุ์ Bangalore Blue เมื่อผลแก่ (90 วันหลังการออกดอก) มีปริมาณน้ำตาลรวมเท่ากับ 6.2 เปอร์เซ็นต์ (ดนัย, 2556) หลังจากตัดผลแล้วจะยังมีกรดมาลิกและกรดทาร์ทาริกสะสมอยู่ในผลองุ่นและปริมาณกลูโคสและฟรักโทสจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลสุก องุ่นพันธุ์ Isabel ซึ่งเป็นองุ่นรับประทานสดที่มีความแก่ประมาณ 232 วันหลังดอกบาน พบว่าความแก่ (maturation) ส่งผลต่อค่า pH และ TA โดยค่า pH จะมีค่าเพิ่มขึ้น และ TA ลดลงในช่วงผลแก่ และลดต่ำที่สุดในระยะสุกงอม มี ปริมาณกรดทาร์ทาริก เท่ากับ 5.87 กรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักผลสดทั้งหมด (Kurt *et al.*, 2017) ปริมาณ แอนโทไซยานิน จะเริ่มมีการสังเคราะห์ขึ้นในระยะ veraison และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะสุกแก่ Segade *et al.* (2008) ศึกษาในองุ่นแดงพบว่า ค่า TA สามารถใช้ประเมินปริมาณ แอนโทไซยานิน ได้ โดยปริมาณของแอนโทไซยานินมีผลต่อคุณภาพของไวน์โดยเฉพาะไวน์แดง อายุเก็บเกี่ยวที่นานขึ้นซึ่งทำให้การสุกแก่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณสีเขียวในไวน์ที่ทำจากผลองุ่นพันธุ์ Cabernet Sauvignon ลดลงและเพิ่มปริมาณสีแดงและสีเข้มมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการรับรู้มากขึ้น (Bindon *et al.*, 2014) ส่วนในองุ่นพันธุ์ Sangiovese พบว่าอายุเก็บเกี่ยวมีผลต่อน้ำหนักผลสด, TSS, TA และ pH โดยเมื่อปล่อยให้ผลอยู่บนต้นนานขึ้น 12 วัน ทำให้น้ำหนักผลเพิ่มขึ้น 3.3 เปอร์เซ็นต์ TSS เพิ่มขึ้น 14.6 เปอร์เซ็นต์ และ TA ลดลง 27.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ (total flavonoids) ในน้ำองุ่นแดง สูงขึ้นซึ่งทำให้น้ำองุ่นมีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น (Genova *et al.*, 2016)

การขยายเวลาการเก็บเกี่ยวโดยการเก็บไว้บนต้น (on-vine storage) สามารถทำได้ในองุ่นพันธุ์ Italia ซึ่ง Piazzolla *et al.* (2016) ได้ศึกษาอายุเก็บเกี่ยว 5 ระยะ โดยระยะเวลาห่างกัน 56 วัน พบว่า อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมขององุ่น โดยการเก็บเกี่ยวช้าทำให้ผลมีความหวานขึ้นและรสชาติดี ซึ่งระยะที่มีความหวานมากที่สุดเป็นระยะที่สุกแก่แล้ว ระยะที่ควรเก็บเกี่ยวจึงอาจพิจารณาได้จากปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรดเป็นสำคัญ สำหรับองุ่นพันธุ์มารูซีดเลสจึงควรเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง ซึ่งสถานีวิจัยกาญจนบุรีมักเก็บเกี่ยวที่อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง โดยวัดค่า TSS จากตัวอย่างผลองุ่นที่สุ่ม ยกเว้นเมื่อมีฝนตกในช่วงผลแก่จะทำการเก็บก่อนเพื่อหลีกเลี่ยงผลผลิตเสียหาย อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาผลองุ่นไว้บนต้นไว้ให้ได้นาน เพื่อให้ได้ผลองุ่นที่มีรสชาติดี หวาน แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ อีก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งอาจส่งผลให้ผลองุ่นเกิดความเสียหายได้ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงการผลิตในการศึกษาครั้งนี้ตั้งแต่วันที่ 18 สิงหาคม 2554 จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 10 ธันวาคม 2554 พบว่า มีปริมาณฝนตกมากในช่วงแรกของการเจริญเติบโตและช่วงปลายการผลิตไม่พบฝนตกเลยจึงไม่ทำความเสียหายให้แก่ผลองุ่น เนื่องจากช่วงเวลาปลูกอยู่ในช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาว (Figure 1) อาจขยายเวลาเก็บเกี่ยวเป็น 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง ซึ่งในการทดลองของ นวลปรางค์ และคณะ (2559) พบว่าเมื่อ มีฝนตกในช่วงผลแก่จะทำให้ผลองุ่นเน่าเสียหาย ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เลย

สรุป

อายุเก็บเกี่ยวของผลองุ่นพันธุ์มารูซีดเลส ไม่มีผลต่อผลผลิตต่อต้น น้ำหนักช่อผล ขนาดช่อผล น้ำหนัก20 ผล น้ำหนักผลและความยาวผล แต่เมื่อเก็บเกี่ยวผลที่อายุ 115 วันหลังตัดแต่งกิ่ง พบว่า ผลองุ่นมีค่า TSS มากที่สุดเท่ากับ 18.07 องศาบริกซ์และมีสัดส่วน TSS/TA สูงที่สุดเท่ากับ 37.35 ตามด้วยเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 110 วัน

มีค่า TSS เท่ากับ 15.80 องศาบริกซ์ และ สัดส่วน TSS/TA เท่ากับ 36.52 จึงควรเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่อายุ 110 วันหลังตัดแต่งกิ่ง

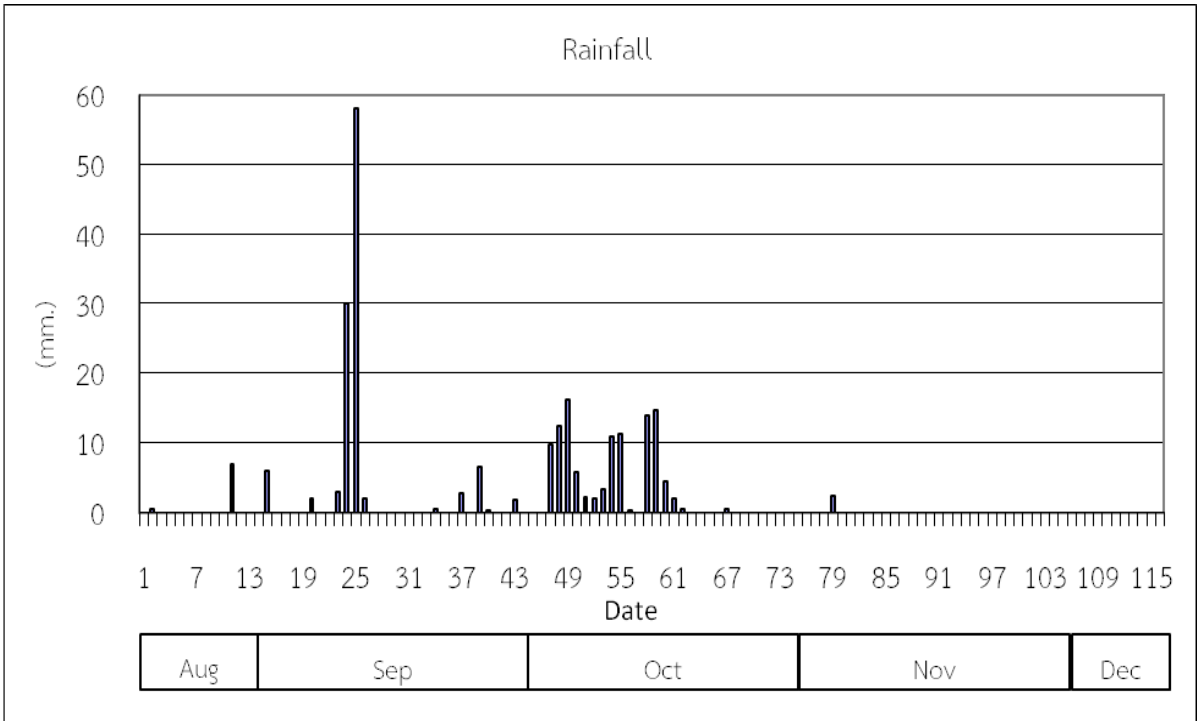


Figure 1 Rainfall at vineyard of Kanchanaburi research station; 18 August 2011 to 10 December 2011

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ดนัย บุณยเกียรติ. 2556. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลพืชสวน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นวลปรางค์ ไชยตะขบ, บุญร่วม จันทร์ชื่น และ นวะรัตน์ พิลาภ. 2559. การผลิตองุ่นพันธุ์ Perlette ภายใต้หลังคาพลาสติกที่ขนาดความหนาต่างกัน. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (I): M04/43-48.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

Bindon, K., H. Holt, P.O. Williamson, C. Varela, M. Herderich and I.L. Francis. 2014. Relationship between harvest time and wine composition in *Vitis venifera* L. cv. Carernet Sauvignon 2. Wine sensory properties and consumer preference. Food Chemistry 154: 90-101.

Fallik, E. 2004. Pre-storage hot water treatments (immersion, rining and brusing). Postharvest Biology and Technology 32: 125-134.

Genova, G., R. Tosetti and P. Tonutti. 2016. Berry ripening, pre-processing and thermal treatments affect the phenolic composition and antioxidate of grape (*Vitis vinifera* L.) juice. J. Sci. Food Agric. 96 2: 664-671.

Grose, C.H., D.J. Martin, L. Stuart, A. Albright and A.R.G. McLachlam. 2016. Grape harvest time and processing method can be used to manipulate ‘Sauvignon Blanc’ wine style. Acta Hortic. 1115: 139-146.

Kurt, A., H. Torun, N. Colak, G. Seiler, S. Hayirlioglu-Ayaz and F.A. Ayaz. 2017. Nutrient profiles of the hybrid grape cultivar ‘Isabel’ during berry maturation and ripening. J. Sci. Food Agric. Doi 10.1002/jsfa.8061.

Mullins, M.G., A. Bouquet, and L.E. Williams. 1992. Biology of the grapevine. Cambridge University Press, Great Britain. 218 pp.

Olego, M.A., J.C. Álvarez, A. Tobes, J.M. de Paz, J.J.R. Coque and E. Garzón-Jimeno. 2016. Determining optimum harvest rime under Mediterranean conditions: developing a nes model for measuring L-malic acid concentration in red grapes. Australian Journal of Grapes and Wine Rescearch 22: 232-239.

Piazzolla, F., S. Pati, M.L. Amodio and G. Colelli. 2016. Effect of harvest time on table quality during on-vine storage. J. Sci. Food Agric. 96 1: 131-139.

Segade, S.R., E.S. Vázquez and E.D. Losada. 2008. Influence of ripeness grade on accumulation and extractability of grape skin anthocyanins in different cultivars. Journal of Food Composition and Analysis 21: 599-607.

Winkler, A.J., J.A. Cook, W.M. Kliewer and L.A. Lider. 1974. General viticulture. University of California, Berkeley. 701 pp.

ผลของเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงหนามแน่แดงในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of Sterile Techniques on Tissue Culture of *Thunbergia coccinea* Wall.

กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์[1*] และวิมลรัตน์ พจนไตรทิพย์[1]

Kittisak Chotikadachanarong[1*] and Wimonrat Phottraithip[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดง โดยเก็บตัวอย่างจากป่าชุมชนบ้านหัวทุ่ง อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ แล้วตัดชิ้นส่วนข้อมาล้างด้วยน้ำประปาผสมน้ำยาล้างจาน ก่อนทำการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 7 วิธี จากนั้นทำการตัดแต่งชิ้นส่วนพืชแล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร Murashige and Skoog (MS, 1962) ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าวิธีการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนข้อโดยเปิดล้างน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วแช่แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ 1 นาที จากนั้นนำมาฟอกด้วยเมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ PPM™ (Plant Preservative Mixture) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่ามีการรอดชีวิตของชิ้นส่วนพืช 13.33%

ABSTRACT

The study on effects of sterile techniques on tissue culture of *Thunbergia coccinea* Wall. Plant samples were collected from Ban Hua Thung Community Forest, Chang Dao District, Chiang Mai Province. There were cleaned with tap water. Node explants were separated and cleaned in dishwashing liquids before sterilized with 7 sterile techniques then sterilized explants were cultured on semi-solid Murashige and Skoog (MS, 1962) medium supplemented with 2 mg/L Benzyladenine (BA) for 4 weeks at 25 °C and 16 hr./d photoperiod. It was found that sterile techniques by put the explants under running tap water for 3 hrs. Explants were then immersed in 70% alcohol for 1 min and then 0.1 $HgCl_2$ for 3 min follow by three washes with sterile distilled water, 5 min per time. They were planted on MS medium supplemented with 2 mg/L BA with 0.5 mL/L PPM™ (Plant Preservative Mixture). The result was showed that 13.33% survival explants.

Key Words: PPM™, sterile technique, comtamination

* Corresponding author; e-mail address: Kittisak_cho@cmru.ac.th

[1]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1]Center of Excellence on Plant Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

คำนำ

ชุมชนบ้านหัวทุ่งตั้งอยู่ที่ราบชายขอบของผืนป่าขนาดใหญ่ประกอบไปด้วยดอยหลวงเชียงดาว และดอยนาง ขนาดพื้นที่ประมาณ 6,000 ไร่ (รวมป่าอนุรักษ์ ป่าชุมชน ป่าใช้สอยชุมชน) ทับซ้อนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาวซึ่งมีความหลากหลายของสัตว์ป่า และพันธุ์พืชนานาชนิดโดยเฉพาะพืชสมุนไพรซึ่งชาวบ้านในชุมชนมีการนำมาใช้ประโยชน์ โดย อังคณา และคณะ (2555) ได้รายงานการสำรวจพืชสมุนไพรในป่าชุมชนบ้านหัวทุ่งตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงธันวาคม พ 2553 .ศ.พบพืชสมุนไพรทั้งหมด 113 ชนิด ใน 53 วงศ์ ซึ่งประกอบด้วยพืชหลายชนิดที่มีศักยภาพเหมาะที่จะส่งเสริมในการวิจัยพัฒนาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หนึ่งในนั้นได้แก่ หนามแน่แดง หรือ รางจืดแดง (*Thunbergia coccinea* Wall.) ลักษณะเป็นไม้พุ่มเลื้อยพัน มีความยาวได้ประมาณ 10-20 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามากจนปกคลุมต้นไม้อื่น ลำต้นเป็นไม้เนื้อแข็ง ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก เปลือกต้นเป็นสีน้ำตาลอมแดงถึงสีน้ำตาลเข้ม พบขึ้นกระจายอยู่ในป่าดิบชื้น บริเวณที่โล่งหรือตามชายป่า ตามภูเขาสูง ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 100-800 เมตร จากระดับน้ำทะเล พบได้มากทางภาคเหนือและทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ซึ่งมีสรรพคุณเป็นยาพื้นบ้านโดยใช้เถา ราก และใบ เป็นยาแก้พิษยาเบื่อ พิษยาฆ่าแมลงหรือยาฆ่าหญ้า เชื่อว่ามีฤทธิ์แรงกว่ารางจืด (*Thunbergia laurifol*) นอกจากนี้ Victoria et al. (2014) ได้รายงานถึงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบของหนามแน่แดง โดยนำใบแห้งมาบดแล้วสกัดด้วยเมทานอล ก่อนนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า IC50 เท่ากับ 179.21 mcg/ml เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินซี

เนื่องจากพืชดังกล่าวอยู่ในเขตป่าชุมชนดังนั้นหากมีการนำออกมาจากป่าเพื่อใช้ประโยชน์ในชุนชนโดยไม่มีการอนุรักษ์ และขาดการจัดการวางแผนที่ดีประกอบกับสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวมเร็ว อาจส่งผลให้พืชลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว หรือสูญหายไปจากแหล่งธรรมชาติ นอกจากนี้พืชสมุนไพรบางชนิดประสบขาดแคลนเนื่องจากต้นพันธุ์ในธรรมชาติมีปริมาณน้อย ขยายพันธุ์ได้ยาก และใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตนาน ดังนั้นจึงควรมีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการขยายพันธุ์ เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ของพืชสมุนไพรในชุนชนบ้านหัวทุ่งอย่างยั่งยืน และเพื่อสนองพระราชดำริตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี รวมถึงเป็นการสร้างจิตสำนึกให้แก่เยาวชน ณ แหล่งดังกล่าวซึ่งจะเป็นผู้นำในการถ่ายทอดความรู้และสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอันมีค่าในท้องถิ่นของตนเอง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมอาชีพ และการสร้างรายได้ชุมชนต่อไป โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมก็การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของหนามแน่แดงเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นส่วนหนามแน่แดง

เก็บตัวอย่างต้นหนามแน่แดงจากป่าชุมชนบ้านหัวทุ่ง อ.เชียงดาว จ. เชียงใหม่ ทำการตัดแยกชิ้นส่วนข้อแล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างจาน ใช้แปรงสีฟันขัดที่ผิวเบาๆ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ทำการตัดแต่งบริเวณที่เป็นโรค หรือโดนแมลงกัดกินออก จากนั้นตัดชิ้นส่วนข้อให้ได้ขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่างๆ ต่อไป

ผลของเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดงในสภาพปลอดเชื้อ

นำชิ้นส่วนพืชที่ทำความสะอาดแล้วไปทำการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการต่างๆ 7 วิธีๆ ละ 15 ซ้ำ ดังนี้

1) การฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
2) การฟอกฆ่าเชื้อโดยแช่ในสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
3) การแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายเตตราไซคลินความเข้มข้น 0.125% ร่วมกับการโซนิเคท เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
4) การเปิดนำประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร
5) การเปิดนำประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายเตตราไซคลินความเข้มข้น 0.125% ร่วมกับการโซนิเคท เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที
6) การเปิดนำประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายเมอร์คิวริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ PPM™ (Plant Preservative Mixture ของ Plant Cell Technology, Inc.) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตรต่อลิตร
7) การเปิดนำประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายเตตราไซคลินความเข้มข้น 0.125% ร่วมกับการโซนิเคท เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นาที แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ PPM™ ความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตรต่อลิตร

หลังจากผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้ว นำเนื้อเยื่อทั้งหมดไปเลี้ยงในอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกร้อยละของการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อทุกๆ สัปดาห์

วิธีวิเคราะห์ผล

การทดลองทั้งหมดใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์)Completely randomize design, CRD) โดยผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว)one-way ANOVA) จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของเทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดงในสภาพปลอดเชื้อ

การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดงด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 7 วิธี ก่อนนำไปเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงใน Table 1 และ Figure 1 โดยการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 1 พบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ 100% จึงมีการรอดชีวิตเป็น 0% ภายหลังการเพาะเลี้ยงเพียง 1 สัปดาห์ สำหรับการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 3 พบการปนเปื้อนทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 2 ของการเพาะเลี้ยง และการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ 3 จะพบการปนเปื้อนทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3 สำหรับวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหลือจะพบการปนเปื้อนทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 4 ยกเว้นการฟอกฆ่าเชื้อวิธีการที่ 6 ซึ่งในสัปดาห์ที่ 4 ยังมีการรอดชีวิตของเนื้อเยื่อ 13.33% จึงเป็นวิธีการเดียวที่สามารถฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดงได้สำเร็จในระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 1 และ 3 นั้นไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่อาศัยบริเวณผิวภายนอกพืช (epiphytic bacteria) ได้จึงเกิดการปนเปื้อนทั้งหมดอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 2 สัปดาห์แรก สำหรับชุดการทดลองที่เหลือนั้นจะมีอัตราการปนเปื้อนสูงในช่วงสัปดาห์ที่ 2-4 จึงน่าจะเกิดการเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์พืช หรือ endophytic bacteria ในระยะแรกจึงไม่แสดงการปนเปื้อนออกมาแต่จะแสดงการปนเปื้อนออกมาภายหลัง ในขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่ 7 ซึ่งเป็นวิธีการเดียวที่ทำให้ได้ต้นอ่อนปลอดเชื้อ (Table 1) โดยการเปิดนำประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายเตตราไซคลินความเข้มข้น 0.125% ร่วมกับการโซนิเคท เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 1 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 5 หยด เป็นเวลา 20% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน หยด 2 เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นาที แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2PPM™ความเข้มข้น 0.มิลลิลิตรต่อ 5 ลิตรผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเติม PPM™ ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นสามารถช่วยฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ภายในเซลล์พืชได้เนื่องจากในขณะที่ชิ้นส่วนพืชนำอาหารเข้าไปใช้ก็จะนำเอาสาร PPM™ เข้าไปด้วยจึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในเซลล์พืชได้ สอดคล้องกับรายงานของ Thomus et al. (2017) ซึ่งได้ศึกษาการใช้ PPM™ เพื่อกำจัด endophytic bacteria ในชิ้นส่วนปลายยอดของมะละกอ (*Carica papaya* cv. Arka Prabhath) พบว่าการเติม PPM™ ในอาหารวุ้นสูตร MS ความเข้มข้น มิลลิลิตรต่อลิตร 0.5 สามารถทำให้เนื้อเยื่อปลอดเชื้อได้ 60% ถึงแม้จะมีรายงานว่าการเพาะใบอ่อนของรางจืด (*Thumbergia laurifolia*) ซึ่งเป็นพืชในสกุลเดียวกับหนามแน่แดงโดยนำชิ้นส่วนใบอ่อนแช่ในแอลกอฮอล์ 70% เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นฟอกฆ่าเชื้อด้วยเมอร์คิวลิกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 1 นาที และฟอกอีกครั้งโดยโซเดียมไฮโปรคลอไรท์ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 3 ถึง 4 ครั้ง (Puripunyavanich and

Khamvarn, 2015) ซึ่งวิธีการดังกล่าวแตกต่างจากในการทดลองนี้ และไม่มีการใช้ PPM™ เนื่องจากเป็นพืชคนละสกุลกัน ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อก็แตกต่างกัน และแหล่งที่มาของเนื้อเยื่อก็แตกต่างกันวิธีการฟอกฆ่าเชื้อจึงแตกต่างกันด้วย

Table 1 Effects of different sterile techniques on %survival (mean±SD.) of *Thunbergia coccinea* Wall. Tissue cultured.

	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Tr 1	100.00±0.00 ^{a}	0.00±0.00 ^{e}	0.00±0.00 ^{e}	0.00±0.00 ^{d}	0.00±0.00 ^{b}
Tr 2	100.00±0.00 ^{a}	80.00±3.20 ^{b}	13.33±0.30 ^{d}	0.00±0.00 ^{d}	0.00±0.00 ^{b}
Tr 3	100.00±0.00 ^{a}	26.67±1.09 ^{d}	0.00±0.00 ^{e}	0.00±0.00 ^{d}	0.00±0.00 ^{b}
Tr 4	100.00±0.00 ^{a}	100.00±0.00 ^{a}	46.67±3.07 ^{b}	20.00±6.26 ^{b}	0.00±0.00 ^{b}
Tr 5	100.00±0.00 ^{a}	46.67±2.22 ^{c}	20.00±1.10 ^{c}	6.67±0.32 ^{c}	0.00±0.00 ^{b}
Tr 6	100.00±0.00 ^{a}	100.00±0.00 ^{a}	80.00±3.03 ^{a}	60.00±3.37 ^{a}	13.33±1.33 ^{a}
Tr 7	100.00±0.00 ^{a}	100.00±0.00 ^{a}	46.67±2.10 ^{b}	26.67±5.30 ^{b}	0.00±0.00 ^{b}

Value followed by different letter are significantly different according to DMRT at *P*□*0.05* level.

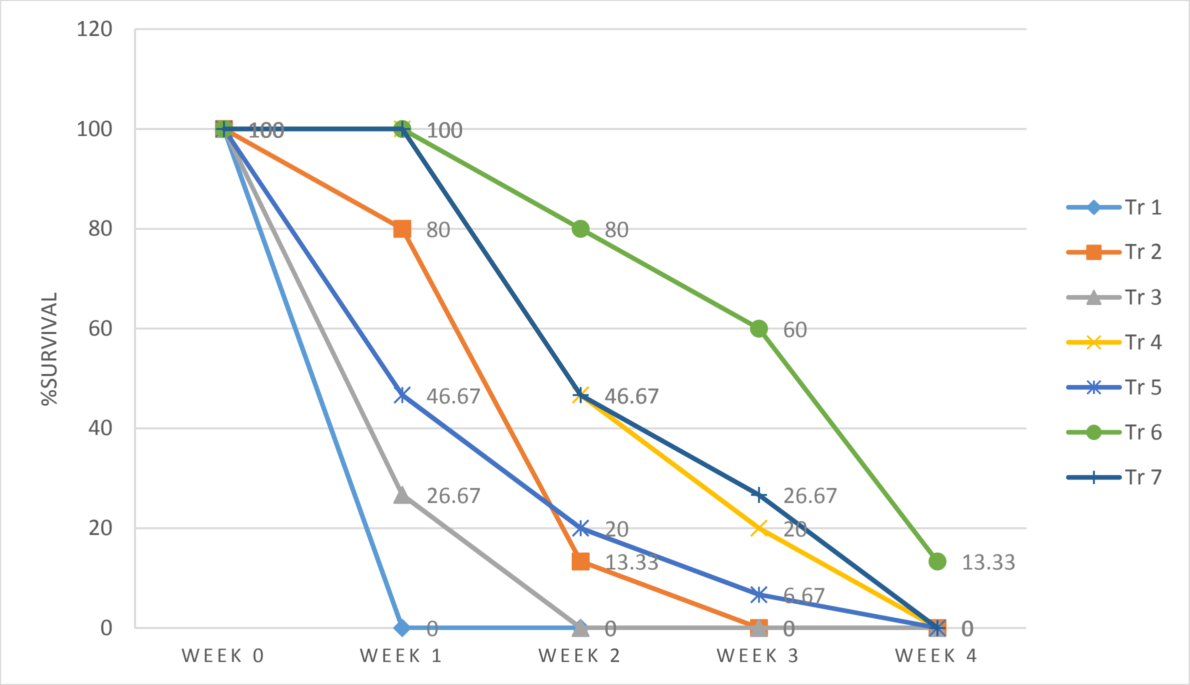


Figure 1 Effects of sterile techniques on %survival of *Thunbergia coccinea* Wall. explants.

สรุป

การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนข้อของหนามแน่แดงสามารถทำได้โดยการใช้ประปาไหลผ่านชิ้นส่วนพืชเป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกภายนอกชิ้นส่วนพืช ก่อนแช่ชิ้นส่วนพืชในสารละลายเตตราไซคลินความเข้มข้น 0.125% ร่วมกับการโซนิเคท เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 15% ร่วมกับน้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายไฮเตอร์ความเข้มข้น 10% ร่วมกับ

น้ำยาล้างจาน 2 หยด เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที นาที แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ PPM™ ความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตรต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ งบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

อังคณา อินตา, พาณี ศิริสะอาด และวิทยา ปองอมรกุล . 2555. พืชสมุนไพนในป่าชุมชนบ้านหัวทุ่ง เขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารพฤกษศาสตร์ไทย**(2)4 : 213-232.

Murashige T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. **Physiology Plant** 15: 473-497.

Puripunyavanich, V. and Khamvarn, V. 2015. Callus induction in young leaf of *Thumbergia laurifolia* Lindl. **Proceeding of the Burapha University International Conferece 2015**, 10-12 July 2015, Bangsaen, Choburi, Thailand: 774-779.

Thomas, P., Agrawal, M. and Bharathkumar, C. B. 2017. Use of plant preservative mixture™ for establishing *in vitro* cultures from field plants: Experience with papaya reveals several PPM™ tolerant endophyticbacteria. **Plant Cell Rep** 36:1717–1730.

Victoria, S. H., Das, S., Lalhlenmawia, H., Shantabi, L. and Sarda, S. H. 2014. Antioxdant activities of leaves of *Thunbergia coccinea* Wall. **International Journal of Phytopharmacology** 5(6): 441-444.

ความสัมพันธ์ของไส้เดือนฝอยตัวห้ำกับสมบัติบางประการของดิน และการเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ

Relationship between Predatory Nematodes and Some Soil Properties and Culturing in the Laboratory

รักตาภา ผ่องอินทรีย์[1]* อนงค์นุช สาสนรักกิจ[1] บัญชา ชิณศรี[1] และ ศรีเมฆ ชาวโพงพาง[2]

Raktapa Phonginsee[1]*, Anongnuch Sasnarukki t[1], Buncha Chinnasri[1] and Srimek Chowpongpang[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของไส้เดือนฝอยตัวห้ำในกลุ่ม Diplogasterida และ Mononchida กับสมบัติบางประการของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์ดิน และจัดจำแนกสกุลของไส้เดือนฝอยตัวห้ำจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่า ลักษณะดินที่พบไส้เดือนฝอยตัวห้ำจำนวนมากคือ ดินร่วนปนทราย ค่าพีเอชของดินอยู่ในช่วง 6.30–7.63 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่สูงสุดที่ 60.96 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำมีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณอินทรียวัตถุและอุณหภูมิของดิน และปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำมีค่าสหสัมพันธ์เชิงผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าพีเอช และอนุภาคของดินเหนียว การจำแนกไส้เดือนฝอยตัวห้ำโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบ 3 สกุล คือ *Mylonchulus* sp., *Mononchus* sp. และ *Mononchoides* sp. การเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp. บนอาหารต่างชนิดกัน พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดบนอาหาร Soil extract agar (SEA) เฉลี่ย 73.33 ตัวที่ 90 วัน

ABSTRACT

A correlation of predatory nematodes, Diplogasterida and Mononchida with some soil properties was investigated from analysis of morphology and identification of predatory nematodes. The most predatory nematodes were found in sandy loam soil. Soil pH was in the range of 6.30 – 7.63 and soil organic matter content was the highest of 60.96 g kg^{-1}. There was a significantly positive correlation between predatory nematodes and soil organic matter and also with soil temperature. However, it was negative correlation with pH value and clay content. Morphology identification found 3 predatory nematodes genera, *Mylonchulus* sp., *Mononchus* sp. and *Mononchoides* sp. The highest average numbers of *Mylonchulus* sp. on soil extract agar (SEA) culture medium were 73.33 at 90 days.

Key Words: correlation, predatory nematodes, *Mylonchulus* sp., *Mononchus* sp., *Mononchoides* sp

* Corresponding author; e-mail address: raktapa.p@gmail.com

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

[2]สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

[2]National Science and Technology Development Agency

คำนำ

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำ (predatory nematodes) เป็นสัตว์ในกลุ่มของพยาธิตัวกลมที่มีขนาดเล็ก พบได้ทั่วไปในดินที่มีความชื้นสูง และมีอินทรียวัตถุมาก เนื่องจากไส้เดือนฝอยตัวห้ำกินสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือไส้เดือนฝอยชนิดอื่น ๆ เป็นอาหาร ไม่เป็นศัตรูพืชและเป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศน์ในการรักษาสมดุลย์ทางธรรมชาติโดยกินจุลินทรีย์และไส้เดือนฝอยศัตรูพืชเป็นอาหาร (Ahmad and Jairajpuri, 2010) ไส้เดือนฝอยตัวห้ำเป็นสิ่งมีชีวิตในดินสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระตามช่องว่างของอนุภาคดิน การดำรงชีพจึงอยู่บริเวณชั้นดินด้านบนมากกว่าชั้นดินอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับอินทรียวัตถุในดินที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือการสลายตัวของพืชและสัตว์ที่ถูกทับถมในดิน โดยเป็นแหล่งพลังงานแก่จุลินทรีย์ในดินและควบคุมสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำและการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิดิน และค่าพีเอชในดิน ยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนฝอยตัวห้ำ (สืบศักดิ์ 2532) จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของไส้เดือนฝอยตัวห้ำและสภาพแวดล้อมของดินที่เหมาะสม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำให้มากพอเพื่อความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยศัตรูพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประชากรไส้เดือนฝอยตัวห้ำและสมบัติบางประการของดิน

1.1 การเก็บตัวอย่างดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่บริเวณที่ไม่มีการรบกวนจากมนุษย์ เช่น พื้นที่รกร้างหรือบริเวณที่ใกล้แหล่งน้ำ โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกประมาณ 5-30 เซนติเมตร 2 จุดรอบรากพืชหรือบริเวณริมคูน้ำในจังหวัดกรุงเทพมหานคร (KU1-KU10) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (BK) และจังหวัดสุโขทัย (SU) ประมาณ 500 กรัม บริเวณละ 2 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติกชนิดซิปล็อคเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิดินที่ความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์เนื้อดิน ค่าพีเอชดิน และปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร วิทยาเขตบางเขน และนำตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งมาแยกไส้เดือนฝอยออกจากดินเพื่อจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเพิ่มปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำต่อไป

1.2 การตรวจสอบสมบัติบางประการของดินและการวิเคราะห์สหสัมพันธ์

นำดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาผึ่งในที่ร่มให้แห้งสนิท นำตัวอย่างดินมาบดให้มีความละเอียดจนสามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร และ 2.0 มิลลิเมตรได้ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย วิเคราะห์การแจกกระจายอนุภาคดิน (soil particle size distribution) ด้วยวิธีปิเปตต์ ค่าพีเอชดิน โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง pH meter การวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) แล้วคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2551) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างไส้เดือนฝอยตัวห้ำและสมบัติของดินโดยใช้โปรแกรม SPSS ตามวิธีของ Duncan เมื่อทราบตัวอย่างดินที่มีความเหมาะสม และปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำสูงสุด จึงนำตัวอย่างดินที่ได้ไปศึกษาการเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำบนอาหารในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. การแยกไส้เดือนฝอยออกจากดินเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไส้เดือนฝอยตัวห้ำ

การแยกไส้เดือนฝอยออกจากตัวอย่างดิน ด้วยวิธีการ combined gravity screening-Baermann funnel method (Gooday, 1963) โดยนำตัวอย่างดิน 300 กรัม ใส่อ่างพลาสติกผสมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร กรองผ่านตะแกรงกรองขนาด 60 mesh นำน้ำที่กรองผ่านตะแกรงแรกไปกรองผ่านตะแกรงขนาด 150 และ 400 mesh ตามลำดับ ล้างไส้เดือนฝอยที่ติดอยู่บนตะแกรงกรองขนาด 400 mesh ไปกรองผ่านกรวยแก้วด้วยวิธี Baermann funnel ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ไขน้ำออกปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปจำแนกชนิดไส้เดือนฝอยตัวห้ำด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้ keys ของ Pictorial Key to genara of plant-parasitic nematodes (Mai and Lyon, 1975) และ Freshwater Nematodes Ecology and Taxonomy (Eyualem-Abebe *et al*., 2006)

3. การเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp.

นำไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp. ที่แยกได้จากดินมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตัวเต็มวัยเพศเมีย 5 ตัว เลี้ยงบนอาหาร 4 ชนิด คือ Water agar (WA), Soil-extract agar (SEA), Soil moisture granules (SMG) และ Manure extract agar (MEA) ชนิดละ 3 ซ้ำ และใช้ *Meloidogyne* sp. จำนวน 100 ตัว เป็นอาหาร บันทึกจำนวน การเจริญเติบโตของไส้เดือนฝอยตัวห้ำบนอาหารแต่ละชนิด ที่ 30 56, 60, 65 และ 90 วัน ดัดแปลงจากวิธีการของ Koohkan and Shokoohi (2014)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สมบัติบางประการของดินและสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำกับสมบัติบางประการของดิน

ตัวอย่างดินที่ศึกษาส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และพบไส้เดือนฝอยตัวห้ำจำนวนมากในดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำที่พบมากที่สุดคือตัวอย่างจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (BK) พบ 30 ตัวต่อดิน 300 กรัม มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด 60.96 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) ไส้เดือนฝอยอาศัยอยู่บริเวณชั้นดินด้านบน ตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน จึงสามารถพบไส้เดือนฝอยส่วนมากในดินร่วนปนทราย ซึ่งสอดคล้องกับ Saur and Arpin (1989) รายงานว่าไส้เดือนฝอยตัวห้ำ Mononchida สามารถอาศัยอยู่ได้ในดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย เนื่องจากไส้เดือนฝอยตัวห้ำในกลุ่มนี้สามารถกินอนุภาคขนาดของดินเหนียวรวมถึงจุลินทรีย์อื่นๆภายในดินได้ ความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ที่ช่วง 6.3-7.63 ซึ่งเป็นกลาง โดยสอดคล้องกับการทดลองของ Peacock (1957) โดยทั่วไปไส้เดือนฝอยสามารถดำรงชีวิตในช่วง pH 4.0-8.0 เป็นช่วงที่เหมาะต่อการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์

สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไส้เดือนฝอยตัวห้ำกับสมบัติของดิน

ปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำมีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณอินทรียวัตถุและอุณหภูมิของดิน (r = 0.918 และ 0.778) (Figure 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Shabeg *et al*. (2007) พบว่าเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณที่สูงขึ้นความหลากหลายของไส้เดือนฝอยในดินก็เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอินทรียวัตถุในดิน เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือการสลายตัวของพืชและสัตว์ที่ถูกทับถม ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานให้แก่จุลินทรีย์ในดินทำให้ปริมาณไส้เดือนฝอยในดินเพิ่มขึ้น อินทรียวัตถุมีผลกับสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น

โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำและการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) วิไลวรรณ และสาทิพย์ (2553) รายงานว่าความสามารถในการอยู่รอดของ ไส้เดือนฝอย *Steinernema riobrave* และ *Steinernema siamkayai* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถมีชีวิตรอดได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส Gaugler and Kaya (1990) รายงานว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่และการใช้พลังงานของไส้เดือนฝอย เมื่อไส้เดือนฝอยลงสู่ดินการเผาผลาญพลังงานภายในตัวเองย่อมเกิดขึ้น ซึ่งอัตราการเผาผลาญพลังงานดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของไส้เดือนฝอยนั่นเอง ที่อุณหภูมิสูงไส้เดือนฝอยมีการเคลื่อนที่และมีกิจกรรมมากกว่าในที่อุณหภูมิต่ำกว่า จากการทดลองนี้ยังพบว่าปริมาณ ไส้เดือนฝอยตัวห้ำมีความสัมพันธ์เชิงผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าพีเอช และอนุภาคขนาดของดินเหนียว (r = -0.657 และ -0.569) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Peacock (1957) โดยทั่วไปไส้เดือนฝอยสามารถดำรงชีวิตในช่วง pH 4.0-8.0 เป็นช่วงที่เหมาะต่อการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.4-7.0 และการฟักจากไข่ถูกยับยั้งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.2 และโครงสร้างและลักษณะของดินมีผลต่อการแทรกซึมของน้ำและการไหลของน้ำที่บริเวณผิวดิน ลักษณะของดินที่เป็นดินเหนียวและเนื้อดินละเอียด สามารถขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช และการหาอาหารของไส้เดือนฝอยได้ (โกวิท, 2527) อนงค์นุช และคณะ (2556) รายงานว่าปริมาณไส้เดือนฝอยในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยและสภาพแวดล้อมของดิน คือ อุณหภูมิ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดินซึ่งมีความแตกต่างกันตามฤดูกาล

Table 1 The average values of some soil properties and number of predatory nematodes in soils

Sample	Soil textural class	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	Soil organic matter (g/kg)	Number of predatory nematodes
KU 1	Loamy Sand	85.35	5.45	9.20	7.01	31.78	3
KU 2	Silty Clay	8.28	41.84	49.88	7.63	24.15	5
KU 3	Clay Loam	26.37	34.05	39.58	7.30	16.40	2
KU 4	Sandy Clay Loam	54.16	24.31	21.52	7.24	10.10	2
KU 5	Sandy Clay Loam	47.26	26.35	26.39	7.30	3.54	4
KU 6	Clay Loam	32.65	31.40	35.95	7.30	22.14	7
KU 7	Sandy Clay Loam	47.35	27.11	25.54	7.26	14.12	2
KU 8	Sandy Clay Loam	49.35	25.96	24.69	7.43	22.80	6
KU 9	Sandy Loam	58.30	23.73	17.97	6.86	14.85	2
KU 10	Sandy Loam	67.72	17.11	15.17	7.04	33.90	14
BK	Sandy Loam	68.73	7.99	23.28	6.30	60.96	30
SU	Silt Loam	47.53	1.06	50.87	7.02	53.49	24

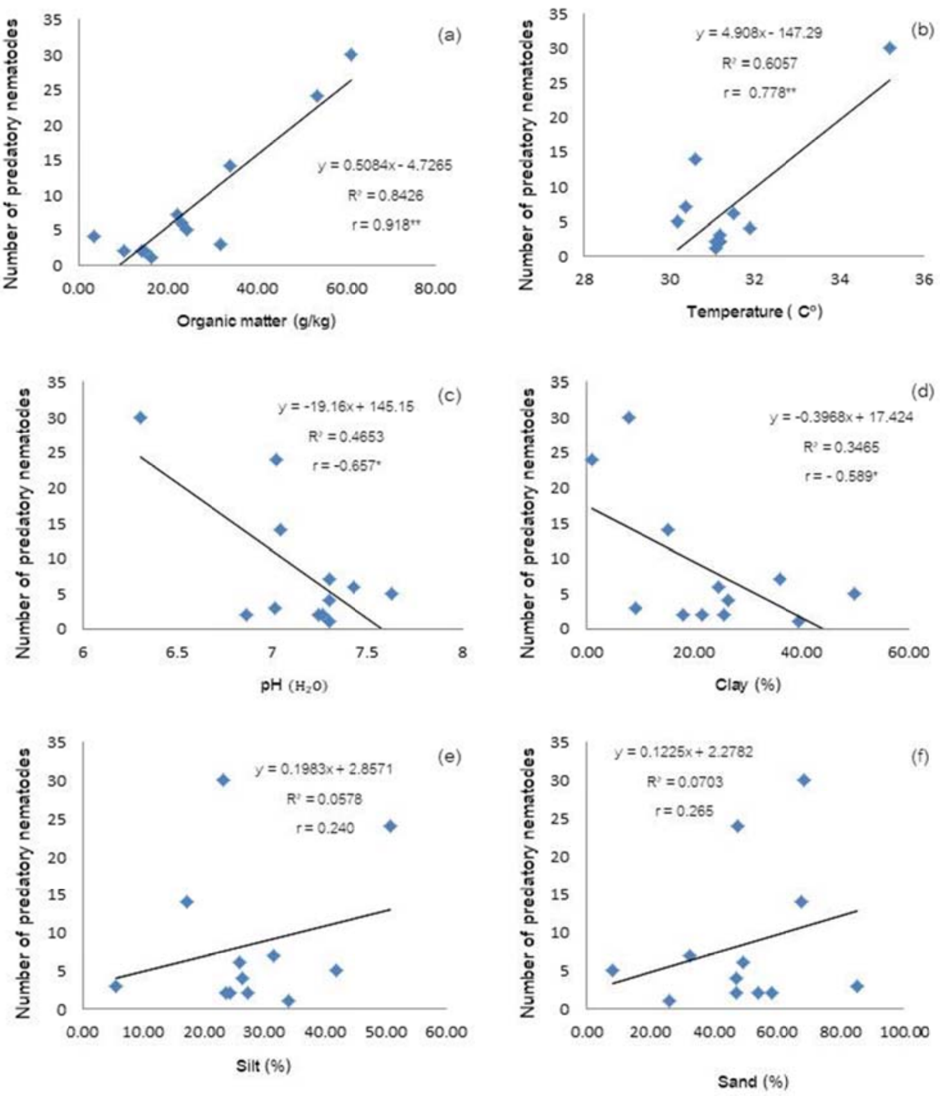


Figure 1. Relationship between Number of predatory nematodes and soil properties: (a) organic matter; (b) temperature; (c) soil pH; (d) clay content; (e) silt content; and (f) sand content

** Significant at $P \leq 0.01$, * Significant at $P \leq 0.05$

2. การแยกไส้เดือนฝอยตัวห้ำออกจากดินเพื่อการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จากการจำแนกสกุลของไส้เดือนฝอยตัวห้ำด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบไส้เดือนฝอยตัวห้ำทั้งหมด 3 สกุลคือ *Mylonchulus* sp., *Mononchus* sp. และ *Mononchoides* sp.ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำในสกุล *Mylonchulus* sp. (Figure 2A) มีลำตัวขนาดกลาง ริมฝีปากเหลี่ยม ลักษณะของผนังปากหนา ช่องปากตอนบนกว้างกว่าตอนล่าง มีฟันซี่ใหญ่อยู่ค่อนไปทางส่วนหัว สอดคล้องกับ อรุณี (2558) รายงานว่า *Mylonchulus* sp. มีลำตัวเรียวยาว ริมฝีปากเป็นเหลี่ยม ลักษณะของช่องปากตอนบนกว้าง ตอนล่างเรียวแหลม มีฟันซี่ใหญ่อยู่ค่อนไปทางส่วนหัวของช่องปากตรงข้ามกับฟันซี่เล็ก และ Nusrat *et al.* (2013) รายงานว่ามีลำตัวขนาดกลาง ริมฝีปากเป็นเหลี่ยม ลักษณะของช่องปากคล้ายรูปถ้วย ผนังปากหนา ตอนบนกว้าง ตอนล่างแคบ มีฟันซี่ใหญ่อยู่ค่อนไปทางส่วนหัวที่ 75-84% จากส่วนฐานของช่องปาก ตรงข้ามกับ

ฟันเล็กซึ่งมีอยู่ 6 แถว ระบบสืบพันธุ์เพศเมียมีรังไข่หนึ่งอันอยู่ทางด้าน anterior ลักษณะส่วนหางสั้นและแคบ (short and narrow) มี spinneret ที่ปลายสุดของหาง (spinneret terminal)

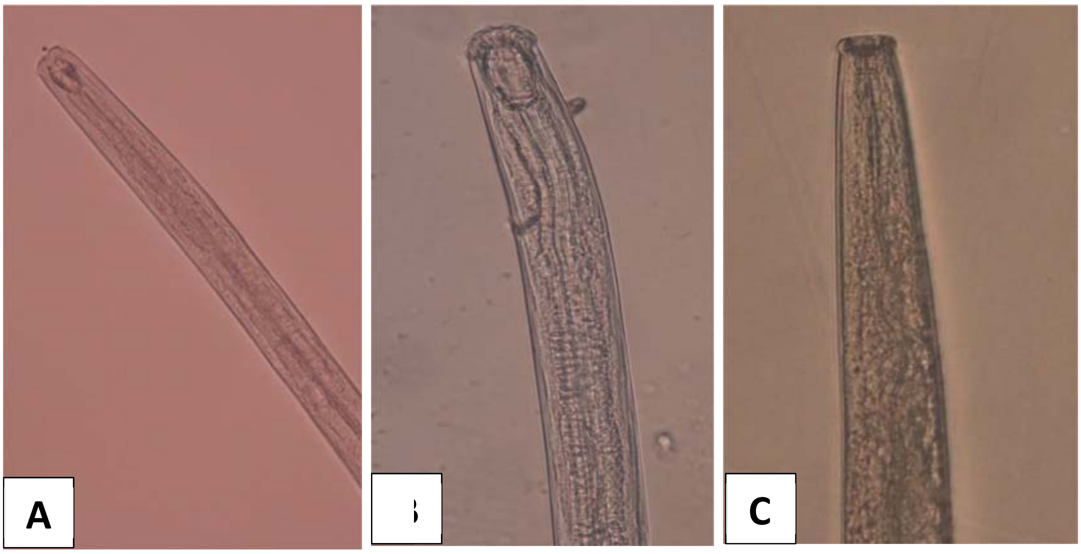


Figure 2. Light microscope photographs (40x) of predatory nematodes A: *Mylonchulus* sp.; B: *Mononchus* sp.; C: *Mononchoides* sp.

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำในสกุล *Mononchus* sp. (Figure 2B) มีลำตัวเรียวยาว ขนาดกลาง รูปร่างของลำตัวเกือบตรง โค้งที่บริเวณส่วนท้อง ผนังลำตัวเรียบ ริมฝีปากเรียบ ลักษณะของช่องปากกว้าง หลอดอาหารยาวคล้ายทรงกระบอก สอดคล้องกับรายงาน Koohkan and Shokoohi (2014) คือลำตัวมีขนาดกลาง ผนังลำตัวเรียบหนา มีอวัยวะรับความรู้สึกส่วนหัว (amphid) คล้ายรูปถ้วย ลักษณะของช่องปากยาว มีฟันซี่ใหญ่อยู่ค่อนไปทางส่วนหัว ระบบสืบพันธุ์เพศเมียมีรังไข่สองอัน อันหนึ่งอยู่ทางด้าน anterior และอีกอันอยู่ทางด้าน posterior ของ vulva ลักษณะส่วนหางยาวและกลมมน (elongate and round)

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำในสกุล *Mononchoides* sp. (Figure 2C) มีลำตัวเรียวยาว ช่องปากมีขนาดเล็กกว่าไส้เดือนฝอยตัวห้ำ 2 กลุ่มแรก มีฟันแข็งแรงที่ช่วยในการตัดและบด รูปร่างของลำตัวเกือบตรง โค้งที่บริเวณส่วนท้อง ผนังลำตัวและริมฝีปากเรียบ ลักษณะของช่องปากเล็กไม่พบฟันซี่ใหญ่ Chitambar and Noffsinger (1989) พบว่าไส้เดือนฝอยในกลุ่ม Diplogasterida มีความจำเพาะเจาะจงต่อเหยื่อสูงกว่าในกลุ่มไส้เดือนฝอยอื่นๆ

3. การเพิ่มปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp.

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp.เมื่อเลี้ยงบนอาหาร 4 ชนิดคือ Water agar (WA), Soil extract agar (SEA), Soil moisture granules (SMG) และ Manure extract agar (MEA) พบว่า *Mylonchulus* sp. สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้ดีบนอาหาร Soil extract agar (SEA) คือพบ 10.33, 26, 34.67, 41.67 และ 73.33 ตัว เมื่อเลี้ยงที่เวลา 30, 56, 60,65 และ 90 วัน ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Salinas and Kotcon (2005) รายงานว่าไส้เดือนฝอยตัวห้ำในกลุ่ม Mononchida สามารถเจริญเติบโตในห้องปฏิบัติการเมื่อเลี้ยงบนอาหาร Soil extract agar (SEA) Koohkan and Shokoohi (2014) ศึกษาการเลี้ยง *Mylonchulus sigmaturus* ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ 1.5% SEA พบปริมาณเพิ่มขึ้นที่ 56, 60 และ 65 วัน เนื่องจากฟิล์มน้ำบน Soil extract agar (SEA) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยตัวห้ำ

Table 2 Number of predatory nematode, *Mylonchulus* sp.on the culture media

Days	Culture medium			
	WA	SEA	SGM	MEA
30	9.33^{cde*}	10.33^{cde}	7.00^{de}	11.00^{cde}
56	23.33^{bcde}	26.00^{bcde}	12.33^{cde}	18.33^{bcde}
60	29.33^{bcde}	34.67^{bcd}	11.33^{cde}	19.33^{bcde}
65	34.33^{bcd}	41.67^{abc}	7.00^{de}	12.67^{ce}
90	49.00^{ab}	73.33^{a*}	0.00^{e}	4.67^{de}

*Different letters indicate values are significantly different at $P \leq 0.05$

สรุป

ไส้เดือนฝอยตัวห้ำพบมากในดินร่วนปนทราย ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง ปริมาณของไส้เดือนฝอยตัวห้ำมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุ และอุณหภูมิดิน แต่มีค่าสหสัมพันธ์ผกผันกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และอนุภาคขนาดของดินเหนียว จำแนกไส้เดือนฝอยตัวห้ำโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบ 3 สกุล คือ *Mononchoides* sp., *Mylonchulus* sp. และ *Mononchus* sp. ไส้เดือนฝอยตัวห้ำสกุล *Mylonchulus* sp. สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดบนอาหาร Soil extract agar (SEA) ที่เวลา 90 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาวิจัย และห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

เอกสารอ้างอิง

โกวิท ดนตรีเสนาะ. 2527. **ชนิด ปริมาณและการกระจายของไส้เดือนฝอยในระบบนิเวศน์ดินเค็มบริเวณอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วิไลวรรณ เวชยันต์ และสาทิพย์ มาลี. 2553. **ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการมีชีวิตรอดและประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย Steinernema และ Heterorhabditid.** สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร.

สืบศักดิ์ สนธิรัตน. 2532. **โรคพืชเกิดจากไส้เดือนฝอย.** โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพมหานคร.

อนงค์นุช สาสนรักกิจ, เกษมสันต์ สกุลรัตน์, ดำเนิน อุ่นศิริ และ น้ำผึ้ง จันทะทัง. 2556. ความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงประชากรในรอบปีของไส้เดือนฝอยตัวห้ำกับไส้เดือนฝอยรากปมในแปลงปลูกฝรั่งเขตภาคกลาง. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 44(1): 7-16.

อรุณี สุวรรณงาม. 2558. **ความหลากหลายของไส้เดือนฝอยตัวห้ำในพื้นที่การเกษตรทางภาคใต้ของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ahmad, W. and M. S. Jairajpuri. 2010. **Mononchida: The Predaceous Nematodes.** Nematology Monographs and Perspectives, Vol.7. Brill Leiden-Boston, Netherlands.

Chitambar, J. J. and E. M. Noffsinger. 1989. Predaceous Behaviour and Life History of *Odontopharynx longicaudata* (Diplogasterida). **Journal of Nematology** 21(2): 284-291.

Eyualem-Abebe, I. Andrassy and W. Traunspurger. 2006. **Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy**. CABI Publishing. 752 p.

Gooday, J. B. 1963. **Soil and Fresh-Water Nematodes.** Butler and Tanner Ltd, London.

Gaugler, R. and H.K. Kaya. 1990. **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control.** CRC Press. 365 p.

Koohkan, M. and E. Shokoohi. 2014. Mass Production and Prey Species of *Mylonchulus sigmaturus* (Nematoda: Mylonchulidae) in the Laboratory. **Acta Zoologica Bulgarica** 66 (4): 555-558.

Mai, W.F. and H.H. Lyon. 1975. **Pictorial Key to Genara of Plant-Parasitic Nematodes**. Cornell University Press, New York. 215 p.

Nusrat, T., A. Anjum and W. Ahmad. 2013. Mononchida (Nematoda) from Silent Valley National Park, India. **Zootaxa** 3635(3): 224–236.

Peacock, F.C. 1957. Studies on Root-Knot Nematodes of the Genus Meloidogyne in the Gold Coast. Part II. The Effect of Soil Moisture Content on Survival of the Orgamism. **Nematologica** 2: 114-122.

Saur E. and P. Arpin. 1989. Ultrastructural Analysis of the Intestinal Contents of *Clarkus Papillatus* (Nemata: Mononchina): Ecological Interest of The Survey. **Revue de Nematologie** 12: 413-422.

Shabeg S.B, P.S. Grewal, N. Somasekhar, D. Stinner, S.A. Miller. 2007. Soil Nematode Community, Organic Matter, Microbial Biomass and Nitrogen Dynamics in Field Plots Transitioning from Conventional to Organic Management. **Applied Soil Ecology** 37: 256 – 266

Salinas, K.A. and J. Kotcon. 2005. In vitro Culturing of the Predatory Soil Nematode *Clarkus papillatus*. **Nematology** 7(1): 5-9.

การปรับปรุงพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ โดยการผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกเพื่อร่นชั่วรุ่น

Improvement of 2 Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars by Marker Assisted Backcrossing to Accelerate Generations

มธุรส ไพรเจริญ[1*] ธานี ศรีวงศ์ชัย[1] และ ประภา ศรีพิจิตต์[1]

Mathurose Pricharoen[1*], Tanee Sreewongchai[1] and Prapa Sripichitt[1]

บทคัดย่อ

การผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกเป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการปรับปรุงพันธุ์พืช การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อร่นชั่วรุ่นในการปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับ และเพิ่มความหอมสู่ข้าวพันธุ์ CH1 และ CH4 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกในวิธีการผสมกลับ โดยผสมข้ามระหว่างพันธุ์ให้คือ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ผสมกับพันธุ์รับ คือข้าวพันธุ์ CH1 และ CH4 เพื่อสร้างประชากรชั่ว BC_2F_1 โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ Naro1 ช่วยคัดเลือกต้นที่มีลักษณะความหอม และคัดเลือกพื้นฐานพันธุกรรมด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบ SSR ให้เหมือนกับพันธุ์รับในการผสมกลับทั้ง 2 ครั้ง ในลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 และ BC_2F_1 พบว่าสามารถได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะความหอมและมีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนกับพันธุ์รับสูงสุดในลูกผสมกลับชั่วรุ่น BC_2F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 เท่ากับ 91.67 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่าการผสมกลับปกติชั่วรุ่น BC_3F_1

ABSTRACT

Marker assisted backcrossing (MAB) is backcross method with DNA marker assisted selection for improving the efficiency of plant breeding. The objectives of this research were to accelerate generations for backcross breeding program and introgression of aromatic trait into CH1 and CH4 rice cultivars, high yield potential cultivars, by MAB. Crossing between donor parent, Pathum Thani 1 (PTT1), and recurrent parents (CH1 and CH4). After that, the progenies were backcrossed for 2 times to produce BC_2F_1 populations. For marker assisted selection, the Naro1 DNA marker was applied for foreground selection for the aromatic genotypes, and SSR markers selection were used for genetic background for 2 times in BC_1F_1 and BC_2F_1 populations. The results showed that a plant of the cross between PTT1 and CH4 in BC_2F_1 generation, with aromatic trait, had 91.67% similarity of genetics background similar to CH4 cultivar, equivalent to conventional backcross BC_3F_1 generation.

Key Words: Marker assisted backcrossing, Aromatic trait, Accelerating generations

* Corresponding author; e-mail address: **mathurose.pr@gmail.com**

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากต่อประเทศไทย นอกจากจะเป็นอาหารหลักที่มีการบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอีกด้วย ในปี 2559 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวหอมประมาณ 2,496 ล้านตันข้าวสาร มูลค่าการส่งออกคิดเป็น 56,477 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) แสดงให้เห็นถึงตลาดการส่งข้าวหอมที่มูลค่าสูงเนื่องจากข้าวหอมนั้นมีลักษณะเฉพาะ คือ ข้าวสุกมีลักษณะร่วนนิ่ม มีการขยายตัวดีมีกลิ่นหอม มีคุณภาพสำหรับการรับประทาน และมีอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกสูง (Shobha, 1992; Khush and Cruz, 2002) ความหอมของข้าวถูกควบคุมการแสดงออกด้วยยีน *betaine aldehyde dehydrogenase homologue 2 (badh2)* มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมที่ 8 (Lorieux *et al*., 1996; Jin *et al*., 2003) เกิดการขาดหายไปจำนวน 8 เบส บนเอกซอนที่ 7 มีผลทำให้การสังเคราะห์เอนไซม์ betaine aldehyde dehydrogenease ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดการสะสมสาร 2-acetyl-1-pyrroline หรือ 2AP ซึ่งเป็นสารเคมีสำคัญที่ให้ความหอมในส่วนต่างๆของข้าว โดยเฉพาะเมล็ด (Buttery *et al.,* 1983) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวในปัจจุบัน ได้มีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือก (marker-assisted selection: MAS) ร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐาน (conventional breeding) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดเลือก ให้สามารถคัดเลือกต้นพืชที่มีจีโนไทป์ที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ (Collard *et al*., 2005) ทั้งนี้วิธีการผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือก (Marker Assisted Backcrossing: MAB) เป็นวิธีการผสมกลับมีประสิทธิภาพในการคัดเลือกพันธุ์พืช สามารถทำได้ 3 แนวทาง ประกอบด้วย คัดเลือกยีนเป้าหมาย (target gene) เพื่อป้องกันยีนที่ไม่ต้องการจากพันธุ์ให้ (linkage drag) และคัดเลือกต้นที่มีพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับ (genetic background selection) (Collard and Mackill, 2010) การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อถ่ายทอดลักษณะความหอมจากข้าวปทุมธานี1 เข้าสู่ข้าวพันธุ์ CH1 และ CH4 โดยใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกพื้นฐานทางพันธุกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ปลูกข้าวพันธุ์ให้ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 พันธุ์รับ คือ พันธุ์ CH1 และ พันธุ์ CH4 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ผลผลิตสูง และมีปริมาณอมิโลสต่ำ โดยแบ่งปลูกเป็นช่วงวันปลูกต่างๆ จำนวน 5 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน เมื่อต้นข้าวอยู่ในระยะออกดอกจึงทำการผสมข้ามกับพันธุ์ให้ คือ พันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) ซึ่งเป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง ผลผลิตสูง มีปริมาณอมิโลสต่ำ และมีกลิ่นหอม เพื่อสร้างลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) จำนวน 2 คู่ผสม ได้แก่ ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4

2. ปลูกข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 และผสมกลับไปยังพันธุ์รับ เพื่อสร้างเมล็ดข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1

3. นำเมล็ดข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 มาปลูกและคัดเลือกด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เฉพาะกับยีนควบคุมลักษณะความหอมเช่นเดียวกับพันธุ์ให้ของแต่ละคู่ผสม และคัดเลือกพื้นฐานพันธุกรรม (genetic background) เหมือนกับพันธุ์รับโดยใช้เทคนิค Simple Sequence Repeat (SSR) ด้วยชุด Phire® Plant Direct PCR Kit ซึ่งเป็นชุดสำเร็จรูปที่สามารถทำปฏิกิริยาการเพิ่มดีเอ็นเอในหลอดทดลอง (Polymerase Chain Reaction หรือ PCR) ได้โดยไม่ต้องผ่านการสกัดดีเอ็นเอพืช

4. นำต้นที่คัดเลือกได้ผสมกลับกับพันธุ์รับเพื่อสร้างเมล็ดข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1

5. นำเมล็ดข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 มาปลูกและคัดเลือกด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ Naro1 ที่เฉพาะกับยีนควบคุมลักษณะความหอมเช่นเดียวกับพันธุ์ให้ (ปาริฉัตร และคณะ, 2554) และคัดเลือกพื้นฐานพันธุกรรม (genetic background) เหมือนกับพันธุ์รับโดยใช้เทคนิค SSR

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสร้างและคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 1

จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวพันธุ์รับและพันธุ์ให้รวม 2 คู่ผสม คือ ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 ได้ต้นข้าวลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 จำนวน 29 และ 30 ต้น ตามลำดับ โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ Naro1 ซึ่งเป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความจำเพาะกับยีนที่ควบคุมลักษณะความหอม พบว่าต้นที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบ heterozygous จำนวน 29 และ 28 ต้น ตามลำดับ และพบว่าต้นที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบ homozygous เหมือนพันธุ์รับจำนวน 0 และ 2 ต้น ตามลำดับ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการผสมตัวเองของพันธุ์รับซึ่งได้คัดทิ้งไป

การสร้างและคัดเลือกลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1

นำต้นลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ผสมกลับไปยังพันธุ์รับ เพื่อผลิตเมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 แล้วนำมาปลูกต่อ จากการตรวจสอบการกระจายตัวของยีนที่ควบคุมลักษณะความหอมของต้นข้าวในลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 จำนวน 41 และ 45 ต้น ตามลำดับ โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ Naro1 ได้ต้นที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบ heterozygous ที่ต้องใช้ผสมต่อไปจำนวน 21 และ 22 ต้น ตามลำดับ (Table 1)

จากนั้นนำใบของข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 ที่ผ่านการคัดเลือกมาประเมินพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับ ของทั้ง 2 คู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอแบบ SSR ที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์พ่อแม่จำนวน 54 และ 39 เครื่องหมาย ตามลำดับ พบว่าต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับอยู่ในช่วง 60.64 ถึง 75.00 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยประชากร 70.24 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คู่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับอยู่ในช่วง 69.17 ถึง 85.00 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยประชากร 72.58 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับที่ต่ำกว่าหรือมากกว่าค่าทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 คือ 75.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากโอกาสผสมข้ามระหว่างพันธุ์รับกับพันธุ์ให้ซึ่งการถ่ายทอดนั้นมีการกระจายตัวของค่าดังกล่าวโดยค่าที่ต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะของพันธุ์ให้มากกว่าพันธุ์รับ ในขณะที่ค่าที่มากกว่าค่าทางทฤษฎีเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะของพันธุ์ให้น้อยกว่าพันธุ์รับ นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากการเกิด crossing over หรือ การเกิด double crossing over

จากการคัดเลือกพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับของต้นลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 ในคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับมากที่สุด 75.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 คือ 75.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คู่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับมากที่สุด 85.50

เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ที่มีค่าเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ช่วยให้สามารถร่นระยะเวลาปรับปรุงพันธุ์ได้ถึง 1 ชั่วรุ่น

Table 1 Identification of aromatic genotype in BC_1F_1 populations by using Naro1 marker

Crosses	Homozygous (donor parent)	Heterozygous	Homozygous (recurrent parent)	Populations
PTT1/CH1	-	21	20	41
PTT1/CH4	-	22	23	45

Table 2 Lowest, highest and average of genetics background in BC_1F_1 populations

Crosses	Total of plants	Genetics Background (%)		
		Lowest	Highest	Average
PTT1/CH1	21	60.64	75.00	70.24
PTT1/CH4	22	69.17	85.00	72.58

Table 3 Top three of highest genetics background in BC_1F_1 populations

Crosses	Plant No. of BC_1F_1 plants	Genetics background (%)
PTT1/CH1	CH1 (recurrent parent)	100
	14	75.00
	18	72.72
	22	72.19
	PTT1 (donor parent)	0
PTT1/CH4	CH4 (recurrent parent)	100
	25	85.00
	42	83.50
	45	82.25
	PTT1 (donor parent)	0

การสร้างและคัดเลือกลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1

นำต้นลูกผสมชั่วที่ BC_1F_1 ที่มียีนควบคุมลักษณะความหอมและมีพื้นฐานพันธุกรรมสูงสุด 3 อันดับ (Table 3) ผสมกลับไปยังพันธุ์รับ เพื่อผลิตเมล็ดลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 แล้วนำมาปลูกต่อ จากการตรวจสอบการกระจายตัวของยีนที่ควบคุมลักษณะความหอมของต้นข้าวในลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 จำนวน 39 และ 18 ต้น

ตามลำดับ โดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ Naro1 พบว่าต้นที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแบบ heterozygous ที่ต้องการ จำนวน 19 และ 7 ต้น ตามลำดับ (Table 4)

จากนั้นนำใบของข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ที่ผ่านการคัดเลือกมาประเมินพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับ ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 และ ปทุมธานี 1/CH4 ด้วยเครื่องหมายดีเอ็นเอ SSR จากการคัดเลือกครั้งแรกในชั่วลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 จำนวน 27 และ 14 เครื่องหมาย ตามลำดับ พบว่าต้นข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ของคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับอยู่ในช่วง 75.00 ถึง 87.50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยประชากร 80.13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คู่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับอยู่ในช่วง 87.50 ถึง 91.67 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยประชากร 89.71 เปอร์เซ็นต์ (Table 5) ค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับที่ต่ำกว่าหรือมากกว่าค่าทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 คือ 87.50 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลมาจากโอกาสผสมข้ามระหว่างพันธุ์รับกับพันธุ์ให้ซึ่งการถ่ายทอดนั้นมีการกระจายตัวของค่าดังกล่าวโดยค่าที่ต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะของพันธุ์ให้มากกว่าพันธุ์รับ ในขณะที่ค่าที่มากกว่าค่าทางทฤษฎีเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะของพันธุ์ให้น้อยกว่าพันธุ์รับ นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากการเกิด crossing over หรือ การเกิด double crossing over นอกจากนี้ในคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 มีค่าพื้นฐานพันธุกรรมต่ำกว่าเป็นผลมาจากการใช้ต้นชั่วรุ่น BC_1F_1 มีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีมาทำการผสมเพื่อสร้างลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1

จากการคัดเลือกพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับของต้นลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 ในคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH1 สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับมากที่สุด 87.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_2F_1 มีค่าเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับมากที่สุด 91.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_3F_1 มีค่าเท่ากับ 93.75 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้สามารถร่นระยะเวลาปรับปรุงพันธุ์ได้ถึง 1 ชั่วรุ่น สอดคล้องกับรายงานของ Hospital (2003) การปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีการผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือก ในการคัดเลือก 3 ชั่วรุ่น คือ BC_1F_1 BC_2F_1 และ BC_3F_1 แต่ละชั่วรุ่นมีขนาดประชากรที่ใช้ในการคัดเลือกเท่ากับ 70 100 และ 150 ต้น ตามลำดับ พบว่าสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีอัตราพันธุกรรมของพันธุ์รับสูงถึง 98.00 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าค่าเฉลี่ยพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_4F_1 มีค่าเท่ากับ 96.90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากประชากรขนาดใหญ่กว่าประชากรที่ทำการศึกษาส่งผลให้ค่าเฉลี่ยพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับสูงกว่าประชากรที่ทำการศึกษา

Table 4 Identification of aromatic genotype in BC_2F_1 populations using Naro1 marker

Crosses	Homozygous (donor parent)	Heterozygous	Homozygous (recurrent parent)	Populations
PTT1/CH1	-	19	20	39
PTT1/CH4	-	7	11	18

Table 5 Lowest, highest and average of genetics background in BC_2F_1 populations

Crosses	Total of plants	Genetics Background (%)		
		Lowest	Highest	Average
PTT1/CH1	19	75.00	87.50	80.13
PTT1/CH4	7	87.50	91.67	89.71

สรุป

จากการคัดเลือกพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับในข้าวลูกผสมกลับชั่วที่ BC_1F_1 และ BC_2F_1 สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับได้มากสุดถึง 91.67 เปอร์เซ็นต์ ในคู่ผสม ปทุมธานี 1/CH4 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับทางทฤษฎีของลูกผสมกลับชั่วที่ BC_3F_1 ที่มีค่าเท่ากับ 93.75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การผสมกลับร่วมกับการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกช่วยร่นระยะเวลาปรับปรุงพันธุ์ได้ถึง 1 ชั่ว แต่หากมีการเพิ่มขนาดประชากรสำหรับใช้คัดเลือกพื้นฐานพันธุกรรมจะช่วยให้สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีพันธุกรรมเหมือนพันธุ์รับได้สูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากแผนงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวลูกผสมเพื่อผลผลิตและคุณภาพสำหรับการแปรรูปเชิงอุตสาหกรรม ระยะที่ 2 ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผ่านสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

ปาริฉัตร รัตนผล, ประภา ศรีพิจิตต์ และ ธานี ศรีวงศ์ชัย. 2554. การพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เฉพาะกับการทำหน้าที่ของยีนความหอมในข้าว. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2559.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

Buttery, R.G., L.C. Ling, B.O. Juliano and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. **J. Agric. Food Chem.** 31: 823-826.

Collard, B.C.Y., M.Z.Z. Jahufer, J.B. Brouwer, and E.C.K. Pang. 2005. An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: The basic concepts. **Euphytica** 142: 169–196.

Collard, B. and D .Mackill. 2010. Marker-assisted breeding for rice improvement. **Euphytica** 142: 123-146.

Hospital, F. 2003. Marker-assisted breeding, pp. 30–56. *In*: Newbury H.J, ed. **Plant molecular breeding.** Blackwell Scientific, London, England.

Jin, Q.S., D. Waters, G.M. Cordeiro, R.J. Henry and R.F. Reinke. 2003. A single nucleotide polymorphism (SNP) marker linked to the fragrance gene in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Sci**. 165: 359-364.

Khush, G.S. and N.D. Cruz. 2002. Developing Basmati rice with high yield potential, pp. 15-18. *In*: **Duffy R (ed) Speciality rices of the world: breeding, production and marketing.** Science Pub. Inc., Enfield, USA.

Lorieux, M., M. Petrov, N. Huang, E. Guiderdoni and A. Ghesquiere. 1996. Aroma in rice: genetic analysis of a quantitative trait. **Theor. Appl. Genet**. 93: 1145-1151.

Shobha, R N. 1992. Research efforts to develop scented quality rices for increased productivity and export purposes. *In*: **Paper presented at the seminar for the awardees of "Outstanding young women in rice science"**. IRRI, Las Banos, Philippines, 21–25 April.

ผลของการใช้ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารรองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง

Effect of Trace Element on Growth Rate and Yield of Soybean

ฉัตรชัย ก้านกิ่ง[1*] สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์[1] จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] และ ชัยสิทธิ์ ทองจู[3]

Chutchai Kanking[1*], Sarawut Rungmekarat[1], Jutamas Romkaew[2] and Chaisit Thongjoo[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารรองต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเมล็ดถั่วเหลือง วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized block design มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย main plot 2 ปัจจัย คือ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และพันธุ์เชียงใหม่ 6 มี sub plot 10 ปัจจัย คือ ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ร่วมกับวิธีการให้ปุ๋ยทางใบและทางดินของธาตุอาหารรอง ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ประกอบด้วย ผลผลิตต่อไร่ (เมื่อครบอายุของถั่วเหลือง) รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิต น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) จำนวนฝักต่อต้นและความสูงของต้น ผลการศึกษาพบว่า การให้ปุ๋ยทางดินชนิดละลายช้า z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 6 ให้ผลผลิตสูงสุด 328 กิโลกรัมต่อไร่ และมีน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 14.80 กรัม ในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิตสูงสุด 277.50 กิโลกรัมต่อไร่ และมีน้ำหนัก100 เมล็ด เท่ากับ 15.62 กรัม

ABSTRACT

This experiment was investigated the effect of trace elements on the growth and yield of soybean The experimental was designed in a split plot in randomized block with four replications consisting of two main plot: soybean Chiang Mai 60 and Chiang Mai 6. There were sub plot 10 factor for 16-16-16 with foliar application and top dressing trace element collecting data yield on matuarity, Seed weight(hundred seed weight), pod per plant and plant height. It was found that z-mix slow-release 1 kg / rai. Chiang Mai 6 for highest yield 328 kilogram per rai and seed weight 14.80 gram (hundred seed weight) while Chiang Mai 60 for highest yield 277.50 kilogram per rai and seed weight 15.62 gram (hundred seed weight).

Key Words: soybean, trace element, growth, Yield

* Corresponding author; e-mail address: chutchai.kan@gmail.com

[1] ภาควิชา พืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชา พืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kampheang Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[3] Department of Soil science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kampheang Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่สามารถปลูกในสภาพดินร่วน ดินร่วนเหนียวหรือ ดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลืองอยู่ที่ 5.5 – 6.5 และมีการระบายน้ำดี ปี 2559 – 2560 ข้อมูลจากศูนย์สารสนเทศการเกษตร ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองประมาณ 161,147 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ในเขตชลประทาน 58,770 ไร่ และนอกพื้นที่เขตชลประทาน 102,377 ไร่ ผลผลิต 42,080 ตันต่อปี ผลผลิตเฉลี่ย 264 กิโลกรัมต่อไร่ มีการปลูกมากใน 5 จังหวัด คือ แม่ฮ่องสอน เชียงราย ขอนแก่น ชัยภูมิ และเลย แต่พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองก็ยังมีแนวโน้มลดลง (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2559) ทั้งนี้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และพันธุ์เชียงใหม่ 6 เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่ให้ผลผลิตสูงในทุกแหล่งปลูก ทนทานต่อโรคราสนิม และให้จำนวนฝักต่อต้นมาก (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2558) แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ปัญหาสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำยังส่งผลให้ถั่วเหลืองแสดงอาการขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุแคลเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์รวมถึงกระบวนการเมทาบอลิซึม (Hepler and Wayne, 1985) ช่วยเร่งการเจริญเติบโต และดูดซึมแร่ธาตุอื่น ๆโดยเฉพาะไนโตรเจน (ยงยุทธ, 2546) หากพืชขาดแคลเซียมอาจส่งผลต่อการติดเมล็ด และมีความงอกต่ำ (ศุภลักษณ์, 2549) ส่วนโบรอนช่วยในการเคลื่อนย้าย คาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลในพืช (Dechen and Nachtigall, 2006) ส่งเสริมการงอกของท่อละอองเรณู และการสร้างปมรากในพืชตระกูลถั่ว (Yamazaki, 1964) หากพืชขาดโบรอน ลำต้นจะแคระแกร็น สังเคราะห์แสงลดลง มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในใบมาก จึงเกิดอาการใบไหม้ (necrosis) และพืชไม่ออกดอก (Shorrocks, 1989) หากขาดในระยะเจริญพันธุ์จะกระทบต่อการสร้างดอก การติดผล รวมทั้งการพัฒนาของเมล็ด (จานุลักษณ์, 2541) และยังมีรายงานว่าโบรอนช่วยให้ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตและการติดฝักอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ 65.03% และฝักลีบค่อนข้างต่ำคือ 14.30 เปอร์เซ็นต์ (ธารทิพย์ และ ดวงจันทร์, 2529) เสาวคนธ์ (2540) รายงานว่าการให้โบรอนในรูปสารโบรา อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร มีผลให้ถั่วเหลืองมีจำนวนฝักต่อต้นและจำนวนผลผลิตต่อพื้นที่สูงขึ้นและ Rerkasem *et al.* (1993) รายงานว่าต้นถั่วเหลืองที่ขาดโบรอนเมล็ดจะมีรูปร่างผิดปกติ และเกิดเมล็ดเหี่ยว ซึ่งเป็นลักษณะของเมล็ดที่ขาดโบรอน การพ่นบี-พลัส ไม่เพียงตอบสนองต่อ จำนวนดอก ฝัก และเมล็ดที่เพิ่มขึ้นแต่เพียงอย่างเดียว ยังมีผลให้เมล็ดถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยดูจากน้ำหนักเมล็ดรวมต่อต้น และเมล็ดดีต่อต้นที่เพิ่มขึ้น เมล็ดต่อฝักจึงเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันเมล็ดลีบมีจำนวนลดลง (Mengel and Kerby, 1987) งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกบี-พลัส เป็นสารละลายที่ให้ทางใบ และปุ๋ยที่ให้ทางดิน z-max และ z-mix โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการและอัตราที่เหมาะสมของการให้ธาตุอาหารรองต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกถั่วเหลือง 2 พันธุ์ ได้แก่ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (CM 60) และเชียงใหม่ 6 (CM 6) ภายใต้การเตรียมดินโดยการไถพรวน 2 ครั้ง และยกร่องปลูก ในฤดูต้นฝนระหว่างเดือนมีนาคม – มิถุนาคม 2560 ณ แปลงทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้ระยะปลูก 70 x 20 เซนติเมตร จำนวน 4 แถวต่อแปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 3.2×5 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นก่อนปลูก (Basal application) สูตร 16-16-16 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และที่ 30 วันหลังปลูกอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่โรยข้างต้น (Side dressing) ร่วมกับการให้ปุ๋ยธาตุอาหารเสริมจำนวน 2 วิธีคือ การให้ทางใบและทางดิน โดยปุ๋ยที่ให้ทางใบ(Foliar

application) เป็นสารละลายบี-พลัส® อัตรา 80 และ 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ ฉีดพ่น 2 ระยะ ที่อายุ 25 วันหลังปลูกและทุก ๆ 10 วัน และฉีดพ่น 3 ครั้งที่อายุ 25 วันหลังปลูกและทุก ๆ 10 วัน สำหรับการให้ปุ๋ยทางดิน คือปุ๋ย z-max® และ z-mix® ชนิดละลายช้า (Slow release) อัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุ 20 วันหลังปลูก วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (CM 60) และเชียงใหม่ 6 (CM 6) และมีปัจจัยรอง 10 ปัจจัย ดังตารางที่ 1 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นก่อนปลูกสูตร 16-16-16 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และที่อายุ 30 วันหลังปลูก อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่โรยข้างต้น (Side dressing)

Table1 Foliar and soil application of fertilizer as trace element

No.	Treatment	Rate
1.	Control	-
2.	16-16-16	-
3.	B-plus ®1/ (2 times, at 25 and 35 DAP)	80 mL / water 80 L
4.	B-plus® (2 times, at 25 and 35 DAP)	160 mL / water 80 L
5.	B-plus® (3 times, at 25, 35 and 45 DAP)	80 mL / water 80 L
6.	B-plus® (3 times, at 25, 35 and 45 DAP)	160 mL / water 80 L
7.	z-max ®2/(at 20 DAP)	1 kg/rai
8.	z-max® (at 20 DAP)	2 kg/rai
9.	z-mix ®3/ (at 20 DAP)	1 kg/rai
10.	z-mix® (at 20 DAP)	2 kg/rai

1/B-plus® = Ca 8.4%, B 1.9%

2/z-max® = Zn 19%, S 13%

3/z-mix® = Ca 13.29 % , Mg 9.44%, S 4.75 %, Zn 2.85% , Fe 1.9% , Mn 1.43 % , B 0.95 %, Cu 0.3%

DAP = days after planting

บันทึกข้อมูล 1) ความสูงต้น สุ่มเก็บตัวอย่างจากต้นถั่วเหลืองใน 2 แถวกลาง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อยที่อายุ 7, 15, 30, 60 และก่อนเก็บเกี่ยว 2) วันออกดอก บันทึกจำนวนวันที่ถั่วเหลืองมีดอกบานหนึ่งดอกบนข้อใด ๆ 50 เปอร์เซ็นต์ นับตั้งแต่วันงอกตามเกณฑ์ระยะการเจริญเติบโตของ Fehr and Curviness (1977) และ 3) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) และผลผลิตต่อไร่ วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม R version 3.4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นกลุ่ม โดยวิธี Duncan's multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความสูงต้น

ความสูงของต้นถั่วเหลืองที่อายุ 7 วันหลังปลูก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์ ที่อายุ 15 วันหลังปลูก พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีความสูงมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 6 และเมื่อถั่วเหลืองมีอายุ 30, 60 และ 80 วันหลังปลูก พันธุ์เชียงใหม่ 6 มีความสูงมากกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 (Table 2)

เมื่อพิจารณาผลของการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรอง ทั้งการฉีดพ่นทางใบและทางดิน พบว่า ไม่มีผลต่อความสูงของต้นถั่วเหลืองที่อายุ 7 และ 15 วันหลังปลูก แต่มีผลต่อถั่วเหลืองที่อายุ 30, 60 และ 80 วัน ซึ่งทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากในระยะแรกของการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ยังมีการพัฒนาทางด้านลำต้นไปอย่างช้า ๆ จึงยังไม่มีความแตกต่าง แต่เมื่อเข้าสู่ระยะเวลาหนึ่ง ถั่วเหลืองจึงเริ่มตอบสนองต่อการให้ปุ๋ย กล่าวคือ การให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ความสูงที่มากกว่า การให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากถั่วเหลืองนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมากกว่า (Table 2)

Table 2 Plant height (cm) as affect by different trace element rates

Varieties	Plant height (cm)				
	7	15	30	60	80
CM 60	10.51	18.89 A	30.642 B	40.04 B	48.87 B
CM 6	10.73	18.11 B	33.370 A	46.81 A	57.08 A
F-test (V)	ns	*	*	*	*
C.V. (%)	12.97	3.58	10.70	6.75	9.80
Fertilizer application					
Control	10.93	18.32	31.11 bcd	42.58 b	51.23 bc
16-16-16	11.06	19.43	29.36 cd	42.71 b	51.70 bc
B-plus® 80 mL/water 80 L (2 times)	10.63	18.76	27.96 d	43.11 ab	54.93 ab
B-plus® 160 mL/water 80 L (2 times)	9.77	18.46	31.25 bc	44.73 ab	53.76 abc
B-plus® 80 mL/water 80 L (3 times)	11.05	18.60	33.53 b	43.21 ab	53.10 abc
B-plus® 160 mL/water 80 L (3 times)	10.21	17.53	30.88 bcd	42.77 ab	52.62 ab
z-max® 1 kg/rai (at 20 DAP)	10.71	18.48	32.46 bc	43.50 ab	53.40 abc
z-max® 2 kg/rai (at 20 DAP)	10.41	18.13	32.62 bc	41.20 b	49.25 c
z-mix® 1 kg/rai (at 20 DAP)	10.67	18.62	32.07 bc	42.36 b	51.52 a
z-mix® 2 kg/rai (at 20 DAP)	10.76	18.67	38.31 a	48.02 a	57.61 a
F-test (T)	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	15.78	9.87	11.12	12.01	9.14

[1/] Mean in same factor by common letter were not significant difference at P ≤ 0.05 level, ns = non significant, * significant at 0.05 level

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

เมื่อพิจารณาจำนวนฝักต่อต้น และผลผลิต พบว่า พันธุ์เชียงใหม่ 6 มีจำนวนฝักต่อต้น 35.12 ฝัก และผลผลิต 307.25 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่มีจำนวนฝักต่อต้น 34.82 ฝัก และผลผลิต 260.65 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในทางตรงกันข้าม พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด 15.00 กรัม สูงกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 6 ที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ด 14.52 กรัม (Table 3)

เมื่อให้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) มีผลทำให้ถั่วเหลืองมีจำนวนฝักต่อต้นสูง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ z-mix 1 กิโลกรัมต่อไร่ และให้จำนวนฝักต่อต้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 2 ระยะ) การให้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 2 ระยะ) การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) ให้ปุ๋ย z-max อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ให้ปุ๋ย z-max อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใช้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) และให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้จำนวนฝักต่อต้นสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ และการไม่ใส่ปุ๋ย (Table 3)

สำหรับน้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) เมื่อให้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) มีน้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) ไม่แตกต่างกับการใช้ z-max 2 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ z-mix อัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อไร่ แต่จะให้น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 2 ระยะ) การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) และให้ปุ๋ย z-max อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

Table 3 Pod number, 100 seed weight and yield of soybean as affect by different trace element rates

Varieties	Pod / plant	100 seed weight (g)	Yield (Kg/rai)
CM60	34.82 B[1/]	15.00 A	260.65 B
CM6	35.12 A	14.52 B	307.25 A
F-Test (V)	*	*	*
C.V. (%)	2.90	3.45	5.52
Fertilizer application			
Control	30.62 f	13.33 e	233.75 e
16-16-16	33.25 e	14.25 d	256.37 d
B-plus® 80 mL/water 80 L (2 times)	34.25 cde	14.78 bc	269.62 c
B-plus® 160 mL/water 80 L (2 times)	35.62 bcd	14.98 abc	296.25 ab
B-plus® 80 mL/water 80 L (3 times)	35.12 cde	14.77 bc	288.00 b
B-plus® 160 mL/water 80 L (3 times)	38.37 a	15.33 a	305.37 a
z-max® 1 kg/rai (at 20 DAP)	33.87 de	14.68 cd	286.37 b
z-max® 2 kg/rai (at 20 DAP)	36.12 bc	15.15 ab	300.62 a
z-mix® 1 kg/rai (at 20 DAP)	37.62 ab	15.21 ab	302.75 a
z-mix® 2 kg/rai (at 20 DAP)	34.87 cde	15.10 abc	300.37 a
Average	34.97	14.76	283.95
F-Test (T)	*	*	*
C.V.(%)	5.80	2.89	3.45

[1/] Mean in same factor by common letter were not significant difference at $p \leq 0.05$ level, * significant at 0.05 level

ในขณะที่ผลของปุ๋ยธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตนั้น ให้ผลเช่นเดียวกับน้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) กล่าวคือ เมื่อให้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) มีน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่แตกต่างกับการใช้ z-max 2 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ z-mix อัตรา 1 และ 2 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ให้น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 2 ระยะ) การให้บี-พลัส อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) และให้ปุ๋ย z-max อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

อิทธิพลร่วมระหว่างสูตรปุ๋ยกับพันธุ์ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

การให้ปุ๋ยธาตุอาหารรองทั้ง 2 วิธีมีผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน จากการทดลองผลของสูตรปุ๋ยต่อจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) และผลผลิต มีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์กับสูตรปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์ตอบสนองต่อปุ๋ยแตกต่างกัน

Table 4 Pod number, 100 seed weight and yield of soybean as affect by interaction between variety and trace element

	Pod / Plant		100 Seed Weight (g)		Yield (Kg /rai)	
Treatment \ Variety	CM 60	CM 6	CM 60	CM 6	CM 60	CM 6
Control	30.50 e[1/]	30.75 e	13.60 e	13.07 e	223.00e	244.50 e
16-16-16	32.75 d	33.75 d	14.47 d	14.02 d	239.25 d	273.50 d
B-plus® 80 mL/water 80 L (2 times)	34.00 c	34.50 c	14.87 c	14.70 c	246.25 d	293.00 c
B-plus® 160 mL/water 80 L (2 times)	35.50 b	35.75 b	15.07 b	14.90 ab	267.50 b	325.00ab
B-plus ® 80 mL/ water 80 L (3 times)	35.00 bc	35.25 b	15.12 b	14.42 b	266.00b	310.00 b
B-plus® 160 mL/water 80 L (3 times)	38.75 a	38.00 a	15.80 a	14.87 ab	282.25 a	328.50 a
z-max® 1kg/rai (at 20 DAP)	33.75 c	34.00 c	14.97 c	14.40 b	262.50 c	310.25 b
z-max® 2kg/rai (at 20 DAP)	35.75 b	36.50 ab	15.45 ab	14.85 ab	273.50ab	327.75 a
z-mix® 1kg/rai (at 20 DAP)	37.50 ab	37.75 a	15.62 ab	14.80 ab	277.50ab	328.00 a
z-mix® 2kg/rai (at 20 DAP)	34.75 bc	35.00 ab	15.05 b	15.15 a	268.75 b	332.00 a
Average	34.82	35.12	15.00	14.51	260.65	307.25
F-test (VxT)	*	*	*	*	*	*

[1/] Mean in same factor by common letter were not significant difference at P $\leq$ 0.05 level, * significant at 0.05, VxT = interaction between variety and Treatment

การให้บี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) และให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) และผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมจึงได้นำบี-พลัส อัตรา 160 มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) และให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่มาเปรียบเทียบกับพันธุ์เชียงใหม่ 60 และพันธุ์เชียงใหม่ 6 ว่ามีความแตกต่างหรือไม่ จากตารางสรุปได้ว่า ถึงแม้จะมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยด้านพันธุ์และสูตรปุ๋ย ก็ยังคงแนะนำให้ใช้บี-พลัส อัตรา 160

มิลลิลิตรต่อน้ำ 80 ลิตรต่อไร่ (ฉีดพ่น 3 ระยะ) สอดคล้องกับรายงานของเสาวคนธ์ (2540) ที่ว่าการให้โบรอนในรูปสารโบรา อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดสูงที่สุด หรือให้ปุ๋ย z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่เนื่องจากให้ผลผลิต น้ำหนักเมล็ด (100 เมล็ด) และจำนวนฝักต่อต้นสูง สอดคล้องกับการรายงานของ Mengel and Kerby (1987) เมื่อให้ปุ๋ยธาตุอาหารรองมีการตอบสนองต่อฝักและจำนวนดอก ที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีผลต่อขนาดเมล็ดที่ใหญ่โดยดูจากน้ำหนักเมล็ดรวมต่อต้น (Table 4)

สรุป

ถั่วเหลืองทั้งสองพันธุ์ เมื่อให้ปุ๋ยธาตุอาหารรอง 2 วิธี คือ ปุ๋ยที่ให้ทางใบ และปุ๋ยที่ให้ทางดิน มีผลทำให้ต้นถั่วเหลืองตอบสนองต่อการให้ปัจจัยด้านธาตุอาหารที่ต่างกัน ส่งผลให้องค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านราคา ความคุ้มทุน และระยะเวลา ควรให้ปุ๋ยทางดินชนิดละลายช้า z-mix อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากมีส่วนทำให้ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่อำนวยความสะดวกและสนับสนุนพื้นที่สำหรับการทำวิจัย รวมทั้งบุคลากรของมหาวิทยาลัยที่ช่วยในการเตรียมแปลงและการเขตกรรม

เอกสารอ้างอิง

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ธารทิพย์ เพชระบูรณิน และ ดวงจันทร์ ภูเขียวศักดิ์. 2529. **ผลของโบรอนและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการออกดอก ติดฝัก และการเกิดฝักลีบของถั่วเหลืองพันธุ์ส.จ.5**.รายงานผลการค้นคว้า ปี 2529 เล่ม2 พืชไร่ตระกูลถั่ว และพืชน้ำมัน พืชเส้นใย พืชหัว. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. การให้ปุ๋ยทางใบ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน.

ศุภลักษณ์ สิงหบุตร. 2549. โรคขาดธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2559. **ข้อมูลสารสนเทศเศรษฐกิจรายสินค้าปี 2559**. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. **การปลูกและดูแลรักษาถั่วเหลือง.** แหล่งที่มา : http://www.doa.go.th/fcri/images/files/soybean/chapter4.pdf, 26 กรกฎาคม 2558.

เสาวคนธ์ ขุนนวล. 2540. **ผลของการใช้สารโบราที่มีผลต่อการเจริญเติบโต**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Dechen, A.R. and G.R. Nachtigall.2006. Micronutrients. *In* M.S. Fernandes., eds.Mineral nutrition of plants.Vicosa: **Brazil. Soc. Soil Sci.** 13: 328-352

Fehr, W.R. and C.E. Cariness. 1977. **Stage of Soybean Development**. Iowa state University Press, Ames Iowa. pp.320.

Hepler, P.K. and R.O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. **Plant Physio.** 36: 397-439.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. **Principles of Plant Nutrition.** International Potash Institute, Bern. Switzerland. pp.687.

Rerkasem, B., R.W. Bell, S. Loedkaew, and J.F. Loneragan. 1993. Boron deficiency in soybean [Glycine max (L.) Merr.], peanut (Arachis hypogaea L.) and black gram [Vigna mungo (L.)Hepper]: Symptoms in seeds and differences among soybean cultivars in susceptibility to boron deficiency. **Plant Soil** 150: 289–294.

Shorrocks, V.M. 1989. **Boron deficiency**: Its Prevention and cure. Borax consolidated Limited, London. pp.43.

Yamazaki, T. 1964. The role of microelement.The International Rice Research Institute. Los Banos. Laguna, Philippine. 494p.

ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 โดยการปลูกแบบใช้เครื่องโรยเมล็ด

Effect of Seeding Rate on Growth and Yield of RD49 Grown by Rice Sowing Machine

ศราวุธ เกิดแล้ว[1*] สุตเขตต์ นาคะเสถียร[1] และ ธานี ศรีวงศ์ชัย[1]

Sarawut Kerdlaew[1*] Sutkhet Nakasathien[1] and Tanee Sreewongchai[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 โดยใช้เครื่องมือปลูกที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีสิ่งทดลองได้แก่ 1 ใช้อัตราเมล็ด 25 กก./ไร่ ปลูกแบบใช้เครื่องพ่น เป็นตัวควบคุม (T_1) สิ่งทดลองที่ 2 ใช้อัตราเมล็ด 7.5 กก./ไร่ ปลูกแบบใช้เครื่องโรยเมล็ด (T_2) และ สิ่งทดลองที่ 3 ใช้อัตราเมล็ด 15 กก./ไร่ ปลูกแบบใช้เครื่องโรยเมล็ด (T_3) พบว่าที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก มีดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชต่อหนึ่งหน่วยเวลา การสะสมน้ำหนักของพืชต่อพื้นดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา ความเขียวใบ น้ำหนักแห้งรวมต้น พื้นที่ใบ ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง การกระจายตัวของใบในทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และระยะเก็บเกี่ยวที่ 14 สัปดาห์หลังปลูก อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชต่อหนึ่งหน่วยเวลา และ ผลผลิตซังข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลผลิตและเมล็ดดี ของ T_2 (991 และ 989 กิโลกรัมต่อไร่) และ T_3 (971 และ 872 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่า T_1 (729 และ 656 กิโลกรัมต่อไร่)

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of seeding rate on the growth and yield of RD49 rice, planted by sowing machine. Experiment was designed in RCBD that composed of (1) control, seeding rate at 25 kg rai^{-1} using the broadcasting machine (T_1); (2) seeding rate at 7.5 kg rai^{-1} with rice sowing machine (T_2); (3) seeding rate at 15 kg rai^{-1} with rice sowing machine (T_3). the results showed seeding rate and planting method at 10 weeks after planting had no effect on leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), greenness leaf area and dry weight, net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) and rice straw. Whereas at harvesting period (14 weeks after planting) yield and filled seed of the T_2 (991 and 989 kg rai^{-1}) and T_3 (971 and 872 kg rai^{-1}) were significantly higher than T_1 (729 and 656 kg rai^{-1})

Key Words: RD49, seeding rate, growth and yield, rice sowing machine

[*]Corresponding author; e-mail address: Repelsrw@gmail.com

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวพันธุ์ กข49 เป็นข้าวพันธุ์ที่ไม่ไวต่อแสง สามารถปลูกได้ทั้งนาปี และนาปรังเป็นข้าวที่ให้ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 733 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 (583 กก./ไร่) พิษณุโลก 2 (635 กก./ไร่) และ กข47 (690 กก./ไร่) คิดเป็นร้อยละ 26 15 และ 6 ตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 102-107 วัน ซึ่งมีความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลชนิดใหม่ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) ซึ่งเกษตรกรในอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยานิยมใช้ และเนื่องจากการทำนาในเขตพื้นที่ชลประทาน เกษตรกรมีการใช้ปัจจัยการผลิตในอัตราที่สูงโดยเฉพาะอัตราการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารเคมีกำจัดโรคและแมลง รวมถึงปุ๋ยเคมี ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนในการผลิตข้าวที่สูงขึ้น

การสำรวจเกษตรกรอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่า เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตรา 25 - 30 กิโลกรัมต่อไร่ และมากกว่า ในการปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม การใช้เมล็ดพันธุ์ในอัตราสูงส่งผลให้ต้นข้าวขึ้นหนาแน่นทำให้การถ่ายเทอากาศและความชื้นในแปลงได้ไม่ดีจึงทำให้มีความชื้นสะสมภายในพุ่มใบของต้นข้าวประกอบกับเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นข้าวจึงส่งเสริมให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเกิดโรคมากขึ้น (Asai *et al.*, 1967)

ดังนั้นจึงควรศึกษาอัตราการใช้เมล็ด โดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว (พรชัย, 2559) เพื่อเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกข้าวให้ไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค (Kozaka,1965) และเพื่อการลดต้นทุนการทำนาของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแปลงโดยการพลิกหน้าดิน ไถดินให้ร่วนแล้วปล่อยน้ำเข้าแปลงนาเป็นเวลา 10-15 วัน จากนั้นไถและคราดเอาเศษวัชพืชออกจากแปลงนา แล้วปรับระดับดินให้เรียบสม่ำเสมอทั่วแปลง ทำเทือกและนำน้ำออกจากแปลงเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมดิน เพื่อทำให้ดินเละ ง่ายต่อการปลูกข้าวแบบนาหยอดปลูกข้าวพันธุ์ กข49 โดยใช้เครื่องพ่น อัตราเมล็ด 25 กก./ไร่ เป็นวิธีการควบคุม เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราเมล็ด 7.5 และ 15 กก./ไร่ ในพื้นที่ 512 ตารางเมตร (32 x 16 ตร.ม.) แบ่งเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยว 25 ตารางเมตร (5 x 5 ตร.ม.) วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ 8 ครั้ง ในพื้นที่ 0.4 ม. และพื้นที่เก็บตัวอย่างเพื่อรายงานผลที่ระยะแตกกอสูงสุดที่ 6 สัปดาห์หลังปลูก ระยะออกดอก 10 สัปดาห์หลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยว 14 สัปดาห์หลังปลูกโดยบันทึกข้อมูล พัฒนาการข้าว (rice phenology) การแตกกอสูงที่สุด (maximum tillering), ระยะออกดอก (flowering) และ ระยะเก็บเกี่ยว (harvesting stage) ข้อมูลชีวมวลและพื้นที่ใบ (biomass and leaf area) ส่วนของพืชที่บันทึกข้อมูลประกอบด้วยใบเขียว (green leaves) ใบตาย (dead leaves) ลำต้น (stems) รวงข้าว (panicles) เมล็ดสมบูรณ์ (filled spikelets) และเมล็ดลีบ (unfilled spikelets) โดยบันทึกข้อมูลทุก 2 สัปดาห์ โดยสุ่ม 4 จุดต่อแปลงโดยเลือกสุ่มในบริเวณที่พืชขึ้นปกติมีความสม่ำเสมอเป็นตัวแทนการเติบโตของทั้งแปลง โดยเว้นพื้นที่เก็บเกี่ยว (5 x 5 ตร.ม.) ถอนต้นข้าวและล้างทำความสะอาด แยกส่วนเหนือดินของต้นพืช ดังนี้ ใบเขียว (green leaves) ใบตาย (dead leaves) ลำต้น (stems) รวงข้าว (panicles) โดยใบเขียวตัดแยกเฉพาะส่วนที่เป็นสีเขียวของใบข้าวทุกใบ ใบตายตัดแยกใบสีน้ำตาล ใบแห้งและใบที่มีสีเหลือง เก็บลำต้น รวมกับกาบใบ (leaf sheath) รวงข้าว ตัดจากลำต้นบริเวณข้อแรกที่พยุงรวงข้าวแยกชั่งน้ำหนักแห้ง

วัดพื้นที่ใบแยกต่อต้น โดยสุ่มวัด 4 ต้นจากพื้นที่ที่เก็บข้อมูล สุ่มนับจำนวนต้นข้าวต่อพื้นที่ 0.4 ม^2 คำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบโดยใช้ข้อมูล พื้นที่ใบต่อต้น x จำนวนต้นต่อตารางเมตร อบแยกส่วนของพืช ได้แก่ ใบเขียว ใบตาย ลำต้น รวงข้าว โดยบรรจุในถุงเก็บตัวอย่างที่มีการระบุชนิดตัวอย่าง วัน เดือน ปี ซ้ำ แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วันให้น้ำหนักของตัวอย่างคงที่และชั่งน้ำหนักเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ต่อไป

สุ่มเก็บผลผลิตในพื้นที่ 5 ตารางเมตร (2.5 x 2.5 ม.) จำนวน 2 จุด (จากพื้นที่ที่ไม่มีการทำลายของโรคและแมลงหรืออื่นๆ) โดยบันทึกข้อมูลผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่ และซังข้าว เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมดโดยตัดรวงข้าวและบรรจุในถุงพลาสติกที่มีการระบุสถานที่เก็บ วันที่ ตำรับทดลอง และ ซ้ำ นวดและทำความสะอาดเมล็ดข้าวในแต่ละแปลงที่เก็บเกี่ยว ลดความชื้นของเมล็ดให้เหลือ 3-% ชั่งน้ำหนักเมล็ดลีบ และเมล็ดสมบูรณ์ โดยอบในตู้อบลมร้อน 3-5 วัน และรายงานผลผลิตเมล็ดสมบูรณ์

คำนวณผลผลิตซังข้าว โดยชั่งและบันทึกน้ำหนักสดซังข้าว ทั้งหมดหลังจากแยกเมล็ดข้าวออกแล้วสุ่มตัวอย่างซังข้าวและบันทึกน้ำหนักสดของตัวอย่างสุ่ม นำตัวอย่างซังข้าวไปอบที่อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$C จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้งของตัวอย่างซังข้าว เพื่อคำนวนน้ำหนักแห้งซังข้าวของตัวอย่างทั้งหมดที่เก็บจากพื้นที่เก็บเกี่ยว (5 x 5 ตร.ม.)

การทดลองในช่วงเดือน กรกฎาคม - พฤศจิกายน 2560 ณ ตำบล สนับทึบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีค่าการกระจายตัวของใบในทรงพุ่ม ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการกระจายตัวของใบในทรงพุ่ม เท่ากับ 243.01, 237.59 และ 242.31 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ (Table 1)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบ ของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบ ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบ เท่ากับ 2.79, 3.26 และ 2.16 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Table 1)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีอัตราการสะสมน้ำหนักของพืชต่อพื้นดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัม

ต่อไร่ มีอัตราการสะสมน้ำหนักของพืชต่อพื้นดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา เท่ากับ 18.32, 20.35 และ 16.18 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Table 1)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตราต่อค่าความเขียวใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีค่าความเขียวใบ ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเขียวใบเท่ากับ 32.10, 34.97 และ 31.10 SPAD-unit ตามลำดับ (Table 2)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีค่าพื้นที่ใบ ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าพื้นที่ใบเท่ากับ 1.0, 1.1 และ 0.9 ตารางเมตร ตามลำดับ (Table 2) เช่นเดียวกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ โดยทั้ง 3 อัตรามีค่าดัชนีพื้นที่ใบ ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าพื้นที่ใบเท่ากับ 6.78, 5.59 และ 7.13 ตามลำดับ (Table 2)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีค่าพื้นที่ใบ ที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าพื้นที่ใบเท่ากับ 0.44, 0.41 และ 0.40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Table 2)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ระยะ 10 สัปดาห์หลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชต่อหนึ่งหน่วยเวลา เท่ากับ 45.59, 49.00 และ 51.55 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ (Table 3)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกทั้ง 3 อัตรา มีจำนวนผลผลิตซังข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูก 25, และการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูก 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวนผลผลิตซังข้าว เท่ากับ 1,267.5, 1,370.9 และ 1,451 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าอัตราปลูกที่ 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนผลผลิตเท่ากับ 991 และ 971กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอัตราปลูกที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจำนวนผลผลิตเท่ากับ 729 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สมโรจน์ และคณะ (2553) กล่าวว่าการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมและวิธีการปลูกที่เหมาะสมทำให้ได้ผลผลิตที่สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ยศนนท์ และคณะ (2560) ที่กล่าวว่า เกษตรกรที่ทำนาแบบนาหยอดใช้ปัจจัยการผลิตด้านเมล็ดพันธุ์ 5.34 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตรา 17.91 กิโลกรัมต่อไร่ และมีต้นทุน

การปลูกข้าวที่เป็นต้นทุนรวมทั้งหมดต่ำที่สุด เท่ากับ 3,249.59 บาทต่อไร่ แต่ได้รับผลตอบแทนต่อไร่สูงกว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวแบบนาดำ และนาหว่าน

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราเมล็ดพันธุ์ 3 อัตรา ต่อพื้นที่ใบของข้าวพันธุ์ กข49 พบว่าการใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราปลูกที่ 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนเมล็ดดีเท่ากับ 898 และ 872 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูกที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจำนวนเมล็ดดีเท่ากับ 656 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ (1.0 : 0.97 : 0.73) และมีจำนวนเมล็ดลีบเท่ากับ 98 และ 92 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้เครื่องพ่นเมล็ด อัตราปลูกที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจำนวนเมล็ดลีบเท่ากับ 72 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

Table 1 Effect of seeding rate and planting method on leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), net assimilation rate (NAR), crop growth rate (CGR) at 10 Weeks after planting

Seeding rate (kg rai^{-1})	LAI	LAR (cm^{-2} g^{-1})	NAR (mg cm^{2} day^{-1})	CGR (mg m^{-1} day^{-1})
25	6.78	243.01	2.79	18.32
7.5	5.59	237.59	3.26	20.35
15	7.13	242.31	2.16	16.18
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8.16	5.30	48.20	41.55

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT.

ns Not significant

Table 2 Effect of seeding rate and planting method on leaf greenness, leaf area and dry weight at 10 weeks after planting

Seeding rate (kg rai^{-1})	Leaf greenness (SPAD-unit)	Leaf area (m^{2})	Dry weight (kg m^{-2})
25	32.10	1.0	0.44
7.5	34.97	1.1	0.41
15	31.10	0.9	0.40
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	8.48	12.12	4.55

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT.

ns Not significant

Table 3 Effect of seeding rate and planting method on relative growth rate (RGR), rice straw, yield, fillet seed and unfillet seed at 14 weeks after planting

Seeding rate (kg rai^{-1})	RGR (mg cm^2 day^{-1})	Rice straw (kg rai^{-1})	Yield (kg rai^{-1})	Filled seed (kg rai^{-1})	Unfilled seed (kg rai^{-1})
25	45.59	1,267.5	729 b[1/]	656 b	72 b
7.5	49.00	1,370.9	991 a	898 a	92 a
15	51.55	1,451.1	971 a	872 a	98 a
F-test	ns	ns	*	*	*
CV (%)	34.72	24.52	9.92	12.38	12.15

[1/] Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT.

ns Not significant * Significant at P 0.05

สรุป

อัตราปลูกและวิธีการปลูกที่แตกต่างกันทั้ง 3 อัตรา มีดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของพืชต่อหนึ่งหน่วยเวลา การสะสมน้ำหนักของพืชต่อพื้นดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา ความเขียวใบ น้ำหนักแห้งรวมต้น พื้นที่ใบ ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง การกระจายตัวของใบในทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งในส่วนของผลผลิตและจำนวนเมล็ดดีของข้าวพันธุ์ กข49 ที่ปลูกด้วยเครื่องโรยเมล็ด อัตราเมล็ดพันธุ์ 7.5 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่าที่ปลูกด้วยเครื่องพ่น อัตราเมล็ดพันธุ์ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นเกษตรกรควรใช้เครื่องโรยเมล็ด อัตราเมล็ดพันธุ์ 7.5 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้ได้ผลผลิตและเมล็ดดีสูงที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิตและปัญหาแรงงานขาดแคลน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย ภายใต้โครงการการศึกษาผลกระทบจากการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าวังน้อย ต่อผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ฝ่ายบริหารงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. **ข้าวเจ้าสายพันธุ์ PSL05102-19-1-5-4**. กรมการข้าว. กรุงเทพฯ.

พรชัย หาระโคตร และ อรุณ ทองอุ่น. 2559. **ผลของการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบประณีต.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 24 ฉบับที่ 6

ยศนนท์ ศรีสิจารย์, อรวรรณ ศรีโสมพันธ์ และ กิตติ ศรีสะอาด. 2560. **ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกข้าวนาหยอดของเกษตรกรในจังหวัดอุบลราชธานี**. แก่นเกษตร 45:509 – 514.

สมโรจน์ ประกอบบุญ, วรรณพรรณ จันลาภา และ ณัฐณิชา แปวบุญเลิศ. 2553. **ผลกระทบของอัตราเมล็ดพันธุ์ต่อสุขภาพพืชและผลผลิตข้าว**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ประจำปี 2553. ปราจีนบุรี. หน้า 113-122.

Asai, G.N., M.W. Jones and F.G. Rorie. 1967. **Influence of certain environments factors in the field on infection of rice by Piricilaria oryzae.** Phytopathology 57: 237-241.

Kozaha, T. 1965. **Control of rice blast by cultivation practices in Japan**, pp. 421-438. In: The rice blast disease. Baltimore, Maryland, John Hopkin Press.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติและจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Comparison of Efficiency of Crop Production in Cassava Planting by Traditional Stem Cutting and Tissue Culture

พีรวิชญ์ พันธ์กลาง[1*] เฉลิมพล ภูมิไชย์[1] พรศักดิ์ เอี่ยมนาคะ[2] และ วิจารณ์ วิชชุกิจ[1]

Pherawich Panklang[1*], Chalermpol Phumichai[1], Pornsak Aiemnaka[2] and Vichan Vichukit[1]

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา เปรียบเทียบการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติ ซึ่งใช้ท่อนพันธุ์ที่ปลูกต่อ ๆ กันเรื่อยมาจากฤดูก่อนหน้า และท่อนพันธุ์ที่ฟื้นฟูความสดใหม่ (rejuvenate) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยวางแผนการทดลอง 2 ปี วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก โดยผลการทดลองในปีแรกการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ปกติให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่า การปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ฟื้นฟูความสดใหม่ (7,260 และ 5,483 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) เช่นเดียวกับน้ำหนักส่วนเหนือดิน และความอยู่รอด ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยว และปริมาณแป้งในหัวสดไม่แตกต่างกัน และผลการทดลองในปีที่สอง การปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ฟื้นฟูความสดใหม่ (rejuvenate) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกันกับการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติในทุกลักษณะ

ABSTRACT

The objective of this study was to comparison of efficiency of crop production in cassava varieties planted from regular planting stakes taken from field grown cassava plants and rejuvenate stakes taken from plants of the same varieties derived from tissue culture. The experimental design was a factorial in RCBD in 2 crop seasons. The first-year experiment results show that fresh root yield of stakes taken from field grown cassava plant higher than fresh root yield of stakes taken from tissue culture (7,260 and 5,483 kg/rai), the same result in vegetative weight and survival. Harvest index and starch content weren't significant different. The results of the second-year experiment show There were no statistically significant differences in all trait between stakes taken from field grown cassava plants and stakes taken from plants of the same varieties derived from tissue culture.

Key Words: cassava rejuvenate, rejuvenation, tissue culture

* Corresponding author; e-mail address: g5714100999@ku.ac.th

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา 30210

[2]Thai Tapioca Development Institute, Huay Bong, Dankhuntod, Nakhon Ratchasima 30210

คำนำ

มันสำปะหลัง *Manihot esculenta* Crantz เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง จัดเป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน เช่น ประเทศในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย มันสำปะหลังยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีการส่งออกมันสำปะหลังมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยในปี 2556/57 มีพื้นที่โดยประมาณมากถึง 9 ล้านไร่ และผลผลิตมากถึง 30 ล้านตัน ซึ่งสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมหาศาล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี

การปลูกมันสำปะหลังมีมาอย่างยาวนาน และใช้ท่อนพันธุ์ที่ปลูกต่อกันเรื่อยมาในแต่ละฤดูปลูก ซึ่งอาจไม่มีการคัดเลือก และการเก็บรักษาท่อนพันธุ์ที่เหมาะสม จึงส่งผลต่อการยืดออกของอายุทางสรีรวิทยา เป็นผลให้ศักยภาพการให้ผลผลิตของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังลดลง (Garcia *et al.*, 1992) และอาจมีบางปัจจัยโดยเฉพาะโรคที่ติดมากับท่อนพันธุ์ ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดลง เช่น โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย คือ โรคใบไหม้ของมันสำปะหลัง ซึ่งพบระบาดและสร้างความเสียหายอย่างมากในทวีปอเมริกาและแอฟริกา โดยเฉพาะในช่วงที่มีความชื้นสูง (Lozano และ Sequeira, 1974) และยังมีโรคใบจุดสีน้ำตาล ที่ส่งผลกระทบต่อมันสำปะหลังเช่นกัน หรือโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส เช่น African cassava mosaic virus ส่งผลต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง นำไปสู่ความเสียหายทางเศรษฐกิจ (Nkaa *et al.*, 2013) แม้ในประเทศไทยจะยังไม่พบการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง แต่ประเทศเพื่อนบ้านเช่นกัมพูชา มีรายงานว่าพบการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังแล้วในปี ค.ศ. 2015 (Wang *et al.*, 2016) และโรคพุ่มแจ้ของมันสำปะหลัง ซึ่งเกิดเชื้อไฟโตพลาสมา โดยมีอาการของโรค คือ ยอดมันสำปะหลังแตกพุ่มฝอยและมีขนาดเล็กมากกว่าปกติ ใบสีเหลืองซีด เริ่มแห้งตายจากใบล่างขึ้นไปที่ปลายยอด ต่อมากิ่งก้านเกิดอาการแห้งตายจากยอด (Die back) ลำต้นแคระแกรน และผลผลิตหัวสดลดลง (Martiez-Lopez, 1977)

วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นวิธีการขยายพันธุ์พืชที่ปราศจากโรค เนื่องจากเป็นวิธีปฏิบัติในสภาพที่ปลอดจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ดังนั้นการผลิตพืชให้ปลอดจากเชื้อรา หรือเชื้อแบคทีเรียจึงเป็นไปได้โดยง่าย และยังมีวิธีการซึ่งทำให้พืชปราศจากโรคจากไวรัส เช่น การใช้ความร้อนหรือปลูกพืชในสภาพที่ได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่อง (Kaiser และ Louie, 1982) เป็นต้น อีกทั้งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังเป็นวิธีที่สามารถสร้างความสดใหม่ (rejuvenation) ให้กับท่อนพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด (Haapala, 2004) ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการสร้างความสดใหม่ให้กับท่อนพันธุ์ ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ผลผลิตระหว่างมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติและท่อนพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อปรับปรุงศักยภาพของท่อนพันธุ์ให้ดีขึ้น และหาแนวทางเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในประเทศไทย

อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมท่อน

พันธุ์ที่ใช้ 8 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ห้วยบง 80 พันธุ์ระยอง 1 พันธุ์ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 7 พันธุ์ระยอง 9 พันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ระยอง 72 โดยเตรียมท่อนพันธุ์อายุประมาณ 10-12 เดือน ความยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร และต้นพันธุ์จากพันธุ์เดียวกันอายุประมาณ 1 เดือน ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตพืช ฝ่ายนาโนเทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

การดูแล

ก่อนปลูกแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารเคมีกำจัดเพลี้ยแป้งสีชมพู ไทอะมีโทแซม 25 % WG อัตรา 4 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แช่เป็นเวลา 10 นาที และให้ปุ๋ยสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่หลังปลูกประมาณ 1 เดือน พร้อมกับกำจัดวัชพืชครั้งที่หนึ่ง และกำจัดวัชพืชอีก 2 ถึง 3 ครั้งตามความเหมาะสม

ฤดูที่ 1 ปลูกเปรียบเทียบผลผลิต ลดความแปรปรวนภายในปัจจัย (วัสดุปลูก) และเพิ่มปริมาณท่อนพันธุ์เพื่อปลูกทดสอบในฤดูที่ 2

ปลูกเปรียบเทียบโดยวางแผนการทดลอง 8 x 2 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (8 x 2 factorial in randomized complete block design) โดยมี 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ (8 ระดับ คือ พันธุ์มันสำปะหลัง 8 พันธุ์) และวัสดุปลูก (2 ระดับ คือ ท่อนพันธุ์จากการขยายพันธุ์ปกติ และต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ) จำนวน 3 ซ้ำ แปลงย่อยขนาด 4x4 ตารางเมตร ระยะปลูก 1x1 เมตร เก็บข้อมูลความงอก 1 เดือนหลังปลูก ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 4 เดือนหลังปลูก และเก็บเกี่ยวผลผลิตพร้อมกับบันทึกข้อมูลอีกครั้งเมื่อมันสำปะหลังอายุ 19 เดือน

ฤดูที่ 2 ปลูกเปรียบเทียบผลผลิต โดยใช้ท่อนพันธุ์ที่ได้จากฤดูที่ 1

นำท่อนพันธุ์ที่ได้จากการทดลองปีแรกมาปลูกเปรียบเทียบ โดยใช้การทดลอง 8 x 2 x 2 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (8 x 2 x 2 factorial in randomized complete block design) โดยมี 3 ปัจจัย คือ พันธุ์ (8 ระดับ คือ พันธุ์มันสำปะหลัง 8 พันธุ์) วัสดุปลูก (2 ระดับ คือ ท่อนพันธุ์จากการขยายพันธุ์ปกติ และท่อนพันธุ์จากการขยายพันธุ์ด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ) และสถานที่ทดลอง (2 ระดับคือ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง) จำนวน 4 ซ้ำ เก็บข้อมูลความงอก 1 เดือนหลังปลูก ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 4 เดือนหลังปลูก และเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 10-12 เดือน พร้อมบันทึกข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ปริมาณแป้งในหัวสด และข้อมูลอื่น ๆ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ เพื่อสรุปผลการทดลองต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังที่ทำการฟื้นฟูความสดใหม่ (rejuvenation) ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ปลูกด้วยวิธีปกติ เพื่อทดสอบว่าเมื่อทำการฟื้นฟูความสดใหม่ให้กับท่อนพันธุ์แล้ว มันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ที่ทดสอบจะให้ผลแตกต่างไปจากเดิมหรือไม่ ในทิศทางใด โดยมีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ผลการทดลองปีแรก

จากการทดลองปีแรกการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ปกติ ให้ค่าสูงกว่าการปลูกด้วยต้นพันธุ์จากเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในด้านผลผลิตหัวสด น้ำหนักส่วนเหนือดิน และความอยู่รอด ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยว และปริมาณแป้งในหัวสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ห้วยบง 80 มีแนวโน้มให้

ผลผลิตหัวสดสูงที่สุด (7,533 กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ระยอง 7 (5,467 และ 4,640 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์ระยอง 72 ให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด เมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ระยอง 7 (table 1) และปริมาณแป้งในหัวสดพันธุ์ที่ให้ค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเทียบกันพันธุ์อื่น ๆ คือ พันธุ์ระยอง 11 แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ระยอง 9 (27.2 และ 25.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเพียงผลการทดลองในปีแรกเท่านั้น ซึ่งมีความแปรปรวนในปัจจัยด้านวัสดุปลูก ซึ่งต้นพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมต่ำกว่าการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ปกติ จึงต้องใช้ผลการทดลองในปีที่สอง เพื่อสรุปผลที่ชัดเจนเพิ่มขึ้น

Table 1 Effect of varieties (V) and plant material (P) on fresh root yield, dry root yield and starch content of 8 varieties of cassava planting by traditional stem cutting and tissue culture

	FRY (kilogram)	VW (kilogram)	HI	SC (%)	Sur (%)
Varieties (V)					
Rayong 1	5,467 bc	6,693 a	0.45 d	11.4 d	95.83
Rayong 5	7,120 ab	4,720 bc	0.60 bc	19.8 c	87.50
Rayong 7	4,640 c	2,480 d	0.65 ab	23.0 b	83.33
Rayong 9	6,533 ab	4,280 bc	0.61 bc	25.0 ab	100.00
Rayong 11	6,787 ab	5,133 ab	0.57 c	27.2 a	83.33
Rayong 72	6,093 abc	2,933 cd	0.69 a	19.0 c	83.33
Kasetsart 50	6,800 ab	4,200 bcd	0.62 bc	20.0 c	91.67
Huay Bong 80	7,533 a	3,273 cd	0.70 a	23.4 b	100.00
F-Test	*	**	**	**	ns
Plant material (P)					
stem cutting	7,260 a	4,792 a	0.60	21.0	100.00 a
Tissue culture	5,483 b	3,637 b	0.62	21.3	81.25 b
F-Test	**	**	ns	ns	**
V x P	**	ns	*	ns	ns
CV	22.32%	32.68%	7.61%	9.75%	16.86%

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

** = Significant at P 0.01, * = Significant at P 0.05, ns = Not significant, FRW = Fresh root yield

VW = Vegetative weight, HI = Harvest index, SC = Starch content, Sur = Survival

ผลการทดลองปีที่สอง

ผลผลิตหัวสด

ปัจจัยด้านวัสดุปลูกทั้ง 2 วิธี และสถานที่ปลูกให้ค่าผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลจากการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์ปกติไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตหัวสดอย่างชัดเจน ส่งผลให้ผลผลิตหัวสดจากทั้ง 2 วัสดุปลูกไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Garcia *et al.* (1992) ที่พบว่าผลผลิตจากลำต้นหลักจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่าสูงกว่าผลผลิตของท่อนพันธุ์ที่ได้จากการส่วนขยายพันธุ์ปกติอื่น ๆ และ Lozano (1982) ให้ผลในทางเดียวกัน โดยพบว่าผลผลิตมีการเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงอาจกล่าวได้ว่าในปัจจุบันยังไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของประสิทธิภาพการให้ผลผลิตของท่อนพันธุ์ในแปลงปลูกปกติที่ใช้ต่อ ๆ กันมาในแต่ละฤดูปลูก สำหรับปัจจัยด้านพันธุ์ พันธุ์ระยอง 72 มีแนวโน้มให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดจากทุกวัสดุปลูกและสถานที่ทดลอง (6,696 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ระยอง 9 พันธุ์ระยอง 7 พันธุ์ห้วยบง 80 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ตามลำดับ และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 1 และพันธุ์ระยอง 11 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (table 2) ทั้งนี้ลักษณะประจำพันธุ์ของแต่ละพันธุ์ อาจมีการสร้างจำนวนหัว และขนาดของหัวที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำหนักหัวสดแตกต่างกัน (Hunt *et al.*, 1977)

ผลผลิตหัวแห้ง

พันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์ระยอง 9 มีแนวโน้มให้ค่าผลผลิตหัวแห้งเฉลี่ยสูงสุดจากทุกวัสดุปลูกและสถานที่ทดลอง (2,766 และ 2,688 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) สูงกว่าพันธุ์ระยอง 11 พันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 1 (2,092 1,981 และ 1,480 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การปลูกด้วยท่อนพันธุ์ปกติ ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และปัจจัยด้านสถานที่ทดลอง สถานีวิจัยเขาหินซ้อนให้ผลผลิตหัวแห้งสูงกว่าที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2,438 และ 2,157 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ)

ปริมาณแป้งในหัวสด

พันธุ์ห้วยบง 80 พันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ระยอง 9 (26.5 26.2 และ 25.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ยสูงที่สุดจากทุกวัสดุปลูกและสถานที่ทดลอง สูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปัจจัยด้านวัสดุปลูกให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสถานที่ทดลอง สถาบันพัฒนามันสำปะหลังให้ปริมาณแป้งในหัวสดสูงกว่าสถานีวิจัยเขาหินซ้อนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (table 2) ทั้งนี้เนื่องจากที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน ช่วงก่อนขุดเก็บเกี่ยวมีฝนตกหรือมีปริมาณน้ำฝนมาก จึงส่งผลให้ปริมาณแป้งในหัวต่ำกว่าที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง เนื่องจากต้นมันสำปะหลังมีการดึงอาหารที่เก็บไว้ในหัวไปใช้ในการแตกกิ่งและสร้างใบใหม่ แต่ถ้าก่อนการขุดเก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำฝนน้อยหรือไม่มีเลยปริมาณแป้งในหัวจะสูงขึ้น (วิจารณ์ และคณะ, 2533)

Table 2 Effect of varieties (V), plant material (P) and Site (S) on fresh root yield, dry root yield and starch content of 8 varieties of cassava planting by traditional stem cutting and tissue culture

	FRY (kilogram)	DRY (kilogram)	SC (%)	VW (kilogram)	HI
Varieties (V)					
Rayong 1	4,519 c	1,480 d	17.4 d	6,053 a	0.42 e
Rayong 5	4,601 c	1,981 cd	21.6 bc	4,220 bc	0.52 d
Rayong 7	6,089 ab	2,293 abc	22.6 bc	4,062 bc	0.60 b
Rayong 9	6,323 ab	2,688 a	25.1 a	4,720 b	0.57 bc
Rayong 11	4,442 c	2,092 cb	26.2 a	6,062 a	0.42 e
Rayong 72	6,696 a	2,628 ab	21.2 c	3,585 c	0.66 a
Kasetsart 50	5,624 b	2,455 abc	23.2 b	4,670 b	0.54 cd
Huay Bong 80	5,935 ab	2,766 a	26.5 a	4,202 bc	0.59 bc
F-Test	**	**	**	**	**
Plant material (P)					
stem cutting	5,461	2,314	23.0	4,739	0.53
Tissue culture	5,596	2,282	23.0	4,654	0.55
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns
V x P	ns	*	ns	ns	ns
Site (S)					
KHS	5,665	2,438 a	19.8 b	4,553	0.55 a
TTDI	5,392	2,157 b	26.2 a	4,840	0.53 b
F-Test	ns	*	**	ns	*
V x S	ns	ns	**	**	ns
V x S	ns	ns	ns	ns	*
V x P x S	ns	ns	ns	ns	ns
CV	16.93%	27.92%	8.77%	18.55%	10.86%

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by DMRT

** = Significant at P 0.01, * = Significant at P 0.05, ns = Not significant, FRW = Fresh root yield

DRY = Dry root yield, SC = Starch content, VW = Vegetative weight, HI = Harvest index

KHS = Khao Hin Sorn Research Station, TTDI = Thai Tapioca Development Institute

น้ำหนักส่วนเหนือดิน

น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสิติ โดยพันธุ์ระยอง 11 และพันธุ์ระยอง 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดจากทุกวัสดุปลูกและสถานที่ทดลอง (6,062 และ 6,053 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ลำต้นสูงใหญ่ แต่ให้ผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด เนื่องจากนำอาหารที่ได้ไปใช้ในการสร้างต้นและใบมาก ไม่สะสมที่หัว (ประภาส, 2544) การปลูกด้วยท่อนพันธุ์จากแปลงปลูกปกติ และท่อนพันธุ์จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับปัจจัยด้านสถานที่ปลูกทดลอง

ดัชนีเก็บเกี่ยว

จากมันพันธุ์สำปะหลังที่ทดสอบ พันธุ์ระยอง 72 มีดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุด (table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตหัวสด สำหรับปัจจัยด้านวัสดุปลูกทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยด้านสถานที่ทดลอง สถานีวิจัยเขาหินซ้อนมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าที่สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง (0.55 และ 0.53 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

จากการทดลองปีแรกปัจจัยด้านวัสดุปลูกที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ปกติ มีค่าสูงกว่าการปลูกจากต้นเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในด้านผลผลิตหัวสด น้ำหนักส่วนเหนือดิน และความอยู่รอด ส่วนค่าดัชนีเก็บเกี่ยว และปริมาณแป้งในหัวสดไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลในปีแรกเท่านั้น ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความแข็งแรง และการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมด้อยกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ปลูก จึงไม่อาจสรุปผลที่แน่ชัดได้ และผลการทดลองปีที่สอง การปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ที่ฟื้นฟูความสดใหม่ (rejuvenate) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้ผลไม่แตกต่างกับการปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์จากแปลงปลูกปกติในทุกลักษณะ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์โดยวิธีปกติ ยังไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตมันสำปะหลังในปัจจุบัน ทั้งนี้ผลจากการทดลองนี้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานจากแผนการทดลองในระยะยาว เพื่อศึกษาว่าการฟื้นฟูความสดใหม่ให้แก่ท่อนพันธุ์นั้น มีความจำเป็นหรือไม่ อย่างไร ในการผลิตมันสำปะหลังในอนาคตของประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการวิจัยมันสำปะหลัง ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร เจ้าหน้าที่ของสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ที่กรุณาให้การช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลองเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ประภาส ช่างเหล็ก. 2544. **ผลของปุ๋ยที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในดินชุดมาบบอน** (MB) **และโคราช** (KT). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิจารณ์ วิชชุกิจ, สมยศ พุทธเจริญ, เอ็จ สโรบล และ R.H. Howeler. 2533. **การศึกษาฤดูปลูกและฤดูเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 และระยอง 3**. รายงานประจำปี 2532 เสนอต่อสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. **มันสำปะหลังโรงงาน เปรียบเทียบเนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รายจังหวัด ปี2556 กับ ปี 2557**. http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/casava/1-57.pdf

Garcia, G.M., V.M. Vega and S.R. Morales. 1992. **Effect of meristem culture micropropagation on the vigor and yield of the cassava clone 'Señorita'**. *In*: Roca, W.M. and A.M. Thro. **International Scientific Meeting Cassava Biotechnology Network 1**. Cartagena de Indias, Colombia.

Haapala, T. 2004. **Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile condition**. University of Helsinki Finland.

Hunt, L.A., D.W. Wholey and J.H. Cock. 1977. Growth physiology of cassava. **Field Crop Abstr**. 30: 77-91.

Kaiser, W.J. and R. Louie. 1982. Heat therapy of cassava with African Cassava Mosaic Disease. **Plant Disease** 66:475-477

Lozano, J.C. 1982. Pathology. p 380-381. **Annual Reports for 1982 and 1983**. Cassava Program.

Lozano, J.C. and L. Sequeira. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia: Epidemiology and control. **Phytopathology**. 83-88.

Martiez-Lopez, G. 1977. **American virus and mycoplasma disease of cassava**. Proc. Cassava Protection Workshop Ser. CE-14: 85-87.

Nkaa, F.A., E.E. Ene-Obong, N. Taylor, C. Fauquet and E.N.A. Mbanaso. 2013. Elimination of African cassava mosaic virus (ACMV) and East African cassava mosaic virus (EACMV) from cassava (Manihot esculenta Crantz) cv. 'Nwugo' via somatic embryogenesis. **Am. J. Biotechnol. Mol. Sci.** 3(2): 33-40

Wang, H.L., X.Y. Cui, X.W. Wang, S.S. Liu, Z.H. Zhang and X.P. Zhou. 2016. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infecting cassava in Cambodia. **Plant Disease** 100(5): 1029

ผลของสารจากธรรมชาติและกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว

Effect of Natural Products and Acetic Acid Against *Bipolaris oryzae* Causing Brown Spot Disease of Rice

พัชรี บุญเรืองรอด[1*] และ รัติยา พงศ์พิสุทธา[1]

Patcharee Boonruangrod[1*] and Ratiya Pongpisutta[1]

บทคัดย่อ

โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว ที่เกิดจากเชื้อรา *Bipolaris oryzae* เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตข้าวในประเทศเป็นอย่างมาก การควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลมักนิยมใช้สารกำจัดเชื้อราเป็นหลัก เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง มีรูปแบบหลากหลาย และสะดวกต่อการใช้งาน แต่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ ผู้บริโภค และปัญหาพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารจากธรรมชาติ และกรดอินทรีย์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *B. oryzae* ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สารพอลิเมอร์จากปู (CP) สารพอลิเมอร์จากเปลือกกุ้ง (SP) ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS) และกรดอะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% โดยใช้เทคนิค poisoned food พบว่ากรดอะซิติกในทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *B. oryzae* ได้อย่างสมบูรณ์ รองลงมาได้แก่ SP ที่ความเข้มข้น 4 และ 5% และ COS ความเข้มข้น 5% พบว่าสารจากธรรมชาติ SP และ COS น่าจะมีศักยภาพ ในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าวได้

ABSTRACT

Brow spot disease of rice caused by *Bipolaris oryzae* is the most serious problem affecting to rice production in Thailand. Fungicidual chemicals were used to control the disease because of promptly effectiveness, more application and easy to use. However, it is harmful to health of user and consumer, also chemical residue leading to environmental pollution. The objective for this research is to investigate the potential of natural products and organic acid to control growth of *B. oryzae in vitro* as crab shell polymer (CP), shrimp shell polymer (SP), chitooligosaccharide (COS) and acetic acid at the concentrations of 1, 2, 3, 4 and 5% using poisoned food technique. Acetic acid with all concentrations showed the greatest result inhibiting mycelial growth completely followed by SP at the concentrations of 4 and 5%, and COS at the concentration of 5%. So, natural product as SP and COS may have a potential to apply for controlling fungi causing brown spot of rice.

Key Words: Brown spot disease of rice, *Bipolaris oryzae*, Chitooligosaccharide

* Corresponding author; e-mail address: agrryp@ku.ac.th

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

ประเทศไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก และส่งออกข้าวเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากอินเดีย จากการรายงานของสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย (2559) พบว่าในปัจจุบันอัตราการผลิตข้าวของประเทศมีปริมาณลดลงส่วนหนึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคหลายชนิดโดยเฉพาะโรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ซึ่งทำให้เกิดโรคได้บริเวณใบและยังถ่ายทอดไปยังเมล็ดข้าวได้อีกด้วย วิธีการควบคุมในปัจจุบัน นิยมใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา เนื่องจากเห็นผลเร็ว และใช้ในปริมาณน้อย แต่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และเกิดสารพิษตกค้างในธรรมชาติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคโดยตรง การใช้สารจากธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว

ในแต่ละปีอุตสาหกรรมอาหารทะเลมีการผลิตและส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้มีส่วนที่เป็นกากที่เหลือจากระบบการผลิต เช่น เปลือกกุ้ง เปลือกปู การนำของเหลือมาแปรรูปสามารถทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ โดยการแปรรูปเป็นไคติน และไคโตซาน (สุพจน์ และคณะ, 2546) และอนุพันธุ์ของไคตินและไคโตซานสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหาร เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์ การเกษตร (ใช้ในการปรับสภาพดิน) สิ่งแวดล้อมและการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ จัดเป็นอนุพันธุ์หนึ่งของไคโตซาน โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการนำมายับยั้งแบคทีเรียในอาหาร เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ สารต้านมะเร็งและยังมีฤทธิ์ในการสร้างภูมิต้านทานเป็นต้น (Park *et al.*, 2004) มีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เต้าหู้ (Kim and Han, 2002) ไส้กรอกหมู (Jo *et al.*, 2001) เป็นต้น

จากรายงานของ ภัสรา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของสารในกลุ่ม chitosan chito oligosaccharide กรดอะมิโน ได้แก่ L-glutamic acid และสารในกลุ่มกรดอินทรีย์ ได้แก่ acetic acid และ lactic acid ในการควบคุมเชื้อราในโรงเก็บบนเมล็ดข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Aspergillus fumigates* โดยทดสอบด้วยวิธี blotter technique พบว่า chitooligosaccharide ที่ความเข้มข้น 3% สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อรา *A. fumigatus* บนเมล็ดข้าวได้ โดยพบเชื้อราเพียง 36% ในช่วง 3 วัน หลังการแช่เมล็ดข้าว ในขณะที่การทดลองควบคุมพบ 81% ที่ 3 วันพบว่าสาร lactic acid ที่ระดับความเข้มข้น 3% สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราบนเมล็ดข้าวได้ดีที่สุด โดยมีการเจริญของเชื้อรา 14% และยังสามารถควบคุมเชื้อราได้ดีที่สุดในวันที่ 5 และ 7 ด้วยเช่นกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตของเชื้อรา 20 และ 32% ตามลำดับ

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้นั้นเพื่อลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคพืช จึงเป็นที่มาในการนำสารจากธรรมชาติมาใช้และเปรียบเทียบกับการใช้กรดอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อสาเหตุโรคจากใบข้าว

ทำการแยกเชื้อสาเหตุโรคจากใบข้าวที่เก็บมาจาก อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยวิธีการ tissue transplanting บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) นำไปบ่มภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ทำให้เชื้อบริสุทธิ์โดยวิธีการ single spore isolation

จากนั้นนำไปศึกษาโครงสร้างของเชื้อราสาเหตุโรค ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (compound microscope)

บันทึกภาพ และเก็บเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato carrot agar (PCA) ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

ศึกษาประสิทธิภาพของสารจากธรรมชาติและกรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

สารจากธรรมชาติและกรดอินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สารพอลิเมอร์จากปู (CP) สารพอลิเมอร์จากเปลือกกุ้ง (SP) ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS) และกรดอะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% ด้วยวิธี poisoned food นำ cork borer มาตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อรา ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 7 วัน ใช้เข็มเขี่ยตักชิ้นวุ้นที่มีเชื้อรา ไปวางที่จุดกึ่งกลางของจานเลี้ยงเชื้อ โดยให้ผิวด้านหน้าสัมผัสกับอาหาร ส่วนการทดลองควบคุมใช้อาหาร PDA แล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง วางใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ บันทึกการทดลองโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี หาค่าเฉลี่ย

ผลการทดลอง

การแยกเชื้อสาเหตุโรคจากใบข้าว

จากการแยกเชื้อจากใบข้าวที่แสดงอาการใบจุดสีน้ำตาล ขอบแผลสีน้ำตาลเข้ม (Figure 1A) ด้วยวิธี tissue transplanting บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าให้ลักษณะโคโลนีสีเขียวมะกอก เจริญฟูจากผิวหน้าอาหารเล็กน้อย คล้ายกำมะหยี่ (Figure 1B) ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (compound microscope) ที่กำลังขยาย 40X พบว่าเชื้อราสร้างก้านชูสปอร์ (conidiophore) แบบเดี่ยวๆ มี สีน้ำตาลสว่าง (light brown) มี septum กั้น บริเวณปลายก้านชูสปอร์สร้างสปอร์ (conidium) ส่วนใหญ่พบมีรูปร่างทรงกระบอก (cylindrical) ปลายมน โค้งเล็กน้อย เซลล์บริเวณตรงกลางมีขนาดใหญ่บางครั้งพบที่ฐานเรียวปลายมน มีสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม มีขนาด 5.0-7.5 × 15.0-27.5 µm สร้าง pseudoseptum 3-7 เซลล์ hilum ชัดเจน (protruding hilum) เซลล์บริเวณตรงกลางมีสีน้ำตาลเข้มกว่าเซลล์หัวท้าย (Figure 1C) เมื่อสปอร์เจริญเต็มที่แล้ว ก้านชูสปอร์สามารถเจริญยืดยาวได้ใหม่ (proliferation) และสร้างสปอร์ใหม่ได้ ทำให้ก้านชูสปอร์มีลักษณะหยักไปมา (geniculate) และสปอร์สามารถงอกได้จากปลายทั้ง 2 ด้านของสปอร์ (Figure 2) จากลักษณะที่กล่าวมา ได้ทำการจำแนกโดยอ้างอิงหนังสือ Dematiaceous Hyphomycetes (Ellis, 1971) จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Bipolaris oryzae*

ศึกษาประสิทธิภาพของสารจากธรรมชาติและกรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารจากธรรมชาติ ได้แก่ CP, SP และ COS และกรดอะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5% ต่อการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *B. oryzae* พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมของกรดอะซิติก ในทุกความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุด โดยไม่มีการเจริญของเส้นใยเชื้อราแม้กระทั่งในวันที่ 7 หลังการปลูกเชื้อ รองลงได้แก่ SP ที่ความเข้มข้น 4% ไม่พบการเจริญของเส้นใยในวันที่ 3 และ 5 ส่วนที่ความเข้มข้น 5% สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ดีที่สุด โดยไม่มีการ

เจริญของเส้นใย ส่วน COS ที่ความเข้มข้น 5% หลังการบ่ม 3 และ 5 วัน วัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีได้ 0 และ 0.64 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (LSD_{3d}=0.42 และ LSD_{5d}=0.67) (Table 1, Figure 3)

Figure 1 (A) Symptom of brown spot disease of rice (B) Colony of *Bipolaris oryzae* and (C) Spore characteristics of *B. oryzae* s (40x)

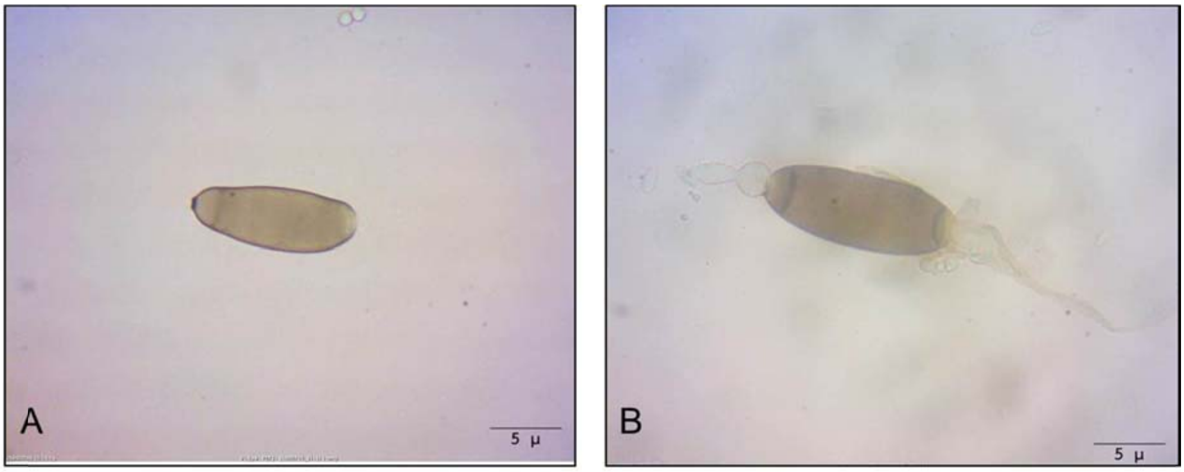


Figure 2 Spore of *Bipolaris oryzae* on water agar (WA) medium incubated at 25°C for 4 hr (A) non-germination and (B) germination at both ends

วิจารณ์และสรุปผล

งานวิจัยนี้พบว่ากรดอะซิติกความเข้มข้นที่ 1% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา *B. oryzae* ซึ่งตรงกับงานของ Yarahmadi *et al.* (2014) ที่รายงานว่ากรดอะซิติกความเข้มข้นที่ 1% มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* บนผลสตรอว์เบอร์รี เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไคโตซาน และ วานิลลิน (vanillin) ซึ่งเป็นผงแป้งหอม ส่วน SP และ CP ซึ่งได้จากเปลือกกุ้งและปูนั้นมักเต็มไปด้วยสารประเภทไคติน เคยมีรายงานว่าสารนี้ทำให้เชื้อ *fluorescent pseudomonads* ซึ่งเป็น antagonist เจริญรอบๆ รากของต้นพริกทำให้ไปยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* อาจเกิดจากไคตินไปกระตุ้นให้เซลล์แบคทีเรียเพิ่มปริมาณเซลล์ได้ (Rajkumar *et al.*, 2008) อย่างไรก็ตามไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งให้ผลได้ดีกว่าสำหรับงานวิจัยนี้ ส่วนสาร COS มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราและสอดคล้องกับรายงานของ Wang *et al.* (2007) ที่รายงานว่า COS ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถควบคุมเชื้อได้คือ 0.15 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมเชื้อรา *Aspergillus niger, Rhizopus apiculatus* และ *Mucor circinelloides* ได้ พบว่า COS

อยู่ในกลุ่มเดียวกับไคโตซานและไคโตซาเนส (chitosanase) ซึ่งไคโตซาเนสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยผนังของจุลินทรีย์และยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ มีอนุภาคเป็นประจุบวกจึงไปเกาะบนผนังของจุลินทรีย์ที่เป็นประจุลบเกิดปฏิกริยา hydrolysis ทำให้สารในกลุ่มไคโตซาเนส สามารถย่อยจุลินทรีย์และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Wang *et al.*, 2007) Hirano and Nagao (1989) รายงานว่า COS ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น *Fusarium oxysporum, Phomopsis fuleushii* และ *Alternaria alternata* ได้มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าการใช้ไคโตซาน

Table 1 Diameter of colony of *Bipolaris oryzae* as affected by natural products and organic acid at the concentrations of 1, 2, 3, 4 and 5%

Treatment	Concentration (%)	Diameter of colony (cm)[1/]		
		3	5	7
Control	-	5.86 a	9.00 a	9.00 a
SP	1%	5.30 b	9.00 a	9.00 a
	2%	2.74 c	5.16 b	7.69 b
	3%	0.00 f	2.53 d	4.54 de
	4%	0.00 f	0.00 e	1.28 i
	5%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
COS	1%	5.34 b	9.00 a	9.00 a
	2%	3.02 c	4.51 b	5.79 c
	3%	0.00 f	2.53 d	3.78 ef
	4%	0.32 ef	2.28 d	3.04 fg
	5%	0.00 f	0.64 e	1.66 hi
CP	1%	5.53 ab	9.00 a	9.00 a
	2%	5.60 ab	9.00 a	9.00a
	3%	1.94 d	2.23 cd	5.28 cd
	4%	0.57 e	3.27 c	4.86 cde
	5%	0.00 f	2.11 d	2.60 gh
Acetic acid	1%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
	2%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
	3%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
	4%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
	5%	0.00 f	0.00 e	0.00 j
CV		19.45	15.68	16.93
LSD		0.42	0.67	1.15

[1/]column values followed by the same letter are not significantly different by least significant difference (LSD) (*P*=0.05)

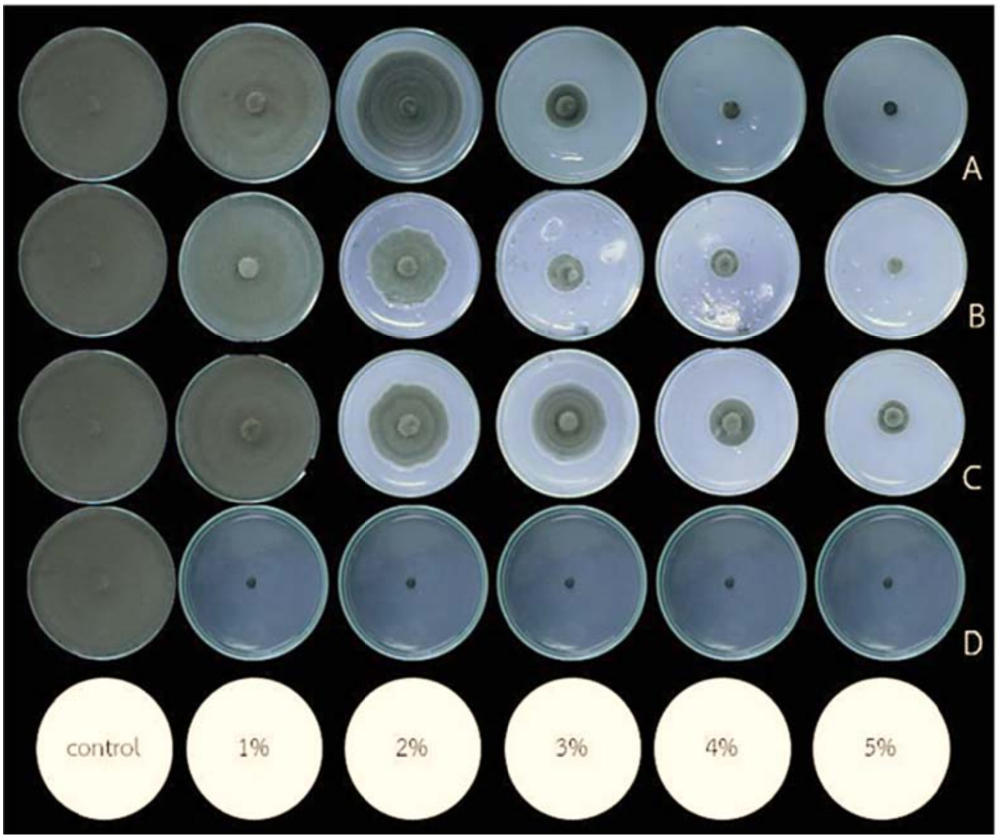


Figure 3 Mycelial growth inhibition of *Bipolaris oryzae* causing leaf brown spot disease on PDA mixed with (A) SP (B) COS (C) CP and (D) Acetic acid, at the concentrations of 1, 2, 3, 4 and 5%, incubated at room temperature under near UV 12 hours for 7 days

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

ภัสรา แสนงาม, รัติยา พงศ์พิสุทธา และ ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล. 2559. ศักยภาพของสารจากธรรมชาติ กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ต่อการควบคุมเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* ของเมล็ดข้าว. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 47:3 (พิเศษ) : 67-70.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2559. เปรียบเทียบปริมาณส่งออกข้าวของประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ 5 อันดับ. แหล่งที่มา : www.thairiceexporters.or.th (ออนไลน์). วันที่สืบค้น : 30 มิถุนายน 2560.

สุพจน์ หารหนองบัว, สุวลี จันทร์กระจ่าง, ปราณี เลิศสุทธิวงศ์, กฤษณา ศิรเลิศมุกุลฒ์, ปราณี รัตนวลีดิโรจน์ และ สุทธิรัตน์ ลิศนันท์. 2546. การศึกษาวิเคราะห์สถานภาพของโรงงานผู้ผลิตและตลาดการใช้ไคตินและไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติร่วมกับสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ellis, M.B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England. 608.

Han, J.S. and M. Kim. 2002. Effects of chitooligosaccharide on the physicochemical, textural and sensory properties of tofu. **Journal of Texture Studies** 33(1): 1-14.

Hirano, S. and N. Nagao. 1989. Effects of chitosa, pectic acid, lysozyme,andchitinase on the growth of several phytopathogens. **AgricBiotChem** 53: 3065-3066.

Jo, C., J.W., Lee, K.H., Lee and M.W., Byun. 2001. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomer. **Meat Science** 59: 369-375.

Park, P.J., J.Y. Je, H.G. Byun, S.H. Moon and S.K. Kim. 2004. Antimicrobial activity of hetero-chitosans and their oligosaccharides with different molecular weights. **Journal of Microbiology and Biotechnology** 14: 317-323.

Rajkumar, M., K.J. Lee and H. Freitas. 2008. Effects of chitin and salicylic acid on biological control activity of *Pseudomanas* spp. against damping off of pepper. **South African Journal of Botany** 74 : 268-273.

Wang,Y., P. Zhou, J. Yu, X. Pan, P. Wang, W. Lan and S. Tao. 2007. Antimicrobial effect of chitooligosaccharides produced by chitosanase from Pseudomonas CUY8. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition** 16(1): 174-177.

Yarahmadi, M., Z. Safaei and M. Azizi. 2014. Study the effect of chitosan, vanillin, and acetic acid on fungal disease control of *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits *in vitro* and *in vivo*. **European Journal of Experimental Biology** 4(3): 219-225.

ผลของวัตถุดิบไม้และอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสต่อประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริก

Effect of Wood Material and Pyrolysis Temperature on Efficacy of Wood Vinegar for Controlling Chilli Thrips

<u>ธนภูมิ มณีบุญ</u>[1*] ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์[2] อนุชา ทะรา[2] ชนัญญา ช่วยศรีนวล[1] และ จันทร์แรม รูปขำ[1]

<u>Thanapoom Maneeboon</u>[1*], Natthawat Khlangsap[2], Anucha Tara[2],

Chananya Chuaysrinule[1] and Chanram Roopkham[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบไม้เงาะ ไผ่รวกดำ และไผ่ตง โดยใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 120-240 240-360 และ 360-480 องศาเซลเซียส ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริก (*Scirtothrips dosalis*) ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่ใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 360-480 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ในการไล่และฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยไฟพริกสูงที่สุดเท่ากับ 76.14±3.22 % และ 100.00±0.00 % ตามลำดับ เมื่อทดสอบการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับกระถางปลูก พบว่าการพ่นน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่ใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 360-480 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนเพลี้ยไฟพริกเฉลี่ยต่อต้นได้อย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังการพ่นเป็นระยะเวลา 14 วัน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงให้เห็นว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำมีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด โดยปริมาณกรดอะซิกติกเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่สูงขึ้น

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the efficacy of wood vinegars produced from *Nephelium lappaceum*, *Thyrsostachys oliveri* and *Dendrocalamus asper* which collected at different pyrolysis temperature ranges of 120-240, 240-360 and 360-480 ^{o}C for controlling chilli thrips (*Scirtothrips dosalis*). A laboratory study showed that wood vinegar produced from *T. oliveri* at pyrolysis temperature range of 360-480 ^{o}C exhibited the highest percentage repellency and corrected mortality with 76.14±3.22 % and 100.00±0.00 %, respectively. The result of pot experiments showed that foliar spray of *T. oliveri* wood vinegar produced at pyrolysis temperature range of 360-480 ^{o}C significantly reduced the number of thrips per plant after 14 days of application. The chemical composition analysis indicated that *T. oliveri* wood vinegar contains the highest acetic acid content. Furthermore, acetic acid concentration was found to increase with increasing pyrolysis temperature.

Key Words: wood vinegar, repellent activity, insecticidal activity, thrips, chilli

* Corresponding author; e-mail address: rditpm@ku.ac.th

[1] ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Scientific Equipment and Research Division, KURDI, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] สถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Trat Agroforestry Research and Training Research Station, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) เป็นของเหลวอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านไม้ มีสีเหลืองส้มจนถึงน้ำตาล และมีกลิ่นควันไฟ ได้จากการควบแน่นที่เกิดขึ้นจากการผลิตถ่านไม้ในช่วงที่ไม้กำลังเปลี่ยนเป็นถ่านในระหว่างการเผาด้วยความร้อนประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส สารประกอบต่างๆที่อยู่ในไม้จะสลายตัวเกิดเป็นสารหลายชนิด ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้กันอย่างแพร่หลายทั้งในระดับครัวเรือน ภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม โดยใช้เป็นสารปรับปรุงดิน สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งใช้ควบคุมโรคพืชสาเหตุจากแมลง เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรีย สารประกอบที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ น้ำ 85 % กรดอินทรีย์ประมาณ 3 % สารอินทรีย์อื่นๆ 12 % โดยน้ำส้มควันไม้มีค่าพีเอชประมาณ 3 ทั้งนี้ชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์สำคัญที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้จะขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบไม้ และอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิส (Pyrolysis temperature) จากการศึกษาของ Wei *et al*. (2010) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้วอลนัท (*Juglans* sp.) ที่ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 230–370 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 90–230 และ 370–450 องศาเซลเซียส ในขณะที่ Kiarie-Makara *et al*. (2010) รายงานว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้โอ๊ค (*Quercus serrata*) มีประสิทธิภาพไล่ยุงรำคาญได้ดีกว่ายุงลาย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบไม้ชนิดต่างๆ และอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่แตกต่างกันในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับกระถางปลูก รวมทั้งเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการสนับสนุนการใช้ประโยชน์น้ำส้มควันไม้ในการเกษตรอย่างถูกวิธีและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตน้ำส้มควันไม้

ผลิตน้ำส้มควันไม้โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียลโดยใช้วัตถุดิบไม้ที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ไม้เงาะ (*Nephelium lappaceum*) ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri*) และไผ่ตง (*Dendrocalamus asper*) เนื่องจากมีรายงานว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบไม้ดังกล่าวมีปริมาณกรดอะซิติกสูงและได้น้ำส้มควันไม้ในปริมาณมาก (ณัฐวัฒน์ และคณะ, 2555) และเก็บน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาเมื่ออุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสอยู่ในช่วง 120-240 240-360 และ 360-480 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาเผาของสถานีวิจัยและฝึกอบรมวนเกษตรตราด คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเพาะเลี้ยงเพลี้ยไฟพริก

เก็บรวบรวมเพลี้ยไฟพริกจากต้นพริกที่มีอาการถูกทำลายด้วยเพลี้ยไฟพริกมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนโดยใช้ต้นพริกต้นใหม่อายุประมาณ 1-2 เดือน โดยวางในกรงเพาะเลี้ยงแมลง หากต้นพริกที่ใช้เลี้ยงเพลี้ยไฟพริกมีลักษณะโทรม ให้ทำการเปลี่ยนต้นพริกใหม่ จากนั้นนำเพลี้ยไฟพริกระยะตัวอ่อนมาทำการทดลอง

3. การทดสอบฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับห้องปฏิบัติการ

3.1 การทดสอบฤทธิ์ในการไล่เพลี้ยไฟพริกด้วยวิธีทดสอบแบบมีทางเลือก (Choice test)

โดยตัดกระดาษกรอง Whatman filter paper No. 1 (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร) ที่เส้นผ่าศูนย์กลางแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่าๆกัน ซีกหนึ่งหยดน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 2 %(v/v) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร อีกซีกหนึ่งหยดน้ำกลั่นปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ทิ้งให้แห้ง นำกระดาษกรองทั้ง 2 ส่วน ประกบเข้าด้วยกัน แล้วนำไปวางในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร และนำเพลี้ยไฟพริกใส่ลงตรงกลางจานเพาะเชื้อ จำนวน 10 ตัว ก่อนที่จะนำจานเพาะเชื้อวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด ตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟพริกที่พบบนแต่ละซีกของกระดาษกรอง เมื่อเวลาผ่านไป 30 และ 60 นาที (ดวงสมร และคณะ, 2554) ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไล่โดยใช้สูตร Percentage repellency (%PR) = $(N_c/(N_c+N_t))$ x100 เมื่อ N_c และ N_t คือ จำนวนเพลี้ยไฟพริกที่อยู่บนกระดาษกรองซีกที่หยดด้วยน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) และน้ำส้มควันไม้ ตามลำดับ

3.2 การทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าเพลี้ยไฟพริกด้วยวิธีทดสอบแบบไม่มีทางเลือก (No-choice test)

หยดน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 2 %(v/v) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงบนกระดาษกรอง Whatman filter paper No. 1 ที่อยู่ในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร จากนั้นใช้พู่กันเขี่ยเพลี้ยไฟพริกจำนวน 10 ตัว ลงบนกระดาษกรอง วางไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นชุดควบคุม ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ บันทึกการตายของเพลี้ยไฟพริกภายหลังการทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าพบการตายของเพลี้ยไฟพริกในการทดลองชุดควบคุมให้ปรับค่าเปอร์เซ็นต์การตายด้วย Abbott's formula (Reddy *et al.*, 2016) โดยใช้สูตร Corrected mortality (%) = $[(M_t - M_c)/(100 - M_c)]$ x100 เมื่อ M_c และ M_t คือ อัตราการตายของเพลี้ยไฟพริกในชุดควบคุมและชุดที่ทดสอบด้วยน้ำส้มควันไม้ ตามลำดับ

4. การทดสอบฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับกระถางปลูก

ปลูกต้นพริกขี้หนูในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร โดยใช้ต้นกล้าพริกขี้หนูอายุ 45 วัน จากนั้นนำกระถางต้นพริกที่ได้เพาะเลี้ยงเพลี้ยไฟพริกไว้มาวางแบบสุ่ม เพื่อให้เกิดการระบาดของเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกทดสอบ แล้วจึงพ่นสารทดสอบ 5 กรรมวิธี ในปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 4 ซ้ำ (5 ต้นต่อซ้ำ) รายละเอียดดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1:50

กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1:100

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1:200

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยสารละลาย Methomyl (0.05%, w/v)

กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยน้ำกลั่น

สุ่มนับจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกภายหลังพ่นสารทดสอบเป็นระยะเวลา 7 14 และ 21 วัน วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

โดยใช้เครื่อง GC-MS (Shimadzu รุ่น QP5050, Japan) สภาพการวิเคราะห์ คือ คอลัมน์ชนิด 30-m DB-1 column (diameter, 0.25 mm; film thickness, 0.25 μm) (J&W Scientific, USA) ปริมาตรการฉีดเท่ากับ 1 ไมโครลิตร อุณหภูมิของ Injector และ Detector เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็น Carrier gas อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที โหมดการฉีดแบบทิ้งสาร (Split mode) โดยใช้ Split ratio เท่ากับ 21:1 และใช้ Mass Range และ Scan Speed เท่ากับ 20 – 700 m/z และ 4,000 amu/sec ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบไม้แต่ละชนิดและอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่แตกต่างกัน พบว่ามีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยน้ำส้มควันไม้มีสีเหลืองถึงเหลืองเข้ม ทั้งนี้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสสูงจะมีสีเหลืองเข้มมากกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสต่ำ (Figure 1) โดยน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้เงาะ ไผ่รวกดำ และไผ่ตง มีค่าพีเอชในช่วง 3.32-3.41 2.69-2.73 และ 3.06-3.31 ตามลำดับ

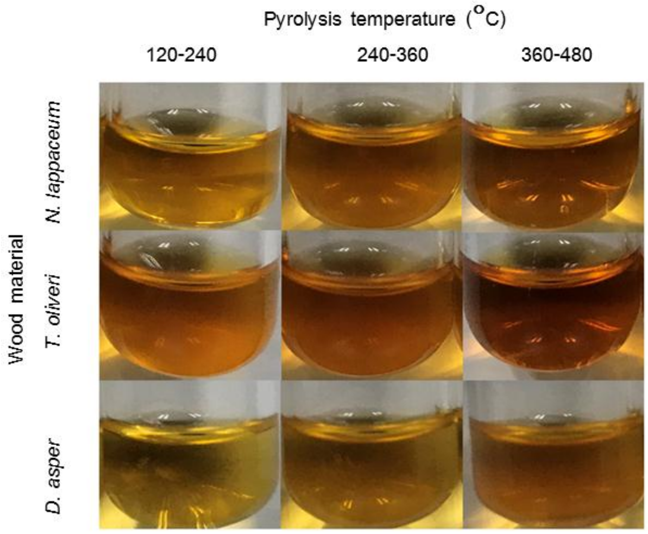


Figure 1 Wood vinegars produced from *N. lappaceum*, *T. oliveri* and *D. asper* at different pyrolysis temperatures.

1. ฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับห้องปฏิบัติการ

การทดสอบฤทธิ์ไล่เพลี้ยไฟพริก พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำโดยใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 360-480 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ไล่เพลี้ยไฟพริกดีที่สุด โดยมีค่าอัตราการไล่เพลี้ยไฟพริกเท่ากับ 76.14±3.22 % (Figure 2A) สำหรับผลการทดสอบฤทธิ์ฆ่าเพลี้ยไฟพริก พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่เก็บจากเตาเผา ณ อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่สูงกว่า 240 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ทำให้เพลี้ยไฟพริกตายมากที่สุด คือ 100.00±0.00 % แต่ไม่แตกต่างจากน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่ตงที่ใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่สูงกว่า 360 องศาเซลเซียส โดยอัตราการตายของเพลี้ยไฟพริกจะเพิ่มขึ้นตามค่าของอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่เพิ่มสูงขึ้น (Figure 2B)

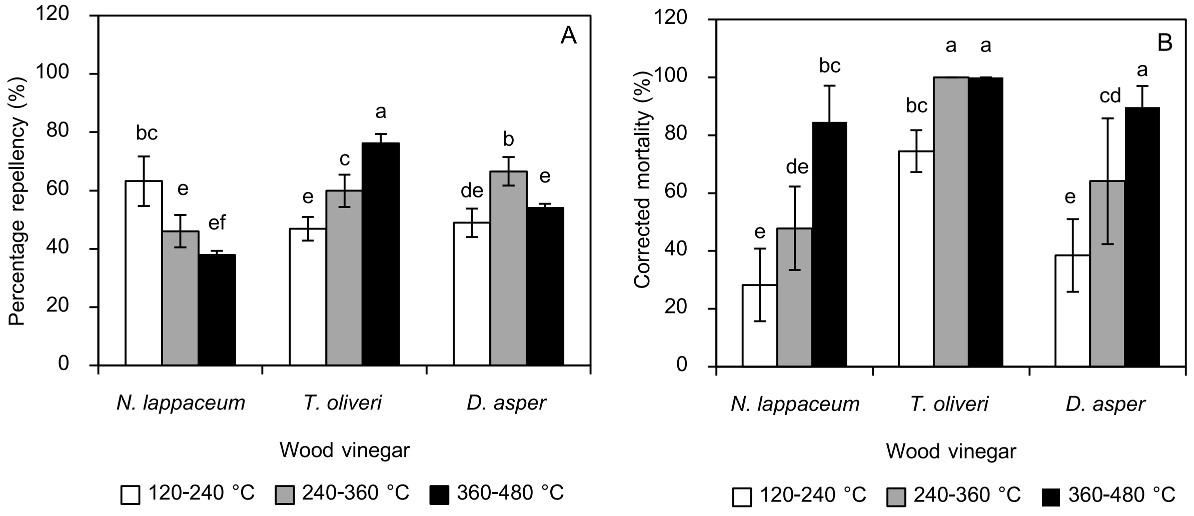


Figure 2 Repellent activity (A) and insecticidal activity (B) of wood vinegars against chilli thrips.

เมื่อนำค่าอัตราการไล่และอัตราการตายของเพลี้ยไฟพริกของน้ำส้มควันไม้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Table 1) พบว่าชนิดของวัตถุดิบไม้และอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิส มีผลต่อประสิทธิภาพในการไล่และฆ่าเพลี้ยไฟพริกของน้ำส้มควันไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลร่วมต่ออัตราการไล่เพลี้ยไฟพริก (*P*-value <0.05) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการฆ่าเพลี้ยไฟพริก (*P*-value > 0.05) ดังนั้นจึงได้เลือกใช้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่ผลิตโดยใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 360-480 องศาเซลเซียส ในการทดสอบการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับกระถางปลูก

Table 1 ANOVA for repellent and insecticidal activities of wood vinegars produced from different wood materials (*N. lappaceum*, *T. oliveri* and *D. asper)* and pyrolysis temperatures.

Source	F	*P-value**
Repellent activity		
Wood material (WM)	29.361	0.000
Pyrolysis temperature (PT)	4.243	0.031
WM x PT	60.247	0.000
Corrected mortality		
Wood material (WM)	16.194	0.000
Pyrolysis temperature (PT)	23.684	0.000
WM x PT	2.096	0.106

* Confidence level 95.0%

2. ฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้จากไผ่รวกดำในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในระดับกระถางปลูก

ภายหลังการพ่นสารทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกที่พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้จากไผ่รวกดำมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำกลั่น แต่มีจำนวนมากกว่าต้นพริกที่พ่นด้วยสารละลาย Methomyl (0.05%, w/v) (Table 2) และภายหลังการพ่นสารทดสอบไปแล้วเป็นระยะเวลา 14 วัน

พบว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ช่วยควบคุมจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกได้ โดยเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกที่พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ความเข้มข้น มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่พ่นด้วยน้ำกลั่น โดยจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกที่พ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นทั้ง 3 ระดับ คือ 1:50 1:100 และ 1:200 ที่ระยะเวลาดังกล่าว ไม่มีความแตกต่างกันและมีค่าไม่แตกต่างกับจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกที่พ่นด้วยสารละลาย Methomyl (0.05%, w/v) นอกจากนี้การพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ในอัตราการเจือจาง 1:50 สามารถลดจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกได้นานถึง 21 วัน โดยมีจำนวนเพลี้ยไฟพริกเฉลี่ยน้อยกว่าต้นพริกที่พ่นด้วยน้ำกลั่นและสารละลาย Methomyl (0.05%, w/v) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราการเจือจาง 1:50 มีฤทธิ์ครอบคลุมวงจรชีวิตของเพลี้ยไฟพริกซึ่งมีระยะประมาณ 15 วัน นอกจากนี้น้ำส้มควันไม้ยังอาจส่งผลต่อไข่ของเพลี้ยไฟพริก โดยยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อนในไข่ หรือทำให้ไข่ฝ่อ ดังเช่นผลการศึกษาของ พวงชมพู (2549) ที่รายงานว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราการเจือจาง 30:200 มีประสิทธิภาพควบคุมไข่และตัวอ่อนของแมลงวัน

Table 2 Average number of thrips on chilli plant after foliar spray of wood vinegar produced from *T. oliveri* at pyrolysis temperature range of 360-480 °C.

Treatment	Average number of thrips per plant		
	7 days	14 days	21 days
Wood vinegar : water (1:50)	5.08 ab	6.75 a	0.67 a
Wood vinegar : water (1:100)	7.08 ab	4.42 a	1.50 ab
Wood vinegar : water (1:200)	7.92 b	5.92 a	1.58 ab
Methomyl (0.05%, w/v)	2.75 a	4.05 a	2.92 b
Water (control)	10.17 b	12.08 b	2.25 b

Means within a column under each factor, means followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level by Duncan New Multiple Range Test

3. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดลองด้วยเครื่อง GC-MS สามารถแบ่งกลุ่มสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลกอฮอล์ ฟีนอล กรดอินทรีย์ คีโตน และอัลดีไฮด์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารแต่ละกลุ่มโดยอาศัยค่าพื้นที่ใต้พีคที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS (Figure 3) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำมีปริมาณกรดอินทรีย์ และสารกลุ่มคีโตนสูงกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่ตงและไม้เงาะ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มควันไม้ พบว่าส่งผลต่อปริมาณสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของกรดอินทรีย์ซึ่งพบว่าปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้จะแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้น และเป็นกรดอินทรีย์ชนิดกรดอะซิติกและอนุพันธุ์ในสัดส่วนมากที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่ใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสสูงที่สุด (360-480 องศาเซลเซียส)

มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกได้ดี เนื่องจากกรดอะซิติกรวมทั้งกรดอินทรีย์ชนิดอื่นเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงและการไล่แมลงของน้ำส้มควันไม้ (Kim *et al*., 2008) นอกจากนี้ สารในกลุ่มฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำส้มควันไม้ยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราและฤทธิ์ควบคุมแมลง สำหรับสารกลุ่มแอลกอฮอล์ที่พบในน้ำส้มควันไม้ส่วนใหญ่ คือ เมทานอล มีรายงานว่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อรา (Yatagai *et al*., 2002; Yodthong and Niamsa, 2009)

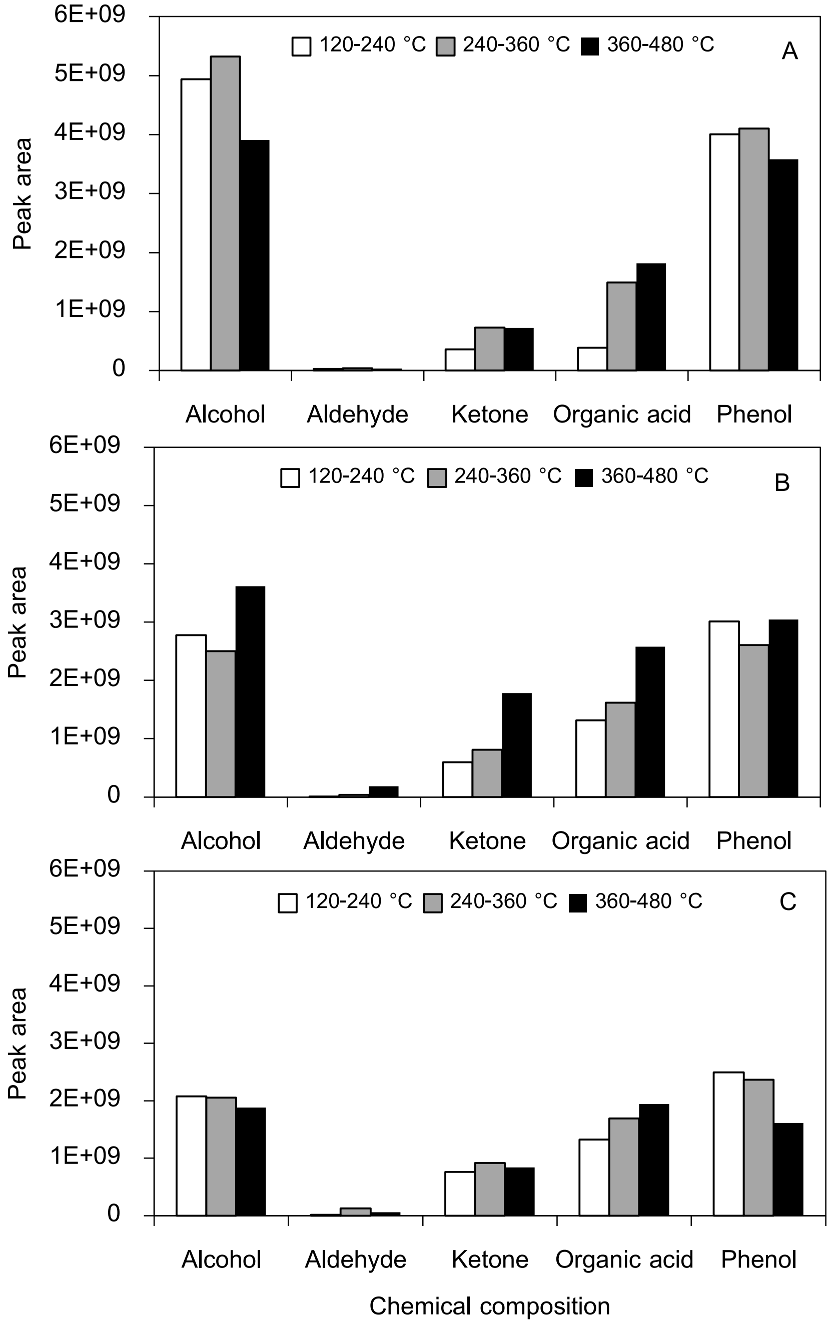


Figure 3 Chemical composition of wood vinegars produced from different wood materials and pyrolysis temperature ranges analyzed by GC-MS; A: wood vinegar from *N. lappaceum*, B: wood vinegar from *T. oliveri* and C: wood vinegar from *D. asper*.

สรุป

น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไผ่รวกดำที่ใช้อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 360-480 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณกรดอะซิติกและอนุพันธุ์มากที่สุด โดยเมื่อทำการพ่นน้ำส้มควันไม้ไปแล้วเป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:50 1:100 และ 1:200 สามารถควบคุมจำนวนเพลี้ยไฟพริกบนต้นพริกได้ดีโดยไม่มีความแตกต่างกับการพ่นด้วยสารละลาย Methomyl (0.05%, w/v) นอกจากนี้การพ่นน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:50 สามารถควบคุมจำนวนเพลี้ยไฟบนต้นพริกได้นานถึง 21 วัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย มก. จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์, กฤตยา เพชรผึ้ง, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม และ อนุชา ทะรา. 2555. **องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบไม้แต่ละชนิด.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปี 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, P.G. Fields และ อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)). **แก่นเกษตร** 39: 345-358.

พวงชมพู ลุนจักร. 2549. **ผลการใช้สารน้ำส้มควันไม้ต่อการควบคุมไข่ ตัวอ่อน และดักแด้ของแมลงวันบ้าน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ

Kiarie-Makara, M.W., H.E. Yoon and D.K. Lee. 2010. Repellent efficacy of wood vinegar against *Culex pipiens pallens* and *Aedes togoi* (Diptera: Cucilcidae) under laboratory and semi-field conditions**. Entomological Research** 40:97–103.

Kim, D.H., H.E. Seo, S.C. Lee and K.Y. Lee. 2008. Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). **Animal Cells and System** 12(1): 47-52.

Reddy, G.V.P., F.B. Antwi, G. Shrestha and T. Kuriwada. 2016. Evaluation of toxicity of biorational insecticides against larvae of the alfalfa weevil. **Toxicology Report** 3: 473–480.

Wei, Q., X. Ma and J. Dong. 2010. Preparation, chemical constituents and antimicrobial activity of pyroligneous acids from walnut tree branches. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** 87(1): 24-28.

Yatagai, M., M. Nishimoto, K.H.T. Ohira and A. Shibata. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. **Journal of Wood Science** 48: 338–342.

Yodthong, B. and N. Niamsa. 2009. Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets. **Biomass and Bioenergy** 33(6-7): 994-998.

Maturase K Responses to Drought Stress in *Jatropha curcas*

Kamkeo Naovongphachan[1], Sittiruk Roytrakul[2], Wannarat Pornsiriwong[1],

Ratree Wongpanya[1] and Amornrat Promboon[1*]

ABSTRACT

Physic nut or *Jatropha curcas,* an important biofuel crop, is reputed for its ability to grow under dry condition and its seeds are rich in oil and protein. Present study was aimed to analyze the physiological and molecular response to drought stress in leaves of drought tolerant KUBP78-9 and drought sensitive KUBP33-1 varieties. The Jatropha leaves under drought stress were collected at day 0 and 7. Total proteins were extracted and tryptic digested before LC-MS analysis. The results showed that maturase K proteins were detected only in drought tolerant KUBP78-9 variety. Analysis based on the STITCH database predicted the interaction of maturase K with hydrogen peroxide, proline, glycinebetaine suggesting protective mechanism of compatible solutes against drought stress in Jatropha.

Key words: Jatropha leaves, maturase, proteomics, drought, LC-MS/MS

* Corresponding author; e-mail address: fsciarp@ku.ac.th

[1]Department of Biochemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[2]Genome Institute, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Klongluang, Pathumthani, 12120

INTRODUCTION

Jatropha *(Jatropha curcas)* a multipurpose, drought resistant, perennial plant belonging to Euphorbiaceae family is gaining a lot of importance for the production of biodiesel (Kumar and Sharma, 2008). It is a small tree found throughout the tropics and subtropics. It is a hardy plant, thriving on degraded land and requiring limited amounts of nutrients and water (Kumar *et al*., 2012). Extracts from its leaves, bark, roots, seeds, and latex present different and important medicinal properties for animals and humans (Dias *et al*., 2012). This tropical plant can be grown in low to high rainfall harsh climatic conditions and can alleviate soil degradation desertification, and deforestation. Jatropha plants can withstand extremely low humidity in the air and can tolerate long-term drought stress by shielding most of its leaves to reduce transpiration (Niu *et al*., 2012).

Crop losses resulting from abiotic stresses such as drought or salinity could reduce Jatropha yield by as much as 50% (Sapeta *et al*., 2013). Drought related reduction of plant growth and yield is largely due to stomata closure which decreases the intake of CO_2 and as a result, induce limitation of photosynthesis (Hedayati *et al*., 2013). Jatropha has a mechanism of adaptation to survival by creating enzymes in the group that can neutralize free radicals. There is the response of abscisic acid to stimulate the closing of the mouth, reduce the loss of water and stimulate transcription factor (Wilkinson and Davies, 2002). This research aims to monitor the proteins associated with the ability of drought-resistant in leaves of 'KUBP78-9' and 'KUBP33-1'Jatropha. To use as a molecular marker and study the self-defense mechanisms of plants in arid conditions by looking at protein expression with respect to the drought tolerance mechanism of Jatropha curd with proteomic techniques. Currently, the study of proteins related to drought tolerance of Jatropha have not much reported yet. Therefore, this research can be applied to as molecular-marker in drought-resistant plants. In addition,to breed of Jatropha and other plants will be more resistant to the drought.

MATERIALS AND METHODS

1. Plant materials and growth condition

Seeds of two selected varieties of Jatropha *(Jatropha carcass.* L) were collected from KU-Biodiesel Project, Kasetsart University, including KUBP78-9 and KUBP33-1 varieties. The selected seeds were sterilized in distilled water for 3 times, soaked for overnight at room temperature and transferred to pots size 5x11cm containing 1:2.5:1.9 (w/w) mixture of perlite : vermiculite : peat moss medium. The germinated seeds were grown in the field and received normal exposure to daylight, temperature and humidity. The plant seedlings having approximately the same height and weight were carefully replanted in experimental pots and watered daily at 4pm. About two months after germination, plants with uniform sizes were selected and transplanted into watertight pots size 5x15 cm. A week

later, plants were exposed to drought stress in the greenhouse 18 m^2 under natural photoperiod of 12–13 h, average temperature of 36.81 ± 2.46°C and relative humidity of 51.74 ± 7.49%

2. Effect of water stress on growth of Jatropha

Experiment was designed into two groups, control and drought stress. The control group was watered every day, while water was withheld from the stressed group. The experiment was performed for two months. Shoot growth, appearance, and number of leaf were recorded. The leave samples were collected at day 0 and 7 during drought treatments. Sample from each group was kept at -80°C until used.

3. Protein extraction

Samples were ground in liquid N_2 using a mortar and pestle. Then, 0.1 g powder was re-suspended in 5 ml of cold trichloroacetic acid solution and mixed for 15 min. The proteins were incubated at -20°C for 60 min, and precipitated proteins were collected by centrifugation at 10,000 rpm for 15 min at 4°C. The pellets were washed twice with cold acetone containing 0.07 % β-mercaptoethanol, kept at -20°C for 1 h and centrifuged at 10,000 rpm for 15 min at 4°C. After centrifugation, pellets were dried and re-suspended in 2 ml lysis buffer. The concentration of proteins was determined by Peterson method using BSA as a standard (Peterson, G. L., 1977).

4. In solution digestion and mass spectrometry

Protein extracts (4 µg) from each sample were treated with 50 µl of 5 mM Dithiothreitol (DTT) in 25 mM ammonium bicarbonate and incubated at 56°C. After that proteins were alkylated with 50 µl of 15mM iodoacetamide (IAA) in 25 mM ammonium bicarbonate at room temperature under dark condition for 1 h. Then, in solution digestion was performed by adding 20 µl trypsin solution (10ng/ µl trypsin dissolved in 50% ACN/ 25 mM ammonium bicarbonate) and incubation at 37°C overnight. The tryptic peptides were dried at 45°C overnight before kept at -20°C prior to LC-MS analysis.

5. LC-MS analysis

The digested peptide solutions were analyzed with Impact II UHR-TOF MS System (Bruker Daltonics Ltd., Germany) coupled to a nanoLC system: UltiMate 3000 LC System (Thermo Fisher Scientific, USA). Peptides were separated on a nanocolumn (PepSwift monolithic column 100 µm i.d. x 50 mm). Eluent A was 0.1% formic acid and eluent B was 80% acetonitrile in water containing 0.1% formic acid. Peptide separation was achieved with a linear gradient from 10% to 45% B for 8.5 min at a flow rate of 1 µl/min, including a regeneration step at 90% B and an equilibration step at 1% B, one run took 20 min. Peptide fragment mass spectra were acquired in data-dependent AutoMS (2) mode

with selecting most abundant precursor ions in 3 second cycle for fragmentation. The mass range of the MS scan was set to extend from 150 to 2,200 *m/z.*

6. Proteins quantitation and identification

For proteins quantitation, DeCyder MS Differential Analaysis software (DeCyderMS, GE Healthcare) (Hu, *et al.*, 2014; Zoschke, *et al.*, 2010) was used. Acquired LC-MS raw data were converted and the PepDetect module was used for automated peptide detection, charge state assignments, and quantitation based on the peptide ions signal intensities in MS mode. The analyzed MS/MS data from DeCyderMS were submitted for a database search using the Mascot software (Matrix Science, London, UK) (Wang *et al.*, 2016). The data was searched against the NCBI database for protein identification. Database interrogation was taxonomy (*J. curcas*); enzyme (trypsin); variable modifications (carbamidomethyl, oxidation of methionine residues); mass values (monoisotopic); protein mass (unrestricted); peptide mass tolerance (1.2 Da); fragment mass tolerance (±0.6 Da), peptide charge state (1+, 2+ and 3+) and max missed cleavages (3). The maximum value of each group was used to determine the presence or absence of each identified protein. The identified proteins were simultaneously submitted to The Search Tool for Interacting Chemicals (STITCH) (http://stitch.embl.de) to search for understanding of cellular functions and interactions between proteins and small molecules (Szklarczyk*et al.*, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Physiological response of Jatropha plants during water deficit condition

Physiological changes of Jatropha plant under drought stress at 0 and 7 days were monitored. Typical symptoms of drought stress such as leaf edge yellowing in older leaves were observed in drought sensitive KUBP33-1 variety at day 7 (Figure 1) while plants in the control did not have any leaf damage symptoms. Under long term water stress, leaf number of both varieties decreased compared to the plants receiving watering daily. Stomatal conductance (g_S), net photosynthesis (Pn), leaf water potential, and growth rate were decreased (Cregg, 2016). Leaf chlorosis and senescence normally occur before leaves abscission in plants under water stress, which is associated with chlorophyll degradation and translocating nutrients to newer leaves (Arndt *et al.*, 2001). Accumulating photosynthetic pigments in leaves of drought tolerant variety under water-stressed conditions could help capture more light energy per unit leaf area than leaves of drought sensitive plants and thus improve photosynthetic capacity per unit leaf area in drought tolerant plants.

KUBP33-1 KUBP78-9

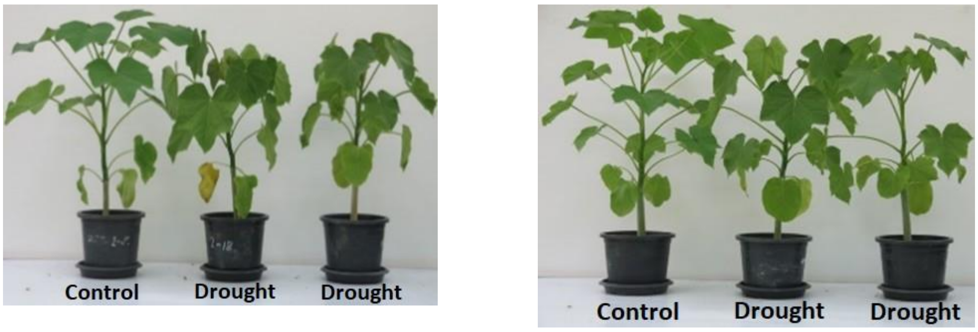


Figure 1 Morphology of drought sensitive KUBP33-1 and drought tolerant KUBP78-9 Jatropha plants under drought stress treatment for 7 days.

Proteomics analysis of protein extracted from the Jatropha leaves

Total protein (4 µg) extracted from leaves of Jatropha after exposure to drought stress for 0 and 7 days were tryptic digested, peptides were analyzed by LC-MS. A total of 738 proteins were identified, only maturase k (MATK) was detected in KUBP78-9 after drought stress for 7 days. STITCH 5.0 predicted the association between MATK and several chemicals playing roles in oxidative stress including hydrogen peroxide, proline, betaine and gluthathione. In addition, plant hormones, auxin, cytokinin, ethylene and abscisic acid were predicted to interact with MATK. Maturase K catalyzes intron RNA binding during reverse transcription and spicing and directly affects gene expression at transcriptional level (Schmitz-Linneweber *et al*., 2015). The changes in protein abundance of maturase K are very complex in plants under abiotic stress, depending on plant species and the type of stress. However, the increased abundance of maturase K in drought tolerant Jatropha indicates that its gene transcription had been affected by drought. However, the relationship between water stress and changes in concentrations of different types of osmotic solutes remains unclear. Association between maturase K and osmotic solutes as predicted by STITCH 5.0 suggests that altered solute partitioning may be an important factor in water-deficit stress tolerance mechanism in Jatropha. Besides compatible solutes, other hormonal signals, such as ethylene, gibberellic acid, and jasmonic acid are also important cellular regulators in signal transduction pathway under drought conditions.

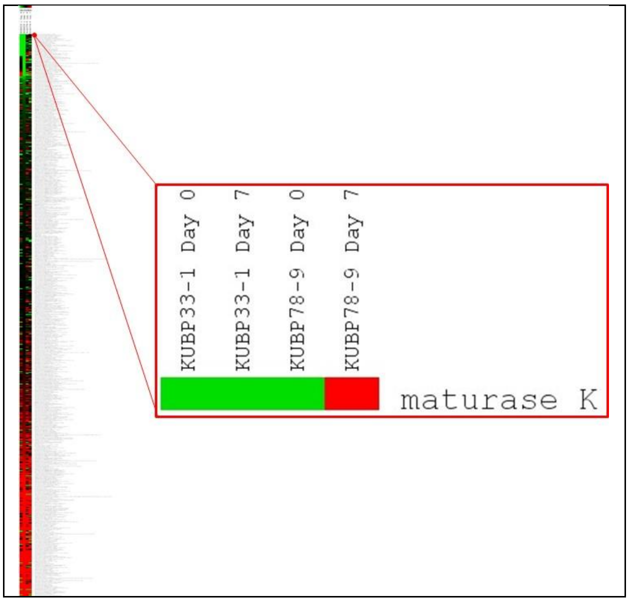


Figure 2 Protein expression pattern of Jatropha leaves under water deficit condition for 0 and 7 days analyzed by LC-MS. Columns represent treatments and harvest time after treatment. Rows correspond to individual proteins that were significantly up- or downregulated by drought-stress treatment, relative to the levels in control plants. Light green-to-dark red bars indicate low-to-high protein abundances.

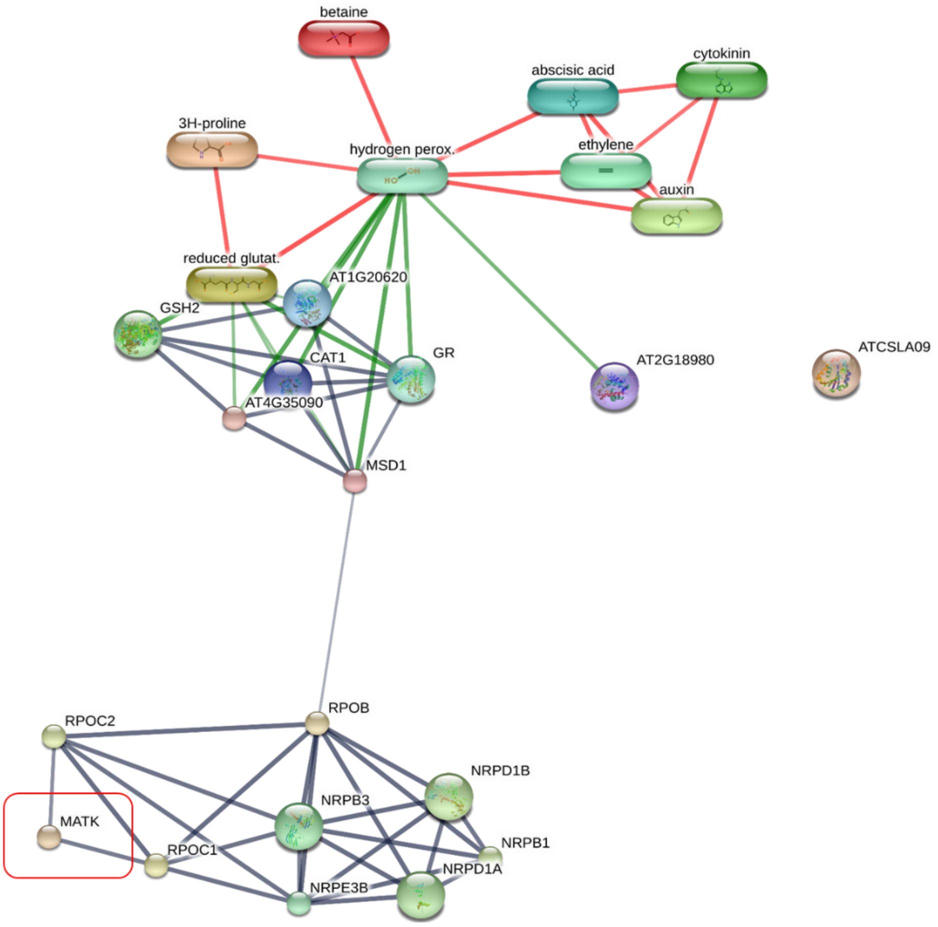


Figure 3 An association of maturase K (MATK) expressed only in leaf of drought tolerant KUBP78-9 variety with compatible solutes, hydrogen peroxide and plant hormones were predicted by STITCH 5.0.

CONCLUSION

Water-deficit stress triggers a myriad of physiological and biochemical processes, such as photosynthesis, respiration, translocation, ion uptake, carbohydrates, nutrient metabolism and growth promoters. Significant differences between KUBP33-1 and KUBP78-9 varieties were yellow leaves with leaf edge yellowing in drought sensitive KUBP33-1 after drought stress for 7 days. The drought tolerant KUBP78-9 may reduce water loss through changes in leaf morphology and leaf area..

Patterns of identified proteins from leaves of KUBP33-1 and KUBP78-9 varieties exposed to water stress for 7 days were different from those of the control plants. Interestingly, maturase K was detected only in drought tolerant KUBP78-9 variety.

Interactions of maturase K and phytohormones were predicted. Protein-chemical interaction networks analysis revealed that maturase K linked to various key molecules in drought stress response in Jatropha.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financially supported by grant from Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI). We would like to thank Associate Professor Penjit Srinophakun and Mrs. Anna Saimaneerat from KU-Biodiesel Project, Kasetsart University for kindly supporting Jatropha seed samples.

REFERENCES

Arndt, S., S. Clifford, W. Wanek, H. Jones and M. Popp. 2001. Physiological and Morphological Adaptations of the Fruit Tree Ziziphus Rotundifolia in Response to Progressive Drought Stress. **Tree Physiology**. 21(11): 705-715.

Cregg, B.M. 2016. Carbon Allocation, Gas Exchange, and Needle Morphology of Pinusponderosa Genotypes Known to Differ in Growth and Survival under Imposed Drought. **Tree Physiology**. 14: 883–898.

Dias, L.A., R.F. Missio and D.C. Dias. 2012. Antiquity, Botany, Origin and Domestication of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae), a Plant Species with Potential for Biodiesel Production. **Genetics and Molecular Research** 11(3): 2719-2728.

Hedayati, A., O. Alizadeh, S. Sharafzadeh, M. Abbasi and A. Azarpanah. 2013. Physiological and Morphological Responses Biodiesel Plant (J*atropha curcas L.*) to Water Stress Condition. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**. 5(7): 695.

Hu, W.-J., J. Chen, T.-W. Liu, M. Simon, W.-H. Wang, J. Chen, F.-H. Wu, X. Liu, Z.-J. Shen and H.-L. Zheng. 2014. Comparative Proteomic Analysis of Differential Responses of *Pinus massoniana*

and *Taxus wallichiana* Var. Mairei to Simulated Acid Rain. **International journal of molecular sciences**. 15(3): 4333-4355.

Kumar A. and S. Sharma. 2008. An Evaluation of Multipurpose Oil Seed Crop for Industrial Uses (Jatropha curcas L.): A Review. **Industrial Crops and Products**. 28(1): 1-10.

Kumar V., O. Gavryliuk, A. Kumar Sinha, D. Barman, E. De Clercq, A. Das and S.C. Mandal. 2012. Jatropha Meal, a Promising Plant Protein Source in Aquafeed Development. **World Aquaculture**. 43(2): 38.

Niu, G., D. Rodriguez, M. Mendoza, J. Jifon and G. Ganjegunte. 2012. Responses of *Jatropha curcas to* Salt and Drought Stresses. **International Journal of Agronomy**. 2012:7

Peterson, G.L. 1977. A Simplification of the Protein Assay Method of Lowry Et Al. Which Is More Generally Applicable. **Analytical biochemistry**. 83(2): 346-356.

Sapeta, H., J.M. Costa, T. Lourenco, J. Maroco, P. Van der Linde and M.M. Oliveira. 2013. Drought Stress Response in *Jatropha Curcas*: Growth and Physiology. **Environmental and Experimental Botany**. 85: 76-84.

Schmitz-Linneweber, C., M.-K. Lampe, L.D. Sultan and O. Ostersetzer-Biran. 2015. Organellar Maturases: A Window into the Evolution of the Spliceosome. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics**. 1847(9): 798-808.

Szklarczyk, D., A. Santos, C. von Mering, L.J. Jensen, P. Bork and M. Kuhn. 2015. Stitch 5: Augmenting Protein–Chemical Interaction Networks with Tissue and Affinity Data. **Nucleic acids research**. 44(D1): D380-D384.

Wang, X., X. Cai, C. Xu, Q. Wang and S. Dai. 2016. Drought-Responsive Mechanisms in Plant Leaves Revealed by Proteomics. **International Journal of Molecular Sciences**. 17(10): 1706.

Wilkinson, S. and W. J. Davies. 2002. ABA-based chemical signalling: the co-ordination of responses to stress in plants. **Plant Cell Environ.** 25: 195–210.

Zoschke, R., M. Nakamura, K. Liere, M. Sugiura, T. Börner and C. Schmitz-Linneweber. 2010. An Organellar Maturase Associates with Multiple Group Ii Introns. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 107(7): 3245-3250.

Antifungal Activity of Endophytic Fungi Against *Colletotrichum* spp. in Chilli (*Capsicum* spp.)

Surangkana Chimthai[1], Auntikan Klomchit[2] and Siraprapa Brooks[1*]

ABSTRACT

Anthracnose cause major losses in chilli production worldwide including Thailand. Many *Colletotrichum* species such as *C. capsici* and C. *gloeosporiodes* are causal pathogenic strain of anthracnose in tropical and subtropical countries. *In vitro* dual culture assay was used for determining antifungal activity of 43 endophytic fungi which isolated from mangroves (*Rhizophora apiculata, Ceriops decandra, Xylocarpus moluccensis*) against two isolate of *C.* spp (CC036 and CG064). Based on morphology of two *C.* spp isolate, CC036 and CG064, are representative of *C. capsici* and C. *gloeosporiodes,* respectively. In addition, the pathogenicity assay showed that CG064 is more virulence than CC036. Seven endophytic fungi were discarded from *in vitro* dual culture because of their rapid growth. Most of endophytic fungi in this study showed inhibition against both isolate except two and four endophytic fungi that did not altered growth of CC036 and CG064, respectively. Endophytic fungi were divided into three groups based on inhibition percentage. In dual culture with CC036, 11, 16 and 8 endophytic fungi were grouped into low, moderate and high antifungal activity, respectively. On the other hand, only one fungal endophyte has high antifungal activity and eight endophytic fungi have moderate antifungal activity against CG064. Interestingly, four endophytic fungi including SRNE1DL, SRNE3AR1, SRNEBBR2, and SRNE13BR, had shown high growth inhibition in both pathogenic isolate. Thus, these endophytic fungi will be further investigated for their chemical composition and resistant mechanism in the future.

Key words: endophytic fungi, anthracnose, chilli

* Corresponding author; e-mail address: siraprapa.bro@mfu.ac.th

[1]School of Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

[2]Insitute of Excellent in Fungal Research, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

INTRODUCTION

Chilli (*Capsicum* spp.) is the fourth major economic crop worldwide as over 400 cultivars are cultivated globally (Saxena *et al*., 2016). Chilli is one of the most important ingredients in several cuisines especially in tropical and subtropical countries. Chilli has many culinary advantages because of their nutritional value, flavor, aroma, texture and color. Major chilli productions in Thailand are located at North-Eastern and Northern part of Thailand. Total areas of 348,453 rai are use for cultivating chilli yearly and produced approximately 332,888 ton/year (DOA, 2016). Interestingly, Thailand still imports fresh and dry chilli as high as 1200 tons and 5470 tons, respectively (Custom Department, 2016). Major constraints for chilli production in Thailand are including labor cost, climate change and disease and insect pests (DOA, 2016).

Anthracnose has been reported to be the most destructive disease in chilli. In tropical and subtropical countries, this disease can cause yield loss up to 80% (Poonpolgul and Khumphai, 2007). The disease is seed borne, soil borne, water borne and airborne, thus the pathogen infects all aerial part of chilli including fruit, leaf, and stem (Issac, 1992). Anthracnose in chilli caused by a number of *Collectotrichum* spp. including *C. acutatum*, *C. capsici*, *C. gloeosporiodes*, *C. coccodes* (Simmonds, 1965; Johnston and Jones, 1997; Kim *et al*., 1999; Nirenberg *et al*., 2002; Voorrips *et al*., 2004; Sharma *et al*., 2005; Than *et al*., 2008). Symptom of anthracnose is small circular spot to which can be expanded into large black lesions in the direction of long axis of the fruit. The symptom of this disease is the major constrain to chilli production due to it reduce marketable value of this fruit dramatically (Manandhar *et al*., 1995). In addition, this disease also affects quality of seeds because the fungal could penetrate into seed coat and endosperm membrane (Manandhar *et al*., 1995; Pernezny *et al*., 2003). Since, anthracnose causes extensive pre- and post-harvest damage to chilli fruits; fungicides have been heavily applying to protect crop from this disease. The extensive use of chemical can result in increased cost per crop of chilli production. More importantly, it's providing negative effect to environment.

Fungal endophytes have been known to provide different benefits to their host plants especially alter interactions with pests and pathogens (Clay *et al*., 2016; Solis *et al*., 2016). For instant, fungal endophyte, *Phomopsis* sp., isolated from cotton plants, was able to reduce caterpillar herbivory activity in cotton plants (Ek-Ramos *et al*. 2013). Similarly, *Acremonium alternatum* another endophyte, was reported to induce resistance against powdery mildew (*Leveillula taurica*) in tomatoes (Ek-Ramos *et al*. 2013). Moreover, many studies have shown that endophytes have the ability to protect their hosts from disease by producing antibiotics, such as terpenoids, alkaloids, aromatic compounds, and polypeptides (Arnold *et al*., 2003; Genley *et al*., 2008; Mejia *et al*., 2008). Therefore, the objective of this study is to examine antifungal activity of endophytic fungi against two

virulence isolates of *C.* spp in chilli. The *in vitro* dual culture assay was used for examining antifungal activity.

MATERIALS AND METHODS

1. Pathogenic isolates and endophytic fungi

Pathogenic strains of *Collectotrichum* spp. were isolated from fruits of chilli (*Capsicum* spp) with anthracnose symptoms that collected from chilli field in Chiang Mai, Thailand. All isolates were grown on potato dextrose agar (PDA) at 28 °C. The detach leave assay was used for evaluate the pathogenicity and virulence level of each strains in a laboratory. Briefly, fruits of chilli were surface sterile with 10% sodium hypochlorite for 5 mins and then rinsed 3 times with sterile water. The fruits were placed in plastic container with moisten filter paper. The 8-mm mycelia discs from the margins of actively growing cultures were then placed on leave and fruit of chilli. Symptoms on fruits were evaluated at six days after inoculation. New specimens of *C.* spp. from this study were deposited in the Mae Fah Luang University Culture Collection (MFLUCC), Institute of Excellent in Fungal Research, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. Forty-three endophytic fungi that isolated from several mangroves plant including *Rhizophora apiculata, Ceriops decandra, and Xylocarpus moluccensis* were obtained from MFLUCC.

2. *In vitro* antifungal activity

The 43 endophytic fungi were evaluated for their antifungal activity against two isolates of *C.* spp. (CC036, CG064) by dual culture assay. The dual culture was performed by placed 8-mm mycelia discs from the margins of actively growing cultures of CC036 and CG064 isolates and endophytic fungi were placed on the surface of PDA plate. Each PDA plate was inoculated with one endophytic fungus and one pathogen, 3 cm apart. This dual culture assay also performed in tri-replicate. The colony diameter (D) of *C. capsica and C. gloeosporioides* was measured daily for seven days after dual culture. The antifungal activity was described by percentage inhibition of the growth of pathogenic isolate following;

$$\text{\% inhibition} = 1 - \left(\frac{\text{diameter of pathogen colony in sample}}{\text{diameter of pathogen colony in control}}\right) \times 100$$

RESULTS AND DISCUSSION

1. The pathogenic isolate of *Colletotrichum* spp.

Based on their morphologies, four pathogenic strains were isolated from fruit of chilli. Basic structure including shape, size and color of four representative strains were observed under stereo microscope. One pathogenic isolate, CC036, showed morphology similar to *C. capsici*, while CG064 showed morphology similar to *C. gloeosporioides* (Figure 1). More importantly, both isolates also shown symptom of anthracnose on fruit of chilli at six days after inoculation (Figure 1). Thus, CC036 and CG064 isolates were chosen to evaluate antifungal activity of 43 endophytic fungi that isolated from mangroves.

Figure 1 Pathogenic strain of *C*. spp (a) PDA plate of CC036 (b) PDA plate of CG064 (c) fruit of chilli after 6 days of inoculation with control (left), CC036 (middle), and CG064 (right)

2. Antifungal activity of endophytic fungi isolated from mangroves

Six out of 43 endophytic fungi were discarded from dual culture due to those fungal cover a culture plate within one or two days after dual culture. The remains 37 endophytic fungi did not show any inhibition against both isolates until two or three days after dual culture. At seven days after dual culture, two endophytic fungi including 2RNE2DD and 2RNE9DR, did not altered growth of CC036. While, 11 and 16 of endophytic fungi showed slightly and moderate growth inhibition of CC036 (data not show). Interestingly, eight endophytic fungi have high level of antifungal activity against CC036, 59.75 to 73.82% inhibition. Figure 2 showed growth of CC036 that were significantly smaller than single culture (control) after culture with those endophytic fungi for seven days.

One fungal endophyte, NNSE6BR, had high level of antifungal activity against CG064 (77.41%) (Figure 3). Eight endophytic fungi have moderate activity of antifungal against CG064.

Although, eight endophytic fungi did not show high inhibition percentage (40.31% to 52.65%), but it also decreased the growth of CG064 when compared with single culture of CG064. In addition, 24 endophytic fungi showed little effect on growth of CG064 (5-35% inhibition) and four endophytic fungi did not alter growth of CG064 at seven days after dual culture. Interestingly, most of endophytic fungi in this study shown higher level of antifungal activities against CC036 than CG064. There is high possibility that the virulence of pathogenic strain may affect antifungal activities as shown in Figure 1 which CG064 is more virulence than CG036.

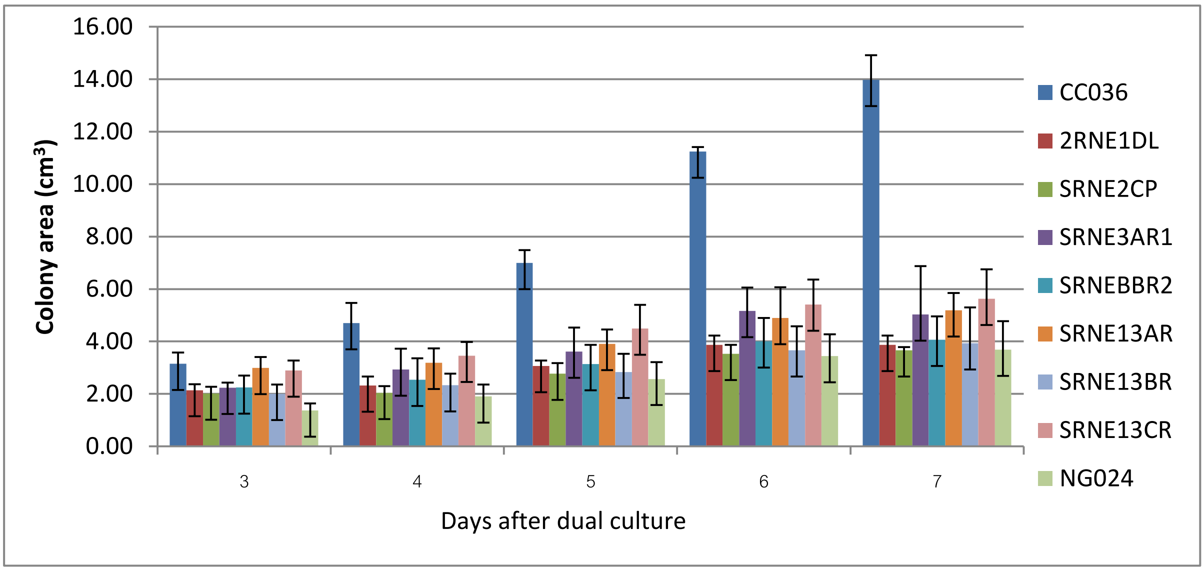


Figure 2 Colony diameter of *C.* spp. isolate CC036 in single culture and dual culture with 7 endophytic fungi isolated from mangroves

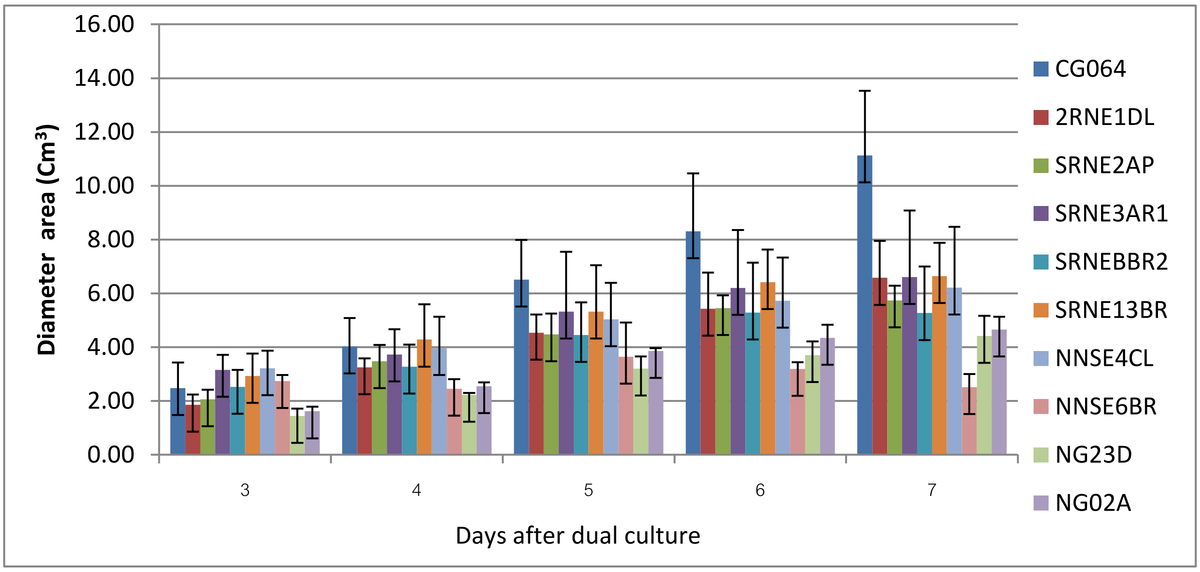


Figure 3 Colony diameter of *C.* spp. isolate CG064 in single culture and dual culture with 9 endophytic fungi isolated from mangroves

Mangroves are type of plant tree that survive under condition that not appropriate for plant growth including hot, muddy and salty conditions. Due to ability in adaptation to stress conditions of this plant, they are high possibility that fungal endophytes that establish relationship with this host plant will produce compound that help with adaptation of host plant as well as antimicrobial compound. Several antimicrobial compounds were found in endophytic fungi that isolated from this plant including cytotoxic, anti-infectivekinase, A-glucosidase, acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory activities (Gopal and Chauhan, 2006; Huang *et al*., 2008; Huang *et al*., 2009; Jones, 2009; Kjer, 2009). Similarly, some of fungal endophytes isolated from mangroves in this study showed potential to develop into biocontrol agents to control anthracnose in chilli; especially four fungal endophytes including SRNE1DL, SRNE3AR1, SRNEBBR2, and SRNE13BR that have high level of antifungal activity against both isolate of *C.* spp (Figure 4).

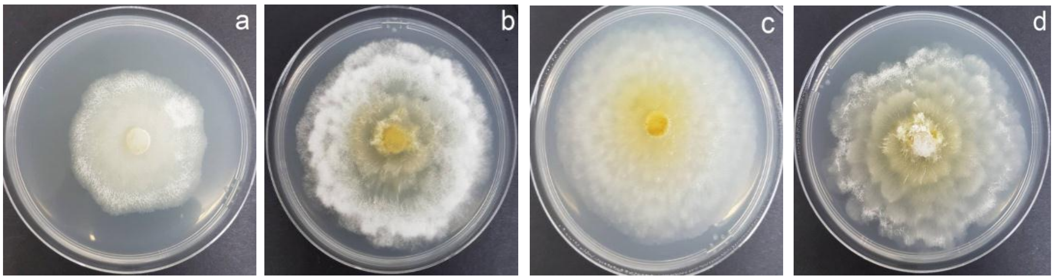


Figure 4 Four endophytic fungi that have high antifungal activities against both isolate of *C.* spp. (a) SRNE1DL, (b) SRNE3AR1, (c) SRNEBBR2 and (d) SRNE13BR

CONCLUSION

Endophytic fungi that isolated from mangroves could inhibit growth of both pathogenic fungi of anthracnose disease in chilli except 2RNE2DD and 2RNE9DR. Majority of endophytes fungi isolated from mangroves have moderate inhibition percentage, but eight and one endophytic fungi shown high inhibition (60 - 80%) in growth of CC036 and CG064, respectively; however, the antifungal compound or mechanism still unknown. Therefore, we will further investigate for chemical composition and resistant mechanism of these nine endophytic fungi as well as *in vivo* assay for evaluate their antifungal activity in the future.

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support from Mea Fah Luang University was gratefully acknowledged. We also would like to thanks Institute of Excellent in Fungal Research for provided a collection of endophytic fungi used in this study.

REFERENCES

Arnold, A.E., L.C. Mejia, D. Kyllo, E.I. Rojas, Z. Maynard, N. Robbins and E.A. Herre. 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 100: 15649-15654.

Clay, K., Z.R.C. Shearin, K.A. Bourke, W.A. Bickford and K.P. Kowalski. 2016. Diversity of fungal endophytes in non-native *Phragmites australis* in the Great Lakes. **Biological Invasions**. 18: 2703–2716.

Custom Department. 2016. Avaliable online: http://www.customs.go.th/list

Department of Agriculture. 2016. Avaliable online:www.doa.go.th/hortold/images/stories/.../strategychili.doc

Ek-Ramos, M.J., W. Zhou, C.U. Valencia, J.B. Antwi, L.L. Kalns, G.D. Morgan, D.L. Kerns and G.A. Sword. 2013. Spatial and temporal variation in fungal endophyte communities isolated from cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*). **Plos One.** 8: 1–13.

Genley, R.J., R.A. Sniezko and G. Newcombe. 2008. Endophyte-mediated resistance against white pine blister rust in *Pinus monticola*. **For. Ecol. Manage**. 255: 2751-2760.

Gopal, B. and M. Chauhan. 2006. Biodiversity and its conservation in the Sundarban mangrove ecosystem. **Aquat Sci**. 68: 338–354.

Huang, Z., X. Cai., C. Shao, Z. She, X. Xia, Y. Chen, J. Yang, S. Zhou and Y. Lin. 2008. Chemistry and weak antimicrobial activities of phomopsins produced by mangrove endophytic fungus PHOMOPSIS sp. ZSU-H76. **Phytochemistry**. 69: 1604–1608.

Huang, Z., Z. Guo, R. Yang, X. Yin, X. Li, W. Luo, Z. She and Y. Lin. 2009. Chemistry and cytotoxic activities of polyketides produced by the mangrove endophytic fungus. ZSU-H76. **Chem Nat Compd**. 45: 625–628.

Isaac, S. 1992. Fungal Plant Interaction. Chapman and Hall Press, London. 115.

Johnston, P.R. and D. Jones. 1997. Relationships among *Colletotrichum* isolates from fruit-rots assessed using rDNA sequences. **Mycologia.** 89: 420-430.

Kim, K.D., B.J. Oh and J. Yang. 1999. Differential interactions of a *Colletotrichum gloeosporioides* isolate with green and red pepper fruits. **Phytoparasitica**. 27: 1-10.

Kjer, J., V. Wray, R.A. Edrada-Ebel, R. Ebel, A. Pretsch, W.H. Lin and P. Proksch. 2009. Xanalteric acids I and II and related phenolic compounds from an endophytic *Alternaria* sp. isolated from the mangrove plant *Sonneratia alba*. **J Nat Prod**. 72: 2053–2057.

Manandhar, J.B., G.L. Hartman and T.C. Wang. 1995. Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. **Plant Disease**. 79: 380-383.

Mejia, L.C. E.L. Rojas, Z. Maynard, A.E. Arnold, D. Kyllo, N. Robbins and E.A. Herre. 2008. Inoculation of beneficial endophytic fungi into Theobroma cacao issues. Smithsonian Research Institute. Apartado 2072. Balboa, Republic of Panama.

Nirenberg, H.I., U. Feiler and G. Hagedorn. 2002. Description of *Colletotrichum lupinicomb*. nov. in modern terms. **Mycologia.** 94: 307-320.

Pernezny, K., P.D. Roberts, J.F. Murphy and N.P. Goldberg. 2003. Compendium of Pepper Diseases. **The American Phytopathological Society**, St. Paul, Minnesota. 73.

Poonpolgul, S. and S. Kumphai. 2007. Chilli Pepper Anthracnose in Thailand. Country Report. In: Oh, D.G., Kim, K.T. (Eds.), Abstracts of the First International Symposium on Chilli Anthracnose. National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration, Republic of Korea, 23.

Saxena, A., Raghuwanshi, R., Gupta, V. and H. Singh. 2016. Chilli Antracnose: The epidemiology and management. **Frontiers in Microbiology**. 7:1527.

Sharma, P.N., M. Kaur, O.P. Sharma, P. Sharma and A. Pathania. 2005. Morphological, pathological and molecular variability in *Colletotrichum capsici*, the cause of fruit rot of chillies in the subtropical region of north-western India. **Journal of Phytopathology**. 153: 232-237.

Simmonds, J.H. 1965. A study of the species of Colletotrichum causing ripe fruit rots in Queensland. **Queensland Journal Agriculture and Animal Science**. 22: 437-459.

Solis, M.J.L., T.E.D. Cruz, M. Schnittler and M. Unterseher. 2016. The diverse community of leaf-inhabiting fungal endophytes from Philippine natural forests reflects phylogenetic patterns of their host plant species *Ficus benjamina*, *F. elastica* and *F. religiosa*. **Mycoscience.** 57: 96–106.

Than, P.P., R. Jeewon, K.D. Hyde, S. Pongsupasamit, O. Mongkolporn and P.W.J. Taylor. 2008. Characterization and pathogenicity of Colletotrichum species associated with anthracnose disease on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. **Plant Pathology**. 57: 562-572.

Voorrips, R.E., R. Finkers, L. Sanjaya and R. Groenwold. 2004. QTL mapping of anthracnose (*Colletotrichum* spp.) resistance in a cross between *Capsicum annuum* and *C. chinense*. **Theoretical and Applied Genetics**. 109: 1275-1282.

การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในฤดูปลายฝน ปี 2559 ในจังหวัดนครราชสีมา

On-Farm Trials for Field Corn Hybrids in Late Rainy Season 2016 in Nakhon Ratchasima Province

สดใส ช่างสลัก[1*] สำราญ ศรีชมพร[1] ชฎามาศ จิตต์เลขา[1] ปวีณา ทองเหลือง[1] วราภรณ์ บุญเกิด[1]
แสงแข น้าวานิช[1] ประพนธ์ บุญรำพรรณ[1] กิตติศักดิ์ ศรีชมพร[1] และ ธัญธิตา ศรีสุระ[2]

Sodsai Changsaluk[1*], Sumran Srichomporn[1], Chadamas Jitlaka[1], Paweena Thongluang[1], Waraporn Bunkoed[1], Sangkhae Nawanich[1], Prapon Bunrumphan[1], Kittisak Srichomporn[1] and Tantita Srisura[2]

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในไร่เกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา ดำเนินการระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน 2560 โดยทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสม 32 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในพื้นที่เพาะปลูกฤดูปลายฝนในจังหวัดนครราชสีมา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วม 12 แหล่งปลูก พบว่าพันธุ์ S7328 KSX5908 KSX5914 KSX5914 KSX5720 KSX5901 KSX5813 KSX5810 KSX5911 KSX5903 KSX5902 KSX5930 KSX5812 KSX5814 KSX5807 DK6818 KSX5931 และ KSX5801 ให้ผลผลิตระหว่าง 1,150 - 1,429 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ SW4452 12 - 38 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

On-farm trials for field corn hybrids in Nakhon Ratchasima province, during July – November 2016. Thirty-two cultivars were tested using RCBD with three replications. The objective of this study was selection of new hybrids to investigated yield potential for adaptability on farmer's fields in rainy season in Nakhon Rachasima province. The trial composed of 32 entries, across 12 locations. The experimental design was RCBD with 3 replications. The results of combined analysis from 12 locations showed that 'S7328', 'KSX5908', 'KSX5914', 'KSX5914', 'KSX5720', 'KSX5901', 'KSX5813', 'KSX5810', 'KSX5911', 'KSX5903', 'KSX5902', 'KSX5930', 'KSX5812', 'KSX5814', 'KSX5807', 'DK6818', 'KSX5931' and 'KSX5801' gave yield of 1,150 - 1,429 kg./rai which was 12 - 38 % higher than 'SW4452' that yielded 1,037 kg./rai,

Key Words: field corn hybrid, on-farm trial, pre-commercial variety

*Corresponding author; email address: **ijsssc@ku.ac.th**

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320

[1] National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320

[2] สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[2] Nakhon Ratchasima Provincial Agricultural Extension Office, Nakhon Ratchasima Province 30000

คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่เคยมีการเพาะปลูกกันอย่างกว้างขวางในแทบทุกภาคของประเทศยกเว้นภาคใต้ ในอดีตเมื่อประมาณ 30 ปีมาแล้วเคยมีพื้นที่เพาะปลูกรวมกันมากกว่า 12 ล้านไร่ แต่ต่อมาพื้นที่เพาะปลูกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเกษตรกรเปลี่ยนไปเพาะปลูกพืชชนิดอื่น (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2555) ในปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 7 ล้านไร่ โดยในปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูก 7.24 ล้านไร่ มีผลผลิตรวมกันทั้งประเทศ 4.7 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 651 กก./ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เพชรบูรณ์ น่าน นครราชสีมา เลย และ ตาก ในปี 2557/58 ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดีเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีการพัฒนาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไร่เพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมเพื่อส่งเสริมเป็นพันธุ์การค้าต้องมีการทดสอบเสถียรภาพให้ผลผลิตสูงในแหล่งปลูกข้าวโพดต่างๆ ในสภาพไร่เกษตรกร เพื่อสามารถแนะนำให้กับเกษตรกร การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในพื้นที่เพาะปลูกช่วงปลายฝนในจังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดไร่ลูกผสมก่อนการค้าจากภาครัฐและเอกชน จำนวน 32 พันธุ์ โดยเป็นพันธุ์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 24 พันธุ์ ได้แก่ KSX5402, KSX5603, KSX5614, KSX5720, KSX5731, KSX5801, KSX5802, KSX5807, KSX5810, KSX5812, KSX5813, KSX5814, KSX5901, KSX5903, KSX5905, KSX5908, KSX5911, KSX5914, KSX5930, KSX5931, KSX5937, KESX1603, KESX1604 พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ NSX052014, NSX042022 และ NS3 พันธุ์จากบริษัทเจริญ-โภคภัณฑ์โปรดิ๊วส์ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ KKK Super พันธุ์จากบริษัท มอนซานโต้ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ DK6818 พันธุ์จากบริษัทซินเจนทาซีดส์ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ S7328 พันธุ์จากบริษัทแปซิฟิคเมล็ด-พันธุ์ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ PAC339 และพันธุ์จากบริษัท ไพโอเนีย ไฮเบรด (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือพันธุ์ P4554 โดยใช้พันธุ์ SW4452 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (check) ระยะปลูก 70x 20 ซม. 1 ต้น/หลุม แต่ละแปลงย่อยมี 4 แถว แถวยาว 5 เมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้น สูตร 16-20-0 และ 15-15-15 อัตราตามคำแนะจากค่าวิเคราะห์ดิน ประมาณ 30 – 50 กก./ไร่ พร้อมปลูก และใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กก./ไร่ เมื่อข้าวโพดมีอายุประมาณ 30 วัน ควบคุมวัชพืชโดยใช้อาทราซีน (Atrazine) อัตรา 400 กรัม/ไร่ พ่นก่อนวัชพืชงอก และกำจัดวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืชเมื่อพบวัชพืชระบาดในข้าวโพดอายุประมาณ 40 วัน ปลูกทดสอบในไร่เกษตรกรในฤดูปลายฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม – พฤศจิกายน 2559 ในแปลงเกษตรกร อำเภอสีคิ้ว สูงเนิน ปักธงชัย ครบุรี เสิงสาง ขามทะเลสอ และปากช่องจังหวัดนครราชสีมา ที่มีสภาพแวดล้อมดี ไม่ได้รับผลกระทบจากฝนแล้งและน้ำท่วมขัง จำนวน 12 แปลง เก็บข้อมูลลักษณะทางการเกษตรจาก 2 แถวกลาง ได้แก่ ความสูงต้น (ซม.) ความสูงตำแหน่งฝัก (ซม.) จำนวนต้นที่เก็บเกี่ยว จำนวนต้นหักล้ม จำนวนฝักเก็บเกี่ยว จำนวนฝักเสีย ความชื้นเมล็ดเปอร์เซ็นต์กะเทาะ และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (กก./ไร่)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized complete block design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบบ DMRT โดยใช้โปรแกรม Mstat และวิเคราะห์ผลผลิตแบบ Additive

Main effect and Multiplicative Interactive (AMMI) โดยเลือกแปลงที่มีความแปรปรวน (coefficient variance) ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วม 12 แปลง พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของแปลงทดลองเท่ากับ 1,161 กก./ไร่ โดยพันธุ์ S7328, KSX5908, KSX5914, KSX5914, KSX5720, KSX5901, KSX5813, KSX5810, KSX5911, KSX5903, KSX5902, KSX5930, KSX5812, KSX5814, KSX5807, DK6818, KSX5931 และ KSX5801 ให้ผลผลิตระหว่าง 1,150 และ 1,429 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิต 1,037 กก./ไร่ ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ 12 - 38 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

สำหรับลักษณะทางการเกษตร พบว่าข้าวโพดพันธุ์ต่างๆ มีความสูงต้น ความสูงฝัก จำนวนต้นและจำนวนฝักเก็บเกี่ยว ต้นหักล้ม เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย ความชื้นเมล็ดมีและเปอร์เซ็นต์กะเทาะมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

การวิเคราะห์ผลผลิตแบบ Additive Main effect and Multiplicative Interactive (AMMI) **ฤดูปลายฝน ปี** 2559

จากการวิเคราะห์ผลผลิตแบบ Additive Main effect and Multiplicative Interactive (AMMI) 9 แปลงปลูกของฤดูปลายฝน ปี 2559 โดยเลือกแปลงที่มีความแปรปรวน (coefficient variance) ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์ กำหนดสัญลักษณ์ตัวอักษร A°...M° แทนด้วยปลูกแปลงที่ 1 - 9 และกำหนดสัญลักษณ์ตัวเลข 1° - 32° แทนพันธุ์ที่ทดลองพันธุ์ที่ 1- 32 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของแปลงทดลอง 1,277 กก./ไร่ (Figure 1) คือพันธุ์ที่อยู่ด้านขวาของเส้น principle component ที่ 1 (เส้นแนวตั้ง) และพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี (stability) คือพันธุ์ที่อยู่ชิดกับเส้น principle component ที่ 2 (เส้นแนวนอน) และอยู่ห่างจากจุดตัดมากที่สุด พันธุ์ S7328 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดถึง 1,550 กก./ไร่ และมีเสถียรภาพดีด้วย ส่วนพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีและให้ผลผลิตสูงรองลงมา ได้แก่ พันธุ์ KSX5914, KSX5720, KSX5908, KSX5810, KSX5614, KSX5813, KSX5802, KSX5911, KSX5812, KSX5930, KSX58141, KSX5903, P4554, KSX5807 และ KSX5801 ตามลำดับ ดังนั้นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพของพันธุ์ดี ให้ผลผลิตสูง ปรับตัวได้ดีเหมาะสำหรับสภาพพื้นที่ปลูกฤดูปลายฝน มีจำนวน 14 พันธุ์ คือพันธุ์ KSX5914, KSX5720, KSX5908, KSX5810, KSX5614, KSX5813, KSX5802, KSX5911, KSX5812, KSX5930, KSX58141, KSX5903, KSX5807 และ KSX5801 (Figure 1)

พันธุ์ S7328 (28^0) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกทุกเขตพื้นที่ปลูกข้าวโพด โดยเฉพาะที่บ้านลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว ที่บ้านน้อยกุดคล้า และบ้านหลุมปูน อำเภอสูงเนิน ที่บ้านใหม่ อำเภอ ปากช่อง ที่บ้านหนองตะไก้ อำเภอหนองบุญมาก ส่วนพันธุ์ KSX5614 ให้ผลผลิตสูงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกที่ไร่สุวรรณ เขตอำเภอปากช่อง และที่บ้านตะเคียนทอง อำเภอด่านขุนทด และพันธุ์ KSX5810 ที่ให้ผลผลิตสูงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกเขตอำเภอวังน้ำเขียว ที่บ้านหลุมปูน อำเภอสูงเนิน และที่บ้านซับสวรรค์ อำเภอสีคิ้ว (Figure 2)

ผลการทดลองนี้ได้ผลในทำนองเดียวกับสดใส และคณะ (2559) ซึ่งรายงานว่าพันธุ์ปรับปรุงใหม่ KSX5821, KSX5614, KSX5809 และ KSX5402 ที่ให้ผลผลิตระหว่าง 1,658-1,920 กก./ไร่ สูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิต 1,354 กก./ไร่ ตั้งแต่ 22-35 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Combined data analysis of grain yield and agronomic characters of field corn hybrids trial from 12 locations in Nakhon Ratchasima Province in late rainy season 2016.

Entry	Variety	Origin	Plant ht.	Ear ht.	Plant harvested		Ear harvested		Moisture	Shelling	Grain yield		Rel. to check
			(cm)	(cm)	Stand	Lodging(%)	Total	Rotten (%)	(%)	(%)	(kg/rai)		(%)
28	S7328	Syngenta	203	108	52	3.2	52	3.0	25.2	82.3	1429	a	138
16	KSX5908	NCSRC, KU	204	108	51	3.8	50	6.4	26.2	85.2	1347	ab	130
17	KSX5914	NCSRC, KU	206	111	50	7.2	51	6.0	24.4	87.0	1334	abc	129
3	KSX5614	NCSRC, KU	210	111	50	4.5	48	10.4	26.6	83.1	1304	bcd	126
4	KSX5720	NCSRC, KU	211	106	51	4.9	49	10.2	26.3	83.8	1304	bcd	126
15	KSX5901	NCSRC, KU	201	99	52	7.0	51	6.5	26.5	84.1	1273	b-e	123
11	KSX5813	NCSRC, KU	214	116	49	4.2	46	7.8	25.4	83.5	1252	b-f	121
9	KSX5810	NCSRC, KU	210	113	52	7.4	48	8.5	25.3	83.7	1247	b-f	120
18	KSX5911	NCSRC, KU	213	112	52	5.9	49	5.8	26.3	85.4	1234	c-g	119
13	KSX5903	NCSRC, KU	224	118	50	5.9	48	6.9	26.1	82.9	1232	c-g	119
7	KSX5802	NCSRC, KU	213	109	49	8.0	48	8.9	24.4	83.8	1229	c-g	119
19	KSX5930	NCSRC, KU	211	107	51	5.8	49	5.5	23.6	86.6	1210	d-h	117
10	KSX5812	NCSRC, KU	208	109	49	6.8	49	8.1	25.4	83.0	1209	d-f	117
12	KSX5814	NCSRC, KU	218	114	49	7.2	47	6.9	25.8	82.8	1202	d-h	116
8	KSX5807	NCSRC, KU	206	98	51	6.5	46	8.2	24.8	83.8	1186	e-h	114
27	DK6818	Monsanto	196	97	50	3.2	51	3.6	25.3	83.3	1169	e-h	113
20	KSX5931	NCSRC, KU	211	108	49	6.4	47	5.1	23.1	85.9	1166	e-h	112
6	KSX5801	NCSRC, KU	211	116	50	5.0	48	9.2	25.2	83.7	1160	f-i	112
30	P4554	Pioneer	199	102	49	8.4	49	2.9	24.4	84.1	1150	f-j	111
2	KSX5603	NCSRC, KU	213	108	49	9.9	47	11.2	23.3	87.1	1134	g-k	109
14	KSX5905	NCSRC, KU	221	106	50	5.9	47	6.7	24.9	83.9	1133	g-k	109
5	KSX5731	NCSRC, KU	199	102	49	5.6	48	9.6	24.4	82.0	1117	h-l	108
1	KSX5402	NCSRC, KU*	212	114	49	1.5	46	12.1	25.3	82.8	1105	h-l	107
29	PAC339	Pacific	193	101	48	7.4	43	2.9	23.7	84.6	1054	i-m	102
26	KKK Super	CPP	193	100	48	9.8	48	3.6	23.6	83.2	1048	j-m	101
21	KSX5937	NCSRC, KU	203	103	47	5.9	45	4.6	25.4	84.1	1039	j-m	100
32	SW 4452 (ch)	NCSRC, KU	201	111	50	6.2	48	47.6	25.1	83.5	1037	klm	100
31	NS3	DOA	198	104	50	6.6	51	1.8	22.8	82.0	1025	klm	99
23	KESX1604	NCSRC, KU	189	102	50	9.5	48	4.3	24.6	86.0	1014	lm	98
22	KESX1603	NCSRC, KU	190	100	48	6.7	47	4.6	24.2	87.2	994	m	96
24	NSX052014	DOA**	197	99	51	10.8	50	4.3	21.8	83.0	949	j-m	92
25	NSX042022	DOA	190	99	48	7.1	46	3.7	21.7	85.3	850	n	82
	Average		205	107	49.7	6.4	48.0	7.7	24.7	84.1	1160		
	C.V.(%)		8.5	12.5	9.4	143	11.6	117.5	9.0	3.9	20.6		
	F - test		**	**	**	*	**	**	**	**	**		
	LSD 0.05		8.1	6.5	2.1	4.3	2.6	3.5	1.0	1.5	111		

[1/] Mean followed by a common letter are not significantly different at 0.05 probability level by DMRT

*, ** = Significant at the 0.05 and 0.01 proability level, respectively ns = non significan

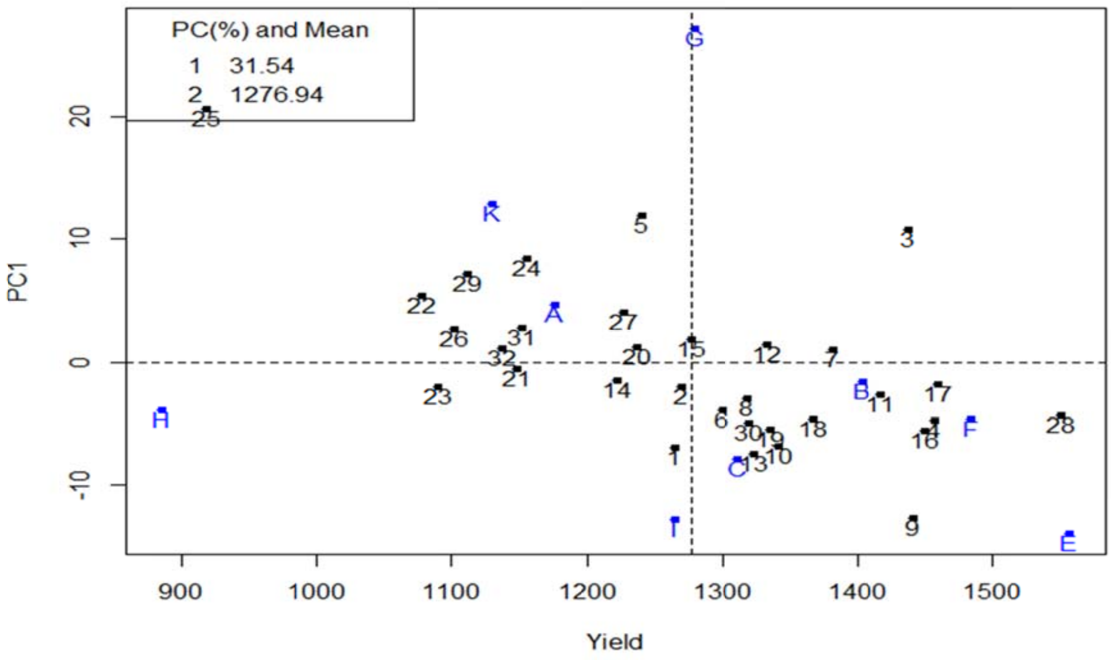


Figure 1 GE biplot of AMMI 1 in rainy season in 2016

Remark: Letter (A° - 2M°) is location and number (1⁰ - 32°) is variety

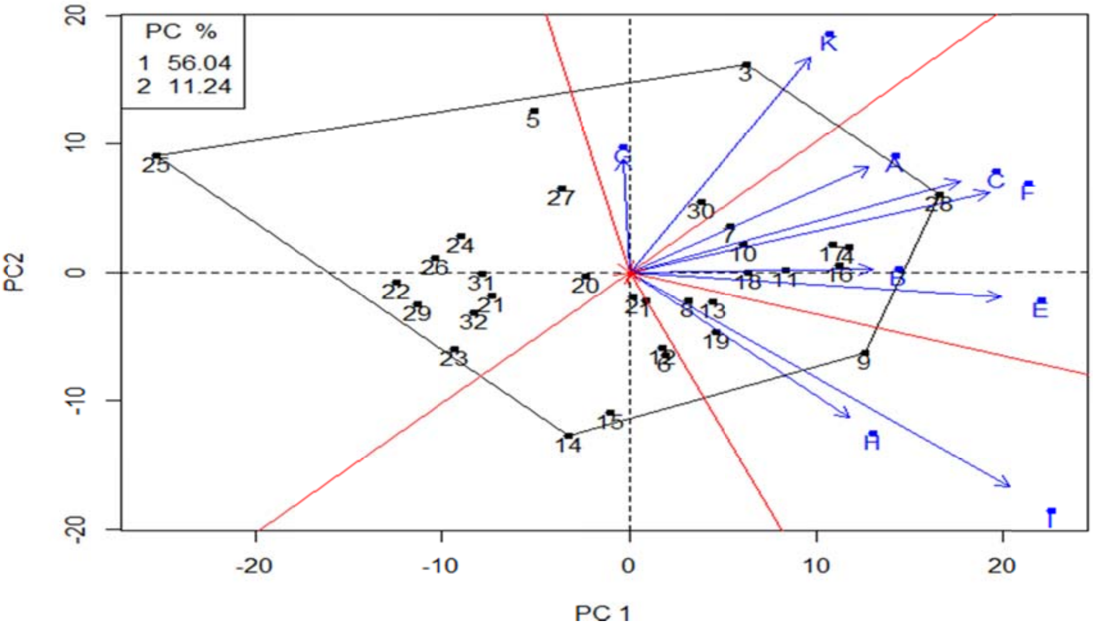


Figure 2 GE biplot of AMMI 2 in rainy season in 2016

Remark: Letter (A° - 2M°) is location and number (1⁰ - 32°) is variety

สรุป

ผลผลิตเฉลี่ยของแปลงทดลองเท่ากับ 1,161 กก./ไร่ โดยพันธุ์ S7328, KSX5908, KSX5914, KSX5914, KSX5720, KSX5901, KSX5813, KSX5810, KSX5911, KSX5903, KSX5902, KSX5930, KSX5812, KSX5814, KSX5807, DK6818, KSX5931และ KSX5801ให้ผลผลิตระหว่าง 1,150 - 1,429 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ SW4452

พันธุ์ข้าวโพดไร่ปรับปรุงใหม่พันธุ์ KSX5901, KSX5914, KSX5614, KSX5908, KSX5820, KSX5810, KSX5802, KSX5813, KSX5903, KSX5930 และ KSX5807 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ SW4452 ตั้งแต่ 12 - 29 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตสูงไม่แตกต่างกับพันธุ์การค้า DK6818 และ P4554 ส่วนพันธุ์ KSX5814 มีเสถียรภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตลอดจนเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณหน่วยงานวิจัยร่วม คือ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร บริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วสจำกัด บริษัทมอนซานโต้ (ประเทศไทย) จำกัด บริษัทซินเจนทาซีดส์ บริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์จำกัด และบริษัทไพโอเนีย (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล พาโชค พงษ์พานิช และ สรรเสริญ จำปาทอง. 2555. **สามทศวรรษของธุรกิจเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในประเทศไทย**. แก่นเกษตร. 40 (4): 16-30.

สดใส ช่างสลัก, ชฎามาศ จิตต์เลขา, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ ปวีณา ทองเหลือง, วราภรณ์ บุญเกิด, สุริพัฒน์ ไทยเทศ สำราญ ศรีชมพร, กิตติศักดิ์ ศรีชมพร และ สมชัย ลิ่มอรุณ . 2559. การทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมก่อนการค้าในไร่เกษตรกรจังหวัดตากและนครสวรรค์. น. 454-462. *ใน* **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54** สาขาพืช วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. น.16-21. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558. **สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.** แหล่งที่มา: www.oae.go.th/bapp/main.php?filename=schedule_outlook2011, 23 ตุลาคม 2558.

ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และน้ำตาล ของผลโคลงเคลง (*Melastoma malabathricum* L.) จากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย

Anthocyanins, Phenolic Compounds and Sugars in *Melastoma malabathricum* L. Fruits from Different Locations in Thailand

ศิริพรรณ สุขขัง[1] ชมนาถ เกิดคง[1] ไพร มัทธวรัตน์[1] และ เนตรชนก นุ้ยสีรุ่ง[1*]

Siriphan Sukkhaeng[1], Chommanat Kerdkhong[1], Pai Mattavarat[1] and Netschanok Nuisrirung[1*]

บทคัดย่อ

พืชสกุลโคลงเคลง (*Melastoma*) สามารถพบได้ทุกภาคในประเทศไทย แต่ยังขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและแนวทางการใช้ประโยชน์ การทดลองนี้จึงทำการสำรวจ และรวบรวมผลของโคลงเคลงชนิด *Melastoma malabathricum* L. จากพื้นที่ในภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในผลโคลงเคลงระยะต่างๆ พบว่า แอนโทไซยานินมีการสร้างเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่จนถึงระยะที่ 3 มีค่าสูงที่สุด (3-4 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) ปริมาณฟีนอลิกรวมพบได้ตั้งแต่ระยะที่ 1 และสูงสุดเมื่อผลอยู่ในระยะที่ 3 (20-30 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด) ปริมาณน้ำตาลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลมากขึ้น ระยะที่ผลแตกมีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุด (40-80 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด) แหล่งพื้นที่ของโคลงเคลงที่มีปริมาณสารสำคัญสูง คือ โคลงเคลงจากภาคตะวันออก ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลแหล่งของโคลงเคลงและระยะของผลที่มีสารสำคัญในปริมาณสูง เพื่อการปรับปรุงพันธุ์และการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพต่อไป

ABSTRACT

Plant in genus *Melastoma* can be found in all regions of Thailand but basic information about the chemical compositions and their utilizations are lack. This study was to explore and to collect *M. malabathricum* fruits from different locations in east, south and some area in northeast Thailand and to determine chemical compositions in fruit pulp at different developmental stages. The results showed that anthocyanin was increased according to ripening stage of fruits until the highest at the 3rd stage (3-4 mg/gFW). Total phenolic content was produced at the 1st stage and highestly increased at the 3rd stage (20-30 mgGAE/gFW). Sugar content increased along with developmental stage and the 4th stage (rupturing transversally capsule) had the highest sugar content (40-80 mg/gFW). The location that yielded the highest phytochemical content was from east region of Thailand. These results indicated the location and the stage of fruit which had the highest active constituents for further plant breeding and health utilization.

Key Words: *Melastoma malabathricum* L., chemical compositions, anthocyanin, phenolic compound

* Corresponding author; e-mail address: rdinnn@ku.ac.th

---

[1] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1] Central Laboratory and Greenhouse Complex, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

โคลงเคลง เป็นพืชในสกุล *Melastoma* วงศ์ Melastomataceae สกุลนี้มี 22 ชนิด พบในเอเชีย ในไทยมี 8 ชนิด ชื่อสกุลมาจากภาษากรีก “melas” สีดำ และ “stoma” ปาก หมายถึงผลของพืชสกุลนี้บางชนิดทำให้ปากดำเมื่อกินเข้าไป โคลงเคลงชนิด *Melastoma malabathricum* L. เป็นไม้พุ่ม อาจสูงได้ถึง 6 เมตร ใบรูปใบหอก ผลรูปคนโท ผลแก่แตกอ้าเปิดออก เนื้อในสีม่วง (Figure 1) ในไทยพบได้ทุกภาค ขึ้นตามชายป่า ความสูงถึงประมาณ 2,000 เมตร มีความผันแปรสูง (สำนักงานหอพรรณไม้, 2559)

Figure 1 Characters of *Melastoma malabathricum* L.

ประโยชน์ของต้นโคลงเคลง นอกจากต้นและใบ สามารถเป็นอาหารของสัตว์ป่า ยังมีสรรพคุณด้านสมุนไพร เช่น ใบสดเป็นส่วนผสมใช้ในการขับน้ำคาวปลาหลังคลอด ใบอ่อนของโคลงเคลงดอกม่วง (*M. malabathricum* L.) นำมาขยี้แล้วทาตรงที่ถูกของมีคมบาด รากใช้แก้ท้องเสีย ผลของโคลงเคลงสามารถรับประทานได้ (กรมป่าไม้, 2548) สามารถใช้เป็นสีย้อมได้อย่างดี เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน และการแพทย์พื้นบ้านของประเทศอินเดีย มีรายงานการนำผลสดมาฝนกับน้ำ ดื่มวันเว้นวัน เพื่อช่วยป้องกันโรคมะเร็ง (Hazarika *et al*., 2016) เนื่องจากผลของโคลงเคลงนั้นมีรสหวานสามารถรับประทานได้และเป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอลที่ให้สีแดง ม่วง น้ำเงิน มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ และเส้นเลือดอุดตันในสมอง (Miguel, 2011) จากรายงานของ Anuar *et al.* (2013) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินจากเนื้อผลโคลงเคลงมีค่า 880 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีปริมาณฟีนอลิกรวม 900 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Sayuti *et al*., 2015) โคลงเคลงจึงมีศักยภาพในการนำมาศึกษา และพัฒนาเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ

ประเทศไทยเป็นแหล่งที่พบโคลงเคลงได้ทุกภาค ชนิดที่พบมากและมีความผันแปรสูง คือ *M. malabathricum* L. ดังนั้นจึงต้องการทราบว่าผลของโคลงเคลงชนิดนี้ในธรรมชาติที่พบในภาคต่างๆ มีปริมาณสารสำคัญแตกต่างกันหรือไม่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างพืชมีหลายปัจจัย เช่น อายุพืช การปลูก แต่ในธรรมชาตินั้นแหล่งที่มาของพืชเป็นอีกปัจจัยซึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากพบปัญหาความไม่สม่ำเสมอขององค์ประกอบทางเคมีทั้งคุณภาพและปริมาณ โดยเฉพาะสมุนไพรที่เก็บจากป่าธรรมชาติ หรือพืชชนิดเดียวกันที่มาจากแหล่งปลูกต่างกัน (Liu *et al*., 2015)

การทดลองนี้จึงทำการสำรวจ และรวบรวมผลโคลงเคลงชนิด *M. malabathricum* L. จากพื้นที่ในภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และวิเคราะห์สารสำคัญ ได้แก่ น้ำตาล แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิก ในผลโคลงเคลงระยะต่างๆ ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลแหล่งของโคลงเคลง

และระยะของผลที่มีน้ำตาลเพื่อให้ความหวาน สารแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง เพื่อเป็นข้อมูลในด้านการปรับปรุงพันธุ์และการนำไปใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างผลของโคลงเคลงชนิด *Melastoma malabathricum* L. จากแหล่งพื้นที่ธรรมชาติต่างๆ ของประเทศไทย โดยสำรวจพื้นที่ภาคใต้ 4 จังหวัด (เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560)ได้แก่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช (accession1) อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี (accession2) อ.สวี จ.ชุมพร (accession3) อ.ควนขนุน จ.พัทลุง (accession4) ภาคตะวันออก 3 จังหวัด (เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560) ได้แก่ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (accession5 และ accession6) อ.แกลง จ.ระยอง (accession7) อ.เมือง จ.ตราด (accession8) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 จังหวัด (เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560) ได้แก่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (accession9) แยกผลในระยะต่างๆ ตั้งแต่ผลอ่อน ผลแก่ และผลแก่แตก เก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลโคลงเคลง

2.1 การสกัดตัวอย่าง

ตัวอย่างเฉพาะส่วนเนื้อผล (fruit pulp) สกัดด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1กรัมต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 11,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เทส่วนใสเก็บไว้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH differential method) ดัดแปลงจาก AOAC, official method 2005.02 (2005) เจือจางสารสกัดตัวอย่างลง 10 เท่า โดยหลอดที่หนึ่งเจือจางสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ด้วยบัฟเฟอร์ pH 1.0 (Potassium chloride เข้มข้น 0.025 M) 1.8 มิลลิลิตร หลอดที่สองเจือจางสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ด้วยบัฟเฟอร์ pH 4.5 (Sodium acetate เข้มข้น 0.4 M) 1.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ของทั้ง 2 หลอด คำนวณหาค่าปริมาณแอนโทไซยานินโดยเทียบกับ cyanidin-3-glucoside ด้วยสูตร

$$A = (A_{520} - A_{700})\text{pH } 1.0 - (A_{520} - A_{700})\text{pH } 4.5$$

ปริมาณแอนโทไซยานิน = (A x 449.2 x ค่าการเจือจาง x 103)/26,900 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ทำโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent ตามวิธีของ Mohd-Esa *et al.* (2010) โดยผสมสารสกัดปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ Na_2CO_3 เข้มข้น 7.5% ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และคำนวณค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกรดแกลลิค

2.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ทำโดยวิธี Phenol-sulfuric acid ตามวิธีของ Dubois *et al.* (1956) โดยผสมสารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร กับสารละลาย phenol เข้มข้น 5%ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาตร 1

มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อให้สารละลายเย็นลง จากนั้นผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร และคำนวณค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเทียบกับกลูโคส

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลโคลงเคลงแต่ละ accession ถูกแยกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 เป็นระยะที่กลีบดอกเพิ่งร่วงหลุด ระยะที่ 2 เป็นระยะที่ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นจากระยะที่ 1 ผลยังไม่สุก เปลือกสีเขียว ระยะที่ 3 เป็นระยะที่ผลสุก มีเปลือกสีแดง แต่ผลยังไม่แตก และระยะที่ 4 เป็นระยะที่ผลแก่และแตก ดัง Figure 2

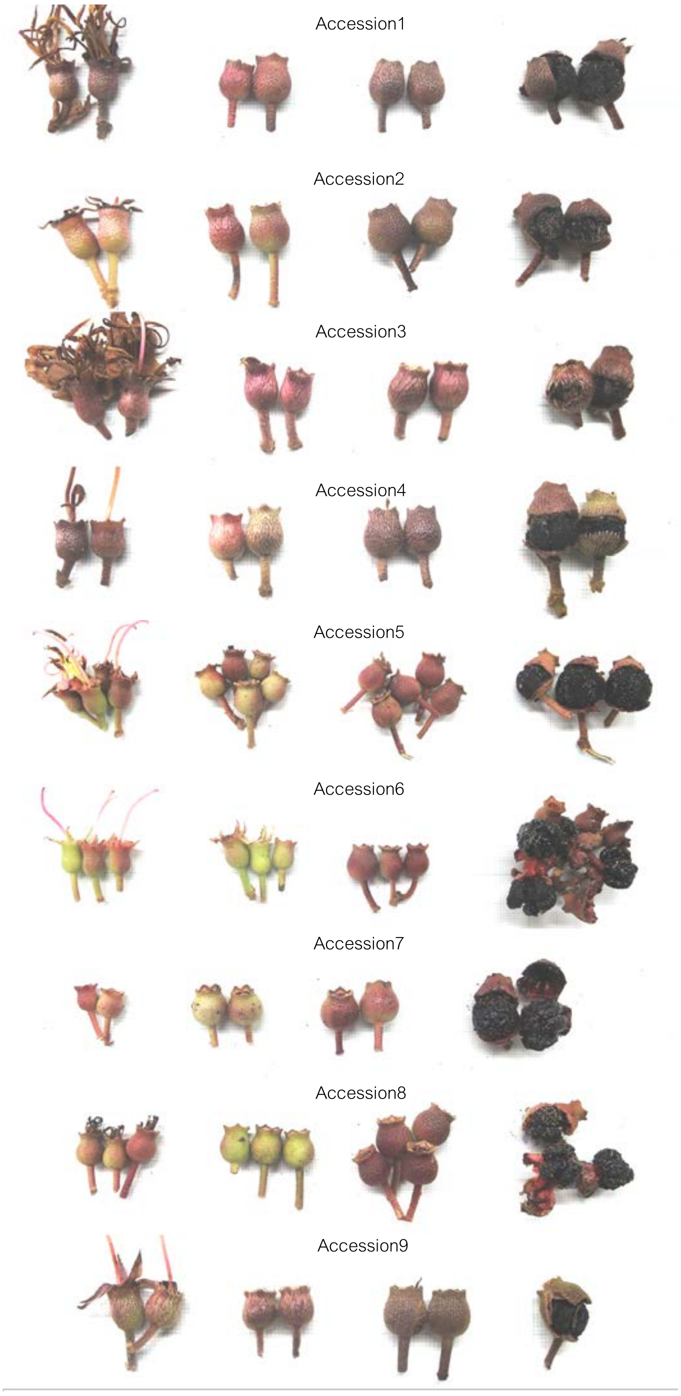
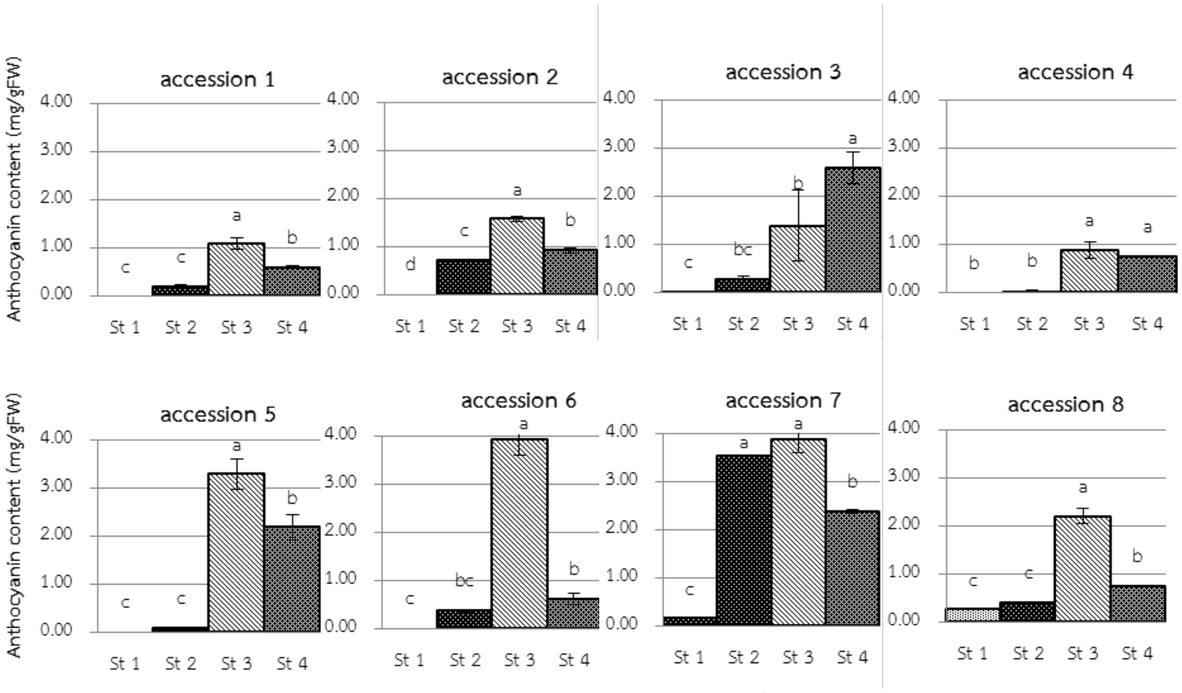


Figure 2 Morphological characters of *Melastoma malabathricum* L. fruits at stage 1-4 (from left to right).

ปริมาณแอนโทไซยานิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในเนื้อผลโคลงเคลงที่ระยะต่างๆ พบว่า แอนโทไซยานินมีการสร้างเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่ จนถึงระยะที่ 3 มีค่าสูงที่สุด ปริมาณแอนโทไซยานินในเนื้อผลโคลงเคลงที่เก็บจากต่างพื้นที่ พบว่าตัวอย่างจากภาคตะวันออก (accession 5-7) มีค่าค่อนข้างสูงกว่าตัวอย่างอื่น อยู่ในช่วง 3-4 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (Figure 3) หรือคิดเป็น 300-400 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งน้อยกว่าค่าจากรายงานของ Anuar *et al*. (2013) ที่พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินจากตัวอย่างเนื้อผลโคลงเคลงที่ผ่านการทำแห้งด้วยความเย็น (freeze dry) และสกัดด้วยเอทานอลในสภาพกรด มีค่าประมาณ 880 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับผลไม้กลุ่มเบอรี่บางชนิด (Kähkönen *et al*., 2001) ทั้งนี้การสกัดด้วยน้ำทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น เมทานอล หรืออะซิโตน (Kähkönen *et al*., 2001) รองลงมาคือ accession 8 ซึ่งเป็นตัวอย่างโคลงเคลงที่เก็บจากภาคตะวันออกเช่นกัน อาจเนื่องจากความผันแปรของพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อม โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ได้แก่ แสง อุณหภูมิต่ำ ธาตุอาหาร และการขาดน้ำ เป็นต้น (Chalker-Scott, 1999) และเมื่อถึงระยะที่ 4 เป็นระยะที่ผลแตก ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากสารแอนโทไซยานินมีการสลายตัวเนื่องมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidases) เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (Oren-Shamir, 2009) ส่วน accession 3 พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในระยะที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากลักษณะการแตกของผลไม่มาก (Figure 2) จึงทำให้สัมผัสกับอากาศได้น้อย



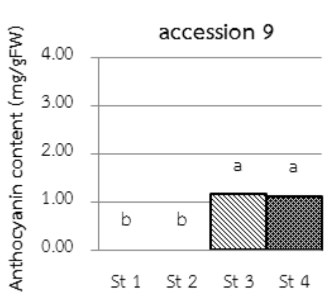


Figure 3 Anthocyanin content in each accession extracted from pulp of *Melastoma malabathricum* L. fruits at stage 1-4 (St 1-4). Note: Identical letters in each graph are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณฟีนอลิกรวมพบได้ตั้งแต่ระยะที่ 1 ต่างกับแอนโทไซยานินที่พบน้อยมากในระยะที่ 1 (Figure 4) เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่พบในพืช โดยเฉพาะเป็นสารที่ทำให้เกิดสีและรสฝาดในผักและผลไม้ และพบปริมาณมากในระยะแรกในการพัฒนาของผล และค่อยๆ ลดลงก่อนระยะเก็บเกี่ยว (Ding *et al*., 2001) สอดคล้องกับค่าแอนโทไซยานินที่สูงสุดเมื่อผลอยู่ในระยะที่ 3 เนื่องจากสารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกประเภทหนึ่งด้วย และพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงกว่าตัวอย่างอื่นใน accession 5-7 ซึ่งเป็นตัวอย่างจากภาคตะวันออก มีค่าอยู่ในช่วง 20-30 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมน้ำหนักสด หรือคิดเป็น 2,000-3,000 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าการรายงานของ Sayuti *et al*. (2015) ในสารสกัดด้วยน้ำเช่นเดียวกัน มีค่า 900 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสารในกลุ่มฟีนอลิกหลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Miguel, 2011)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ปริมาณน้ำตาลมีความแปรผันมาก แต่โดยรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุผลมากขึ้น และระยะที่ผลแก่แตกมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าระยะอื่น อยู่ในกลุ่มของตัวอย่างที่เก็บจากภาคตะวันออก มีค่าอยู่ระหว่าง 40-80 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด หรือคิดเป็น 4-8 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Figure 5) ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้ำตาลอยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกับลูกแพร์ แอปเปิ้ล และสตรอเบอรี่ (Chareoansiri and Kongkachuichai, 2009) จึงเหมาะสำหรับพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ หรือสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

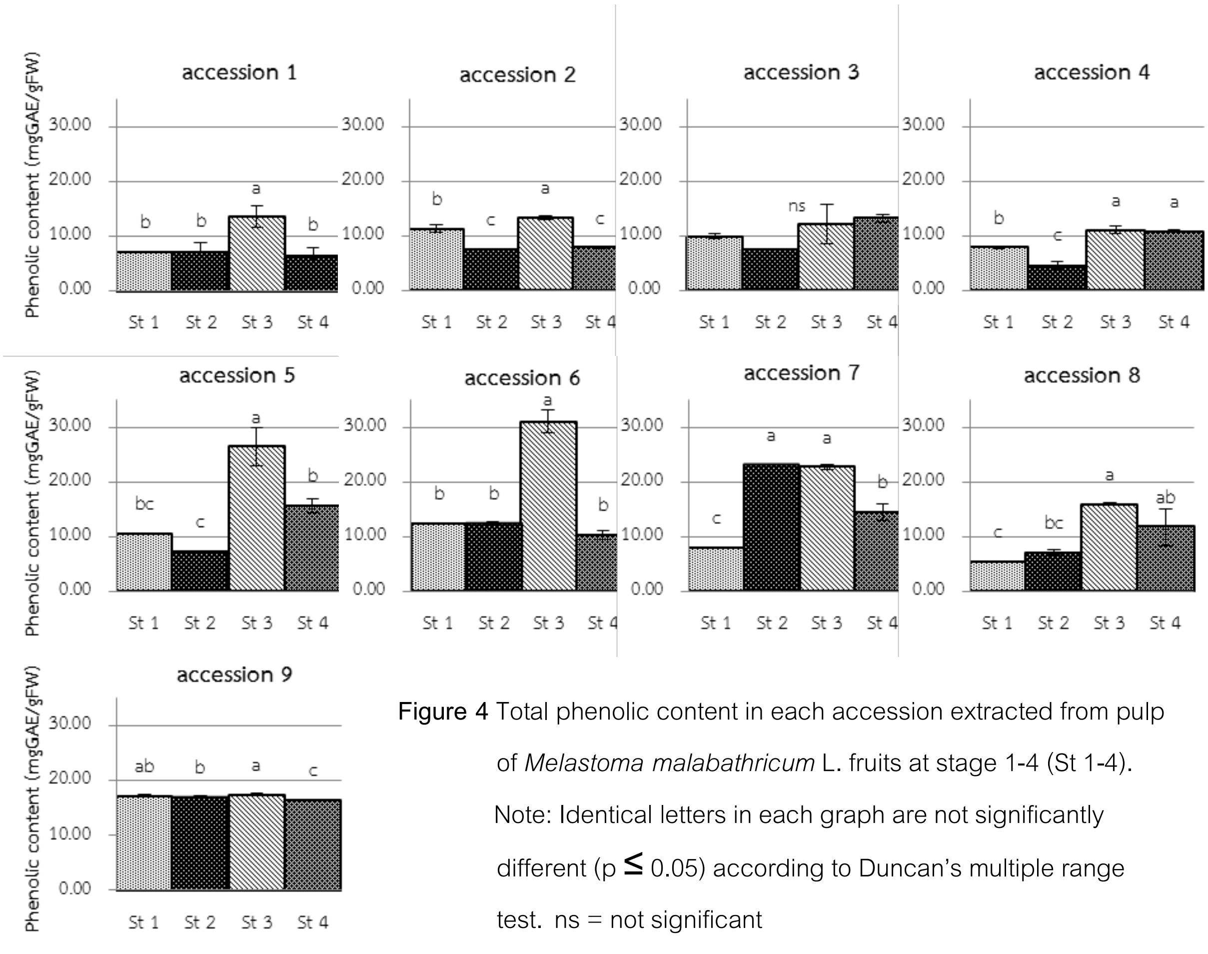
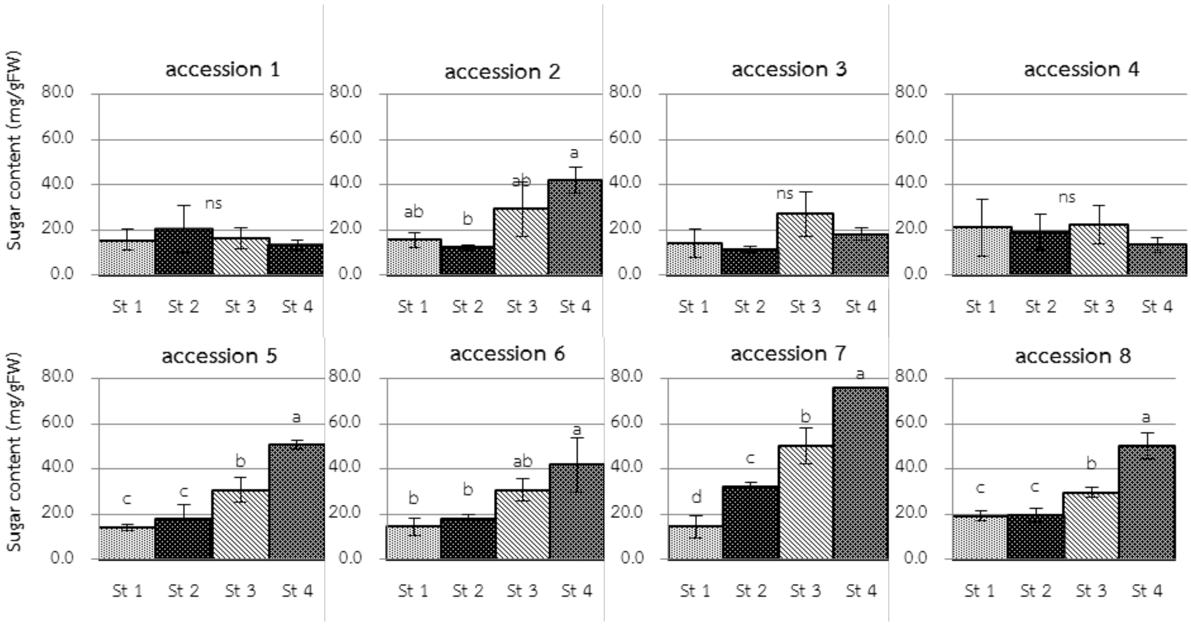


Figure 4 Total phenolic content in each accession extracted from pulp of *Melastoma malabathricum* L. fruits at stage 1-4 (St 1-4). Note: Identical letters in each graph are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test. ns = not significant



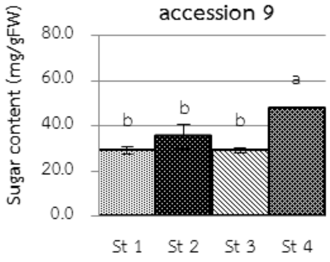


Figure 5 Total sugar content in each accession extracted from pulp of *Melastoma malabathricum* L. fruits at stage 1-4 (St 1-4). Note: Identical letters in each graph are not significantly different ($p \leq 0.05$) according to Duncan's multiple range test. ns = not significant

เนื่องจากเป็นการเก็บตัวอย่างในธรรมชาติ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมน่าจะมีผลต่อปริมาณสารสำคัญ ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ เช่น ธาตุอาหารในดิน แสง อุณหภูมิ และปริมาณน้ำ ในภาคตะวันออก เพื่อทราบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารสำคัญ

สรุป

ระยะผลของโคลงเคลงที่มีปริมาณสารสำคัญ (แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิก) สูง ได้แก่ ระยะที่ 3 คือผลแก่แต่ยังไม่แตก ส่วนเนื้อผลมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในระดับต่ำ แหล่งพื้นที่ของโคลงเคลงที่มีปริมาณสารสำคัญสูง คือ โคลงเคลงจากภาคตะวันออก

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2548. **สมุนไพรในพื้นที่พรุจังหวัดนราธิวาส**. ฝ่ายโครงการพิเศษ กองแผนงาน และสำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.

สำนักงานหอพรรณไม้. 2559. **สารานุกรมพืชในประเทศไทย (ฉบับย่อ)**. แหล่งที่มา: http://www.dnp.go.th/botany/detail.aspx, 10 ตุลาคม 2560.

Anuar, N., A.F.M. Adnan, N. Saat, N. Aziz and R.M. Taha. 2013. Optimization of extraction parameters by using response surface methodology, purification, and identification of anthocyanin pigments in *Melastoma malabathricum* fruit. **Sci. World J.** 2013: 1-10.

AOAC, official method 2005.02. 2005. Total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines- pH differential method. **Journal of AOAC International** 88: 1269.

Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. **Photochem. Photobiol.** 70 (1): 1-9.

Chareoansiri, R. and R. Kongkachuichai. 2009. Sugar profiles and soluble and insoluble dietary fiber contents of fruits in Thailand markets. **Int. J. Food Sci. Nutr.** 60 (S4): 126-139.

Ding, C-K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori and C.Y. Wang. 2001. Metabolism of phenolic compounds during Loquat fruit development. **J. Agric. Food Chem.** 49: 2883-2888.

DuBois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.** 28 (3): 350-356.

Hazarika, T.K., S. Marak, D. Mandal, K. Upadhyaya, B.P. Nautiyal and A.C. Shukla. 2016. Underutilized and unexploited fruits of Indo-Burma hot spot, Meghalaya, north-east India: ethno-medicinal evaluation, socio-economic importance and conservation strategies. **Genet. Resour. Crop Evol.** 63: 289-304.

Kähkönen, M.P., A.I. Hopia and M. Heinonen. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. **J. Agric. Food Chem.** 49: 4076-4082.

Liu, W., J. Liu, D. Yin and X. Zhao. 2015. Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S. Ying. **PLoS ONE.** 10(4): 1-22.

Miguel, M.G. 2011. Anthocyanins: Antioxidant and /or anti-inflammatory activities. **J. Appl. Pharm. Sci.** 01 (06): 07-15.

Mohd-Esa, N., F.S. Hern, A. Ismail and C.L. Yee. 2010. Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. **Food Chem.** 122: 1055–1060.

Oren-Shamir, M. 2009. Does anthocyanin degradation play a significant role in determining pigment concentration in plants? **Plant Sci.** 177: 310-316.

Sayuti, K., F. Azima and M. Marisa. 2015. The addition of “senduduk” fruit (*Melastoma malabathricum*, L.) extract as colorants and antioxidant on jackfruit straw (*Artocarpus heterophyllus*, L.) jam. **IJASEIT** 5 (6): 397-401.

การเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด 3 พันธุ์ ภายใต้ช่วงการขาดน้ำที่แตกต่างกันในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตทางลำต้น

Growth and Development of 3 Corn Cultivars under Different Water Deficit Intervals during Early Vegetative Growth Stages

กุลวดี คณาวิทยา[1*] สุตเขตต์ นาคะเสถียร[1] เอ็จ สโรบล[1] และ อรวรรณ คำดี[1]

Kulwadee Kanavittaya[1*], Sutkhet Nakasathien[1], Ed Sarobol[1] and Orawan Kumdee

บทคัดย่อ

น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต การขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ จะส่งผลกระทบทำให้ความแข็งแรงของพืชรวมทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชอายุสั้น เช่น ข้าวโพด การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพดภายใต้สภาวะขาดน้ำในระยะตั้งตัวในระดับโรงเรือน ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Block Design มี 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าวโพด มี 3 พันธุ์ คือ สุวรรณ 2301 สุวรรณ 4452 และ S7328 และปัจจัยน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ การให้น้ำทุกวัน (I_0) ให้น้ำทุก 2 วัน (I_1) และให้น้ำ 4 วัน (I_2) เริ่มงดน้ำเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะ V2 ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวโพดปรากฏใบที่กางโดยสมบูรณ์ 2 ใบ โดยการให้น้ำทุกวันสามารถรักษาระดับความชื้นดินไว้ที่ 31-56 %WET ในขณะที่การงดให้น้ำ 2 วันและ 4 วัน ทำให้ค่าความชื้นดินลดลงถึงระดับ 25.9% และ 8.8% ตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพดนั้น พบว่าการงดน้ำไม่มีผลต่อ ความสูงของลำต้น เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักของลำต้น และน้ำหนักของราก ของข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่การงดให้น้ำ 2 วัน และ 4 วัน (I_1 และ I_2) มีผลทำให้ ความยาวรากของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2301 (พันธุ์ทนแล้ง) มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการงดน้ำที่ระดับ I_1 ส่วนพันธุ์สุวรรณ 2301 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 และ S7328 คิดเป็น 16.1% และ 30.8% ตามลำดับ ในขณะที่การงดน้ำที่ระดับ I_2 พันธุ์สุวรรณ 2301 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 และ S7328 คิดเป็น 10.7% และ 38.98% ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสภาวะขาดน้ำที่ข้าวโพดได้รับทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโตในส่วนใต้ดิน และสามารถนำผลการทดลองไปใช้เป็นปัจจัยบ่งชี้วิธีการปรับตัวของข้าวโพดทนแล้งภายในสภาวะขาดน้ำ

ABSTRACT

Water is the primary, and now becoming the crucial factor, especially under the unpredictable climatic changes, influencing on the establishment of corn seedling at early stages. The water deficit could affect the seedling health and vigor, thus this experiment was designed to focus on the early physiological response, under the greenhouse condition. The Factorial in Randomized Block Design with 2 factors, composed of 3 levels of water, watering daily (I_0), watering every two days (I_1), and watering every four days (I_2), and 3 corn varieties of SUWAN 2301, SUWAN 4452, and S7328. The watering schemes, I_1 and I_2, were started after V2, which means the plant has two leaf whose collar is visible. The result showed that daily watering can maintain soil moisture between 31-56% WET, while watering every other day and watering every four days affected on the soil moisture reduction to 25.9% and 8.8%, respectively. The water deficit had no effect to plant height, stem diameter and weight, and root weight. However, watering every other day and watering every four days (I_1 and I_2) showed the significant effect on the root length of SUWAN 2301 (drought tolerance). In I_1, SUWAN 2301 had root length longer than SUWAN 4452 and S7328 by 16.1% and 30.8%, respectively. When the interval of deficit is longer in I_2, SUWAN 2301 demonstrated longer root length than those of SUWAN 4452 and S7328 by 10.7% and 38.98%, respectively. The result showed drought stress conditions imposing during early stage of corn mainly affected on the under-ground parts. This can be further used as the indicator of how the tolerant corn variety could adapt to the water deficit condition.

Key Words: corn, establishment stages, drought

* Corresponding author; e-mail address: agrskn@ku.ac.th

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวโพดไร่ (*Zea mays* Linn.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้ข้าวโพดไร่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีมากขึ้น ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) แต่เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศส่งผลให้เกิดภาวะแล้ง ทำให้พืชขาดน้ำทำให้ผลผลิตของข้าวโพดลดลง น้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานในการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต สภาวะแล้งที่เกิดขึ้นเมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ โดยเฉพาะระยะ V1-V5 ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ยืดเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบออกไป ซึ่งตรงข้ามกับเวลาที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตพัฒนาของส่วนขยายพันธุ์ที่ใช่เวลาน้อยลง ความแล้งทำให้ขนาดของใบและจำนวนใบของข้าวโพดลดลง (Rucker *et al*., 1995) การแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์จะลดลงเมื่อเกิดสภาวะแล้ง ซึ่งทำให้พื้นที่ของใบลดลง (Hajibabaee *et al*., 2012) รากมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อสภาวะแล้ง เป็นสิ่งแรกที่จะตรวจจับสภาวะแล้ง ความยาวของราก ปริมาณของราก ความหนาแน่นของราก และจำนวนของรากจะถูกรบกวนจากสภาวะแล้ง ทำให้การดูดน้ำของพืชถูกรบกวน หากมีสภาวะแล้งที่ไม่ร้ายแรง รากของข้าวโพดจะมีความยาวเพิ่มขึ้น หากมีสภาวะแล้งรุนแรงความยาวของรากจะลดลง (Nejad *et al*., 2010)

การตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีต่อสภาวะแล้งของข้าวโพดในระยะการเจริญเติบโตช่วงแรก สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่า ข้าวโพดพันธุ์นั้นๆ เป็นพันธุ์ที่ทนต่อสภาวะแล้งหรือไม่ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับศึกษาทางสรีรวิทยาชีว-โมเลกุล ของพืชในสภาวะขาดน้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างต้นข้าวโพดและการจัดการน้ำ

ปลูกข้าวโพดลงในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว หยอดเมล็ดข้าวโพด กระถางละ 1 เมล็ด โดยปลูกพันธุ์ละ 36 กระถาง รดน้ำทุกวันจนต้นข้าวโพดงอก เจริญเติบโต และเข้าสู่ระยะ V2 ซึ่งเป็นระยะที่ต้นข้าวโพดปรากฏใบจริงที่กางเต็มที่ 2 ใบ (ประมาณ 13 วันหลังปลูก) จึงเริ่มให้น้ำทุก 1, 2 หรือ 4 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Block Design มี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระถาง

บันทึกข้อมูลความชื้นดิน

บันทึกข้อมูลความชื้นดินทุกวันเวลา 07.00 และ 19.00 น. ใดวยเครื่อง WET Sensor Kit

บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร

เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ในวันที่ 5, 9 และ 13 โดยนำต้นข้าวโพดทุกพันธุ์ทุกรูปแบบการให้น้ำ มาทำการวัดความสูง โดยวัดจากโคนที่ชิดดิน ถึงครึ่งงหนึ่งของใบที่สูงที่สุดที่กางเต็มที่ ทำซ้ำในทุกรอบของการเก็บข้อมูล นำต้นข้าวโพดที่วัดความสูงแล้วมาวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น วัดจากโคนที่ชิดกับผิวดิน โดยใช้เครื่อง Digital

Vernier Caliper ตัดต้นข้าวโพดที่วัดความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น โดยตัดให้ชิดผิวดิน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสด ด้วยเครื่องชั่งแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง แกะดินออกจากส่วนรากที่อยู่ในกระถางอย่างระมัดระวัง ล้างรากให้สะอาด วัดความยาวของราก โดยใช้ตลับเมตร วัดจากใต้โคนจนถึงรากฝอยรากที่ยาวที่สุด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ความชื้นในดิน

พบว่า การให้น้ำทุกวันสามารถเก็บรักษาความชื้นในดินไว้ได้ถึง 31 – 56 % WET (Figure 1) ในขณะที่การให้น้ำทุกสองวัน สามารถรักษาความชื้นในดินไว้ได้เฉลี่ย 25.9% WET (Figure 2) และการให้น้ำทุกสี่วัน ทำให้ดินมีความชื้นลดลงเฉลี่ยจนถึงระดับ 8.8% WET (Figure 3)

2. ลักษณะทางการเกษตร

- **ความสูงลำต้น**

ความสูงของลำต้น ที่วัดจากโคนที่ชิดดินถึงครึ่งหนึ่งของใบที่กางออกเต็มที่ ในรอบการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ ในรอบการเก็บข้อมูลที่ 2 พบว่า การให้น้ำทุกวันทำให้ความสูงของลำต้นของพันธุ์สุวรรณ 4452 มีความสูงมากกว่าอีกสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการให้น้ำแบบทุกสองวันและทุกสี่วัน ความสูงลำต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ในรอบการเก็บข้อมูลที่ 3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ และ พบว่าค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 รอบนั้น ความสูงของลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ (Table 1)

- **เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น**

เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ในรอบการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ ในรอบการเก็บข้อมูลที่ 2 พบว่าการให้น้ำทุกวันทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของพันธุ์ S7328 มีค่าน้อยกว่าอีกสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการให้น้ำแบบทุกสองวันนั้นไม่พบว่ามีความแตกต่างกัน แต่ในการให้น้ำแบบทุกสี่วัน พบว่า พันธุ์สุวรรณ 2301 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด ลำดับต่อมา คือ พันธุ์ S7328 และพันธุ์สุวรรณ 4452 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นน้อยที่สุด ส่วนในรอบการเก็บข้อมูลที่ 3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 รอบ เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ (Table 2)

- **น้ำหนักลำต้น**

น้ำหนักลำต้นข้าวโพด ในรอบการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ แต่ในรอบการเก็บข้อมูลที่ 2 พบว่า การให้น้ำทุกวัน มีผลทำให้น้ำหนักลำต้นข้าวโพดของพันธุ์ สุวรรณ 4452 มีน้ำหนักมากกว่าอีกสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในการให้น้ำแบบทุกสองวันและทุกสี่วันนั้นไม่พบว่ามีความแตกต่างสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ สำหรับค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 รอบการเก็บข้อมูลนั้น น้ำหนักของลำต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ (Table 3)

- **ความยาวราก**

ความยาวของรากข้าวโพด ในรอบการเก็บข้อมูลครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามตารางที่ 6 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งระหว่างพันธุ์ และระหว่างรูปแบบการให้น้ำ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการเก็บข้อมูลทั้ง 3 รอบนั้น พบว่า ความยาวรากของทั้งสามพันธุ์ในการให้น้ำแบบทุกวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการให้น้ำแบบทุกสองวันนั้น ความยาวรากของพันธุ์ สุวรรณ 2301 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองว่าทนแล้งนั้น มีความยาวมากกว่าอีกสองพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 คิดเป็น 16.1% และมีความยาวรากมากกว่าพันธุ์ S7328 คิดเป็น 30.8% ในส่วนของการให้น้ำแบบทุกสี่วันนั้น พันธุ์สุวรรณ 2301 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 และ S7328 คิดเป็น 10.7% และ 38.98% ตามลำดับ และพันธุ์สุวรรณ 4452 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์ S7328 คิดเป็น 31.69%

จากผลการทดลอง พบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Nejad *et al.*, (2010) กล่าวว่า รากมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อสภาวะแล้ง ความยาวของราก ปริมาณของราก ความหนาแน่นของราก และจำนวนของรากจะถูกรบกวนจากสภาวะแล้ง หากมีสภาวะแล้งเล็กน้อย รากของข้าวโพดจะมีความยาวเพิ่มขึ้น หากมีสภาวะแล้งรุนแรงความยาวของรากจะลดลง

สรุป

การให้น้ำทุกวันสามารถรักษาระดับความชื้นดินไว้ที่ 31.0 % WET ในขณะที่การงดให้น้ำ 2 วันและ 4 วัน ทำให้ค่าความชื้นดินลดลงถึงระดับ 25.9% และ 8.8% ตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพดนั้น พบว่าการงดน้ำไม่มีผลต่อ ค่าความสูงของลำต้น เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักของลำต้น ของข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ ในขณะที่การงดให้น้ำ 2 วัน และ 4 วัน (I_1 และ I_2) มีผลทำให้ ความยาวรากของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2301 (พันธุ์ทนแล้ง) มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อพิจารณาระดับการให้น้ำที่ระดับ I_1 พบว่าพันธุ์สุวรรณ 2301 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 และ S7328 คิดเป็น 16.1% และ 30.8% ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำที่ระดับ I_2 พันธุ์สุวรรณ 2301 มีความยาวรากมากกว่าพันธุ์สุวรรณ 4452 และ S7328 คิดเป็น 10.7% และ 38.98% ตามลำดับ ในส่วนของน้ำหนักราก พันธุ์สุวรรณ 2301 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีน้ำหนักรากมากกว่าอีกสอง ผลการทดลองที่ได้ชี้ให้เห็นว่าสภาวะขาดน้ำที่ข้าวโพดได้รับทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโตในส่วนใต้ดิน ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมที่ระดับการขาดน้ำที่รุนแรงมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มเติมการศึกษาข้อมูลด้านสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เข้าใจกลไกการตอบสนองต่อการขาดน้ำที่ระยะตั้งตัวได้เป็นอย่างดี สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับศึกษาทางสรีรวิทยาชีวโมเลกุลของพืชในสภาวะขาดน้ำต่อไป

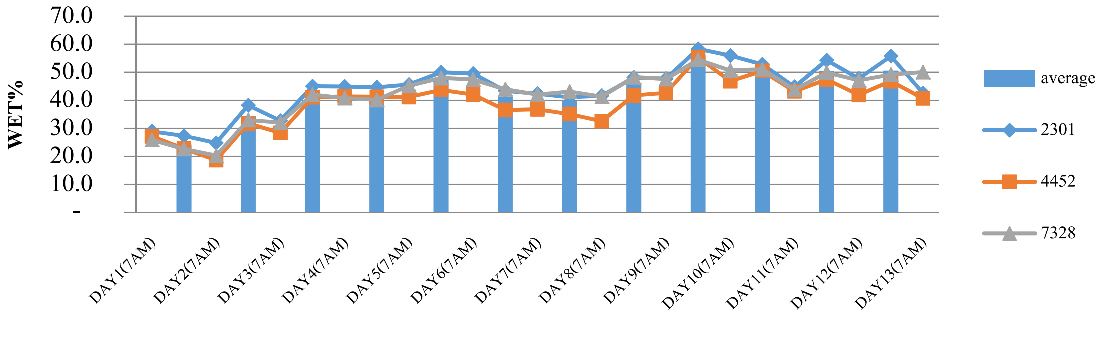


Figure 1: Soil moisture content of watering daily

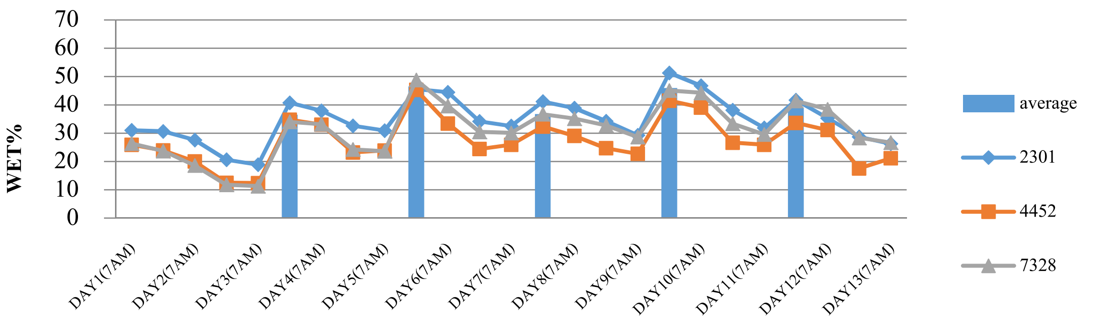


Figure 2: Soil moisture content of watering every two days

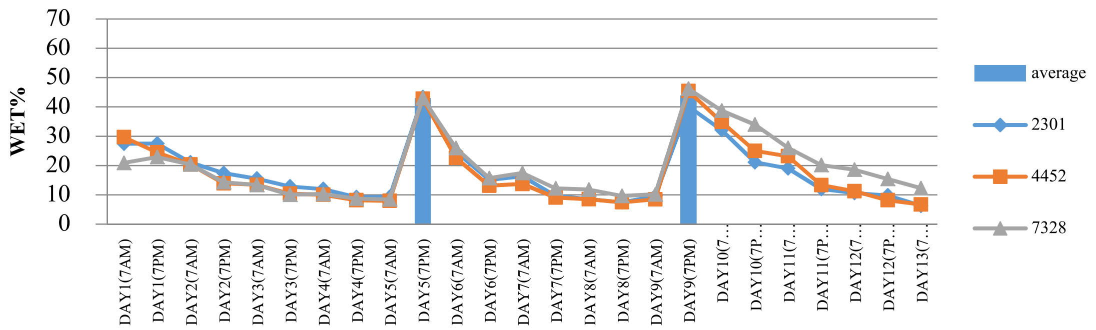


Figure 3: Soil moisture content of watering every four days

Table 1: Plant height (cm) of 3 corn cultivars with 3 irrigation frequencies at 5, 9 and 13 days after stop watering.

Days after stop watering	Varietys	Frequency			CV (%)
		daily (I_0)	every two days (I_1)	every four days (I_2)	
5	Suwan 2301	23.25 a	24.00 a	21.25 a	11.78
	Suwan 4452	28.25 a	20.75 a	20.750 a	
	S7328	28.00 a	23.50 a	23.25 a	
9	Suwan 2301	33.25 b	32.50 a	25.25 a	10.24
	Suwan 4452	44.00 a	37.00 a	28.50 a	
	S7328	31.25 b	33.25 a	27.50 a	
13	Suwan 2301	40.25 a	36.50 a	31.00 a	7.79
	Suwan 4452	48.00 a	39.00 a	33.75 a	
	S7328	44.75 a	39.75 a	28.75 a	
average	Suwan 2301	32.20 a	31.00 a	15.80 a	
	Suwan 4452	40.10 a	33.70 a	27.70 a	
	S7328	34.70 a	32.20 a	16.50 a	

Note: Means column with the same letter are not significantly different from each other

Table 2: Stem diameter (cm) of 3 corn cultivars with 3 irrigation frequencies at 5, 9 and 13 days after stop watering.

Days after stop watering	Varietys	Frequency			CV (%)
		Daily (I_0)	every two days (I_1)	every four days (I_2)	
5	Suwan 2301	6.12 a	5.98 a	4.75 a	11.69
	Suwan 4452	7.83 a	5.150a	5.15 a	
	S7328	5.55 a	4.48 a	4.48 a	
9	Suwan 2301	8.25 a	7.23 a	5.88 a	6.72
	Suwan 4452	8.70 a	7.25 a	5.05 b	
	S7328	7.05 b	6.73 a	5.38 ab	
13	Suwan 2301	9.20 a	8.35 a	7.30 a	9.08
	Suwan 4452	9.55 a	8.58 a	7.13 a	
	S7328	8.75 a	8.58 a	6.33 a	
average	Suwan 2301	7.90 a	7.20 a	6.00 a	
	Suwan 4452	8.70 a	7.30 a	5.80 a	
	S7328	7.10 a	6.60 a	5.40 a	

Note: Means column with the same letter are not significantly different from each other

Table 3: Stem weight (g) of 3 corn cultivars with 3 irrigation frequencies at 5, 9 and 13 days after stop watering.

Days after stop watering	Varietys	Frequency			CV (%)
		daily (I_0)	every two days (I_1)	every four days (I_2)	
5	Suwan 2301	4.65 a	3.23 a	2.15 a	74.20
	Suwan 4452	6.40 a	8.13 a	2.00 a	
	S7328	3.50 a	2.95 a	2.08 a	
9	Suwan 2301	9.30 b	8.50 a	5.35 a	15.26
	Suwan 4452	15.83 a	8.83 a	4.95 a	
	S7328	7.90 b	7.58 a	5.10 a	
13	Suwan 2301	14.60 a	11.98 a	6.95 a	22.01
	Suwan 4452	16.40 a	13.43 a	8.40 a	
	S7328	11.75 a	10.40 a	6.78 a	
average	Suwan 2301	9.50 a	7.90 a	4.80 a	
	Suwan 4452	12.90 a	10.10 a	5.10 a	
	S7328	7.70 a	7.00 a	4.60 a	

Note: Means column with the same letter are not significantly different from each other

Table 4: Root length (cm) of 3 corn cultivars with 3 irrigation frequencies at 5, 9 and 13 days after stop watering.

Days after stop watering	Varietys	Frequency			CV (%)
		daily (I_0)	every two days (I_1)	every four days (I_2)	
5	Suwan 2301	38.20 a	38.25 a	34.25 a	18.47
	Suwan 4452	29.00 a	38.25 a	24.00 a	
	S7328	20.50 a	24.50 a	20.50 a	
9	Suwan 2301	39.50 a	39.00 a	45.00 a	14.60
	Suwan 4452	37.00 a	33.25 a	33.50 a	
	S7328	27.00 a	33.25 a	31.00 a	
13	Suwan 2301	52.50 a	43.50 a	50.00 a	19.91
	Suwan 4452	37.00 a	32.75 a	38.00 a	
	S7328	35.50 a	30.50 a	27.25 a	
average	Suwan 2301	43.40 a	40.30 a	43.10 a	
	Suwan 4452	34.30 a	33.80 b	38.50 ab	
	S7328	27.70 a	27.90 b	26.30 a	

Note: Means column with the same letter are not significantly different from each other

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรีของ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอบคุณภาควิชาพืชไร่นาที่ให้การสนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **ข้อมูลเศรษฐกิจ พยากรณ์ผลผลิตการเกษตร**. วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Hajibabaee, M., Azizi, F and Zargari, K., 2012. Effect of drought stress on some morphological, physiological and agronomic traits in various foliage corn hybrids. Am Eurasian. **J. Agric Environ Sci.** 12: 890–896.

Nejad, S.K., Bakhshande, A., Nasab, S.B., and Payande, K., 2010. Effect of drought stress on corn root growth. **Rep Opin.** 2: 1–7.

Rucker, K.S., Kvien, C.K., Holbrook, C.C., and Hook, J.E., 1995. Identification of peanut genotypes with improved drought avoidance traits. **Peanut Sci.** 24: 14–18.

การศึกษาจำนวนประชากรไรโซเบียมในพื้นที่ ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน

Study on Rhizobium Population in Areas Affected by Climate Change of Pai River Basin, Mae Hong Son

จิตรา เกาะแก้ว[1*] มนต์ชัย มนัสสิลา[1] อมรรัตน์ ใจยะเสน[1] และ อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์[1]

Jitra Kokaew[1*], Monchai Manassila[1], Amornrat Chaiyasen[1] and Amnat Eamvijarn[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาจำนวนประชากรไรโซเบียมจากดินในระบบนิเวศวิทยาที่แตกต่าง ได้แก่ พื้นที่เกษตร และพื้นที่ป่า โดยสุ่มตัวอย่างดินจากบริเวณต้นน้ำ และปลายน้ำ ที่ลุ่มน้ำปาย ในฤดูหนาว (ธันวาคม 2559) และฤดูร้อน (เมษายน 2560) นับจำนวนประชากรไรโซเบียม โดยใช้วิธี Most Probable Number (MPN) กับถั่วเซอราโตร จากนั้นคัดเลือกไรโซเบียมที่แยกได้มาศึกษาการสร้างปม และประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนกับถั่วเหลืองตาแดง พืชพื้นเมืองของแม่ฮ่องสอน พบว่าประชากรไรโซเบียมจากตัวอย่างดินฤดูหนาว มีความหนาแน่นสูงกว่าตัฤดูร้อน ตัวอย่างดินจากพื้นที่ป่ามีความหนาแน่นของไรโซเบียมมากกว่าพื้นที่เกษตรทั้งต้นน้ำและปลายน้ำ คัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนพบว่าไรโซเบียมทั้ง 40 สายพันธุ์ สามารถทำให้ถั่วเหลืองตาแดงเกิดปม และตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ สายพันธุ์ที่ 12 ซึ่งมีค่าอัตราการตรึงไนโตรเจนเท่ากับ 26.509 ไมโครโมลเอธิลีนต่อกระถางต่อชั่วโมง

ABSTRACT

Population of rhizobium in soils from different ecological systems of agricultural and forest areas was studied. Soils from upstream and downstream areas of Pai river basin, Mae Hong Son province were sampled during the winter (December 2016) and summer (April 2017) seasons. The population of native rhizobium was investigated by using the Most Probable Number (MPN) method with indexed plants (Siratro bean). Isolated rhizobiums were tested for nodule formation and nitrogen fixation activities with native economic soybean (Tadaeng) of Mae Hong Son. The results showed that the rhizobium population in soil sample collected during winter was higher than the summer soil sample. Density of the rhizobium population in forest areas was higher than that of both the upstream and downstream agricultural areas. Selection of high efficiency rhizobium strains for nitrogen fixation revealed that all 40 strains of rhizobium could form nodules and fix nitrogen with Tadaeng soybean. The most effective strain was strain 12 with nitrogen fixation rates of 26.509 μmole ethylene per pot per hour.

Key Words: most probable number, population, rhizobium

*Corresponding author; e-mail address: jeabjitra@yahoo.com

[1]กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1]Soil Microbiology Research group, Soil Science Research Group, Department of Agriculture, Bangkok 10900

คำนำ

พื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ. แม่ฮ่องสอน เป็นพื้นที่ซึ่งมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างฤดูร้อน (เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ 2548 ถึงปัจจุบัน เท่ากับ 38.4 องศาเซลเซียส) และฤดูหนาว (เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ 2548 ถึงปัจจุบัน เท่ากับ 9.8 องศาเซลเซียส) การบุกรุกพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำปาย เพื่อทำการเกษตร และสร้างเป็นที่อยู่อาศัยเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว (ศุภกร, 2557) ทำให้ป่าที่เคยอุดมสมบูรณ์มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ดินที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเศษซากอินทรียวัตถุ มีความหลากหลายลดลงหรือบางชนิดอาจสูญหายไปจากพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจส่งผลต่อการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ รวมทั้งการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินถูกควบคุมด้วยหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ปริมาณธาตุอาหาร และระดับของออกซิเจน การศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ ที่ถูกรบกวนจากการเขตกรรม เปรียบเทียบกับพื้นที่ป่า เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการและนำจุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์ไปใช้ทางการเกษตร โดยสามารถนำไปปรับใช้กับพืชในชุมชนที่ได้รับผลกระทบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ดินต่อการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตที่ดีขึ้น (หนึ่ง, 2554; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2526)

การศึกษาจำนวนประชากรไรโซเบียมที่ดำรงชีวิตอยู่ในสภาพพื้นที่ป่ากับพื้นที่เกษตรที่ถูกรบกวนจากการเขตกรรม แต่ช่วงอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันของฤดูร้อน และฤดูหนาว ในรอบ 1 ปี ซึ่งสามารถระบุชนิดและปริมาณไรโซเบียมในดินในพื้นที่ต่าง ๆ ที่อาจพบเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปจากแหล่งอาศัยในระบบนิเวศน์นั้นๆ โดยข้อมูลเหล่านี้จะสามารถบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Boonkerd and Weaver, 1982) รวมทั้งการดำรงชีวิตของไรโซเบียมในดินบางชนิดที่สามารถปรับตัว และยังคงกิจกรรมที่ช่วยสนับสนุนเกื้อกูลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่อาศัยนั้น ๆ โดยเฉพาะกลุ่มไรโซเบียมที่มีศักยภาพในการช่วยตรึงไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตของพืชวงศ์ถั่ว เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชวงศ์ถั่วพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อไรโซเบียมและการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน โดยวิธี Most Probable Number (MPN)

1. **การเตรียมถุงปลูก** (growth pouch) ถุงพลาสติกหนาขนาด 5 x 8 นิ้ว ภายในบรรจุกระดาษฟางพับขอบด้านหนึ่งของถุงปลูกใส่หลอดพลาสติกเพื่อสะดวกในการเติมธาตุอาหารพืชปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อถุงปลูก นำถุงไปผ่านการฆ่าเชื้อปนเปื้อนโดยนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปวางในชั้นวางถุงปลูก (rack) ที่มีช่องห่างระหว่างกรอบลวด 1 เซนติเมตร

2. **การเพาะเมล็ดถั่ว** นำเมล็ดถั่วเซอราโตรซึ่งสามารถเกิดปมรากได้หลังจากเชื้อไรโซเบียมทุกชนิดเข้าอาศัย (Somasegaran and Hoben, 1994) มาฆ่าเชื้อปนเปื้อนที่ผิวหุ้มเมล็ด โดยแช่เมล็ดถั่วในกรดซัลฟูริกเข้มข้น นาน 15 นาที และล้างด้วยน้ำกรองที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 4 – 6 ครั้ง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 3 – 4 ชั่วโมง นำเมล็ดถั่วเพาะบนสำลีที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เกลี่ยเมล็ดให้ทั่ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ทิ้งไว้จนเมล็ดมีรากงอกยาวประมาณ 0.5 – 1.0 เซนติเมตร จึงนำไปปลูกในถุง

3. การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ. แม่ฮ่องสอน จำนวน 4 แหล่ง แหล่งละ 4 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างดินจาก 1) พื้นที่ป่าปลายน้ำ 2) ดินพื้นที่ทำการเกษตรปลายน้ำ 3) พื้นที่ป่าต้นน้ำ และ 4) ดินพื้นที่ทำการเกษตรต้นน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างดินช่วงฤดูหนาววันที่ 25 ธันวาคม 2559 และช่วงฤดูร้อนเก็บตัวอย่างดินวันที่ 20 เมษายน 2560 เก็บตัวอย่างดินในแต่ละฤดูโดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ขนาด 25 ตารางเมตร เก็บจำนวน 5 จุด โดยขุดดินลึกจากผิวดิน 15 เซนติเมตร ตักดินมาหลุมละ 1 กิโลกรัม นำดินที่ได้มาผสมให้เข้ากัน ตักใส่ถุงพลาสติกตัวอย่างละ 5 กิโลกรัม ปิดปากถุงให้แน่น เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างดินจำนวน 20 กรัม ใส่ในขวดแก้วที่บรรจุน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 180 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยมือประมาณ 5 นาที ได้สารแขวนลอยดินที่มีความเจือจาง 10^{-1} เท่า จากนั้นนำสารแขวนลอยดินที่ได้มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อจนได้ความเข้มข้น ตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-8}

4. การปลูกถั่วในถุงปลูก นำถุงปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางในชั้นวางถุงปลูก เติมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจน (N-free plant nutrient) ตามสูตรของ Broughton and Dilworth (1971) ถุงละ 30 มิลลิลิตร ใช้ปากคีบเจาะรูบนขอบกระดาษฟางที่พับไว้ 2 รู โดยมีระยะห่างประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นคีบเมล็ดถั่วเซอราโตรที่งอกรากยาว 0.5 – 1.0 เซนติเมตร มาสอดรากลงในรูที่เจาะไว้ของถุงปลูกโดยเมล็ดถั่วจะอยู่บนขอบกระดาษฟางที่พับไว้ จากนั้นหยดสารแขวนลอยดินที่ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} ถึง 10^{-8} ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อถุงปลูก โดยเริ่มจากระดับความเจือจางมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุด ทำ 4 ซ้ำต่อระดับความเจือจาง โดยทุกตัวอย่างดินจะมีถุงที่ปลูกถั่วที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อหยดแทนสารแขวนลอยดินเป็นตัวควบคุมชนิดลบ (negative control) และทุกถุงที่ปลูกจะต้องมีถั่วเซอราโตรเป็นตัวอย่างควบคุมชนิดบวก (positive sample) เนื่องจากถั่วเซอราโตรสามารถเกิดปมรากได้กับเชื้อไรโซเบียมทุกชนิด เมื่อปลูกถั่วเรียบร้อยแล้ว นำชั้นวางถุงปลูกไปวางบนชั้นวางซึ่งมีการให้แสงสว่างจากหลอดไฟกำลังไฟ 40 วัตต์ (LED TL8 Glass Tube ยี่ห้อ FSL จำหน่ายโดยบริษัทบางกอก จี.อี.ไลท์ติ้ง จำกัด) ระยะห่าง 15 – 17 เซนติเมตร จากระดับปากถุง เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เติมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจนเมื่อปริมาณสารละลายธาตุอาหารในถุงปลูกลดลง ดูแลจนครบกำหนด 3 สัปดาห์

5. การคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมของตัวอย่างดิน เมื่อครบ 3 สัปดาห์ ตรวจนับจำนวนต้นถั่วที่มีปมในแต่ละถุง และนำไปเปิดตาราง MPN (Somasegaran and Hoben, 1994) เพื่อหาค่าประเมินของจำนวนไรโซเบียมที่เข้าสร้างปมที่รากต้นถั่ว (m) จากนั้นคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมของตัวอย่างดินดังนี้

$$X = \frac{m \times d}{V}$$

X = จำนวนไรโซเบียมต่อกรัมดิน

m = ตัวเลขที่ได้จากการเปิดตาราง MPN

d =ระดับความเจือจางต่ำสุดของสารแขวนลอยดินที่ใส่ให้กับต้นถั่ว (10^{-1})

v =ปริมาตรสารแขวนลอยดินที่ใส่ให้กับต้นถั่ว (1 มิลลิลิตร)

การคัดแยกเชื้อไรโซเบียมจากปมรากพืชวงศ์ถั่ว

นำปมรากถั่วมาแยกเชื้อไรโซเบียม ตามวิธีของ Somasegaran and Hoben (1994) โดยฆ่าเชื้อบนผิวปมก่อน จากนั้นนำปมที่ได้มาผ่าครึ่ง แล้วใช้ loop เขี่ยเชื้อเผาไฟ แตะภายในปมรากพืช นำมา streak บน อาหาร yeast extract mannitol agar (YMA) บ่มที่อุณหภูมิประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส นาน 3-7 วัน เลือกเก็บโคโลนีไรโซเบียมที่เจริญบนอาหารเพื่อตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาใต้กล้องจุลทรรศน์ และเก็บรักษาไว้เพื่อใช้ทดสอบต่อไป

การคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียม

นำไรโซเบียมทั้ง 40 สายพันธุ์ที่แยกได้ มาทดสอบกับเมล็ดถั่วเหลืองตาแดง ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองของแม่ฮ่องสอน โดยนำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ตาแดงมาเพาะให้งอกในขวดปลูก Leonard’s jar (Leonard, 1943) วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 3 ซ้ำ ทดลองในห้องปฏิบัติการและเรือนกระจกของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา เริ่มปลูกในวันที่ 2 ตุลาคม 2560 (อุณหภูมิเฉลี่ย 28.2 ^{o}C ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55%) ดูแลรักษาพืชตลอดการทดลองจนครบ 30 วัน ตรวจวัดการเจริญเติบโตของพืช นับจำนวนปม ชั่งน้ำหนักปม ชั่งน้ำหนักต้นแห้ง และวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยวิธี Acetylene Reduction Assay (Hardy *et al.*, 1973) ด้วยเครื่อง Gas chromatography

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมในตัวอย่างดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยวิธี MPN จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าไรโซเบียมจากตัวอย่างดินทั้ง 4 ตัวอย่างได้แก่ 1) ดินป่าปลายน้ำ 2) ดินแปลงเกษตรปลายน้ำ 3) ดินแปลงเกษตรต้นน้ำ (แปลงเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำปายเป็นพื้นที่ปลูกข้าวสลับกับการปลูกถั่ว) และ4)ดินป่าต้นน้ำ (Table 1 และ 2) พบว่าตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2559) มีจำนวนประชากรไรโซเบียมต่ำที่สุด 2.52 x 10 เซลล์/มิลลิลิตร ขณะที่ตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูร้อน (เมษายน 2560) มีจำนวนประชากรไรโซเบียมต่ำที่สุดของ 1.28 x 10 เซลล์/มิลลิลิตร ทั้งนี้ การปลูกถั่วอย่างเดียวในถุงโดยไม่มีการเติมสารแขวนลอยดิน (negative control) ไม่มีปมรากเกิดขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ไรโซเบียมในดินแต่ละแหล่ง (Table 1) พบว่า ตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ป่าในช่วงฤดูหนาว (soil 1: 8.0 x10^{2} CFU และ soil 4: 1.6x10^{3} CFU) มีจำนวนประชากรไรโซเบียมมากกว่าตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ทำการเกษตร (soil 2: 2.52x10^{1} CFU และ soil 3: 1x10^{2} CFU) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ไรโซเบียมในดินจากพื้นที่ป่า และพื้นที่ทำการเกษตรที่เก็บในช่วงฤดูร้อนไม่มีความแตกต่างกัน (Table 2)

Table 1 The population of native rhizobium in soils during winter (December 2016).

Concentration of serial dilution	Number of growth pouch that have nodule			
	Soil 1	Soil 2	Soil 3	Soil 4
10^{-1}	4	3	4	4
10^{-2}	4	3	4	4
10^{-3}	4	3	2	4
10^{-4}	4	0	2	4
10^{-5}	3	0	1	3
10^{-6}	0	0	0	1
10^{-7}	0	0	0	1
10^{-8}	0	0	0	0
Total	19	9	13	21
Number of cell (CFU*)	$8.0x10^{2}$	$2.52x10^{1}$	$1x10^{2}$	$1.6x10^{3}$
Positive sample**	4	4	4	4
Negative sample***	0	0	0	0

* CFU = cells per gram soils, ** Positive sample = siratro beans grown with rhizobial inoculant

***Negative control = siratro beans grown without rhizobial inoculant

Table 2 The population of native rhizobium in soils during summer (April 2017).

Concentration of serial dilution	Number of growth pouch that have nodule			
	Soil 1	Soil 2	Soil 3	Soil 4
10^{-1}	4	4	3	4
10^{-2}	4	4	2	4
10^{-3}	4	3	2	4
10^{-4}	2	1	0	4
10^{-5}	0	1	0	1
10^{-6}	0	1	0	1
10^{-7}	0	0	0	0
10^{-8}	0	0	0	0
Total	14	14	7	18
Number of cell (CFU*)	$1.4x10^{2}$	$1.4x10^{2}$	$1.28x10^{1}$	$5.6x10^{2}$
Positive sample**	4	4	4	4
Negative sample***	0	0	0	0

* CFU = cells per gram soils, ** Positive sample = siratro beans grown with rhizobial inoculant

***Negative control = siratro beans grown without rhizobial inoculant

Figure 1. Rhizobium inoculation with plant index (siratro) growing in growth pouches.

การคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจน โดยทำการทดลองโดยปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ตาแดงในสภาพไม่มีธาตุไนโตรเจน ในเรือนกระจก โดยวิธี Leonard's jar (Figure 2) ซึ่งสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ดี ผลการทดลอง ดังแสดงใน Tableที่ 3 พบว่าไรโซเบียมทั้งหมด 40 สายพันธุ์ มีแนวโน้มที่ดี มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับถั่วเหลืองตาแดงพันธุ์พื้นเมืองแม่ฮ่องสอน (Figure 2) โดยพบว่าการใส่ไรโซเบียมทั้งหมด 40 สายพันธุ์ ทำให้รากถั่วมีการเกิดปม และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ ในรากถั่ว กับกรรมวิธีไม่ใส่เชื้อ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ สายพันธุ์ที่ 12 ตามด้วยสายพันธุ์ที่ 10 และสายพันธุ์ที่ 1 ซึ่งมีค่าอัตราการตรึงไนโตรเจนเท่ากับ 26.509, 23.570 และ 22.482 ไมโครโมลเอธิลีนต่อกระถางต่อชั่วโมง ตามลำดับ เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมผสมสำหรับถั่วเหลืองพันธุ์ตาแดงเพื่อการทดสอบในสภาพแปลงในพื้นที่เพาะปลูกจริงต่อไป ซึ่งการใช้สายพันธุ์ผสมอาจช่วยลดความเสี่ยงในการติดปมให้กับถั่วเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เนื่องจากในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เชื้อไรโซเบียมที่คัดเลือกได้อาจมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันด้วย (จิระศักดิ์, 2542)

Table 3 Number of nodule, nodules weight, nodules dry weight and nitrogenase activity of soybean (Tadaeng) inoculated with 40 rhizobium strains conducted in sand culture

Rhizobium strain	Number of Nodule	Nodules weight (g/plant)	Nodules dry weight (g/plant)	Nitrogenase activity (µmole C_2H_4/pot/hr)
Control	0	0.00	0.00	0.43
1	89 d*	1.83 f*	0.40 d*	22.48 c*
2	65	1.88 e	0.39 de	10.91
3	81 g	1.91 d	0.41 d	18.01 g
4	85 f	1.96 c	0.40 d	12.93
5	88 de	1.81 fg	0.39 de	7.78
6	64	1.81 fg	0.41d	21.85 d
7	116 a	1.08	0.21	5.12
8	79	2.31 a	0.54 a	20.16 e

Rhizobium strain	Number of Nodule	Nodules weight (g/plant)	Nodules dry weight (g/plant)	Nitrogenase activity (µmole C_2H_4/pot/hr)
9	4	0.02	0.01	0.53
10	57	1.50	0.33	23.57 b
11	89 d	2.10 b	0.48 b	16.37
12	71	1.87 e	0.44 c	26.51 a
13	72	1.93 d	0.44 c	17.82
14	77	1.71	0.38 def	5.47
15	58	1.44	0.28	9.43
16	90 d	1.20	0.40 d	12.41
17	80 gh	1.09	0.25	11.60
18	74	1.29	0.28	14.75
19	79	1.31	0.31	17.79
20	71	1.16	0.26	17.05
21	96 b	1.23	0.30	12.44
22	78	1.17	0.28	13.13
23	84	1.79 g	0.36	15.77
24	74	1.65	0.40 d	12.53
25	93 c	1.62	0.39 de	14.48
26	86 ef	1.72	0.39 de	8.28
27	9	0.96	0.23	16.85
28	50	1.23	0.35	16.39
29	30	1.60	0.29	17.50
30	45	1.40	0.34	12.40
31	46	1.15	0.22	11.13
32	60	1.69	0.40 d	14.27
33	23	1.54	0.37	12.53
34	45	1.32	0.27	14.48
35	80 gh	1.27	0.35	3.28
36	9	0.39	0.23	6.85
37	54	1.54	0.34	10.53
38	36	1.29	0.30	4.48
39	49	1.68	0.38	18.28 f
40	32	0.60	0.22	11.25

* Means of three observations. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different (α= 0.05, Tukey's post hoc multiple mean comparison test).

Figure 2 Selection of *Bradyrhizobium* spp. in soybean (Tadaeng) by Leonard's jar method

สรุป

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในตัวอย่างดินจากพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ. แม่ฮ่องสอน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยวิธี MPN พบว่าตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2559) มีจำนวนประชากรไรโซเบียม 2.52×10^1 เซลล์/มิลลิลิตร และตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูร้อน (เมษายน 2560) มีจำนวนประชากรไรโซเบียมอย่างน้อย 1.28×10^1 เซลล์/มิลลิลิตร ที่สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วเซราโตรได้ เมื่อเปรียบเทียบกับถุงที่ปลูกถั่วอย่างเดียวโดยไม่มีการเติมสารแขวนลอย ตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูหนาวมีจำนวนประชากรไรโซเบียมหนาแน่นกว่าตัวอย่างดินที่เก็บในช่วงฤดูร้อนโดยตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ป่ามีจำนวนประชากรไรโซเบียมมากกว่าตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ทำการเกษตร และการคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนพบว่าเชื้อไรโซเบียมทั้งหมด 40 สายพันธุ์ สามารถทำให้ถั่วเหลืองตาแดง พันธุ์พื้นเมืองแม่ฮ่องสอน มีการติดปม และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูง 3 สายพันธุ์แรก คือ สายพันธุ์ที่ 1 สายพันธุ์ที่ 10 และ สายพันธุ์ที่ 12 ซึ่งมีค่าอัตราการตรึงไนโตรเจนเท่ากับ 22.482 23.570 และ 26.509 ไมโครโมลเอธิลีนต่อกระถางต่อชั่วโมงตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2526. **คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 119 น.

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2542. **ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของเชื้อไรโซเบียม**: เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 24-62.

ศุภกร ชินวรรโณ. 2558. **การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับยุทธศาสตร์การพัฒนา.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 51 หน้า.

หนึ่ง เตียอำรุง. 2554. **แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 251 หน้า.

Boonkerd, N. and R.W. Weaver. 1982. Survival of cowpea rhizobia in soil as effect by soil temperature and moisture. **Applied and Environmental Microbiology** 43 : 585-589.

Broughton, W. J. and M. Dilworth. 1971. Control of leghaemoglobin synthesis in snake beans. **Biochemical Journal** 125: 1075-1080.

Hardy, R.W.F., R.C. Burns and R.D. Holsten. -1973. Application of the acetylene–ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. **Soil Biology and Biochemistry** 5: 47–81.

Leonard, L.T. 1943. A simple assembly for use in the testing of cultures of rhizobia. **Journal of Bacteriology** 45: 523-525.

Somasegaran, P. and H.J. Hoben. 1994. **Handbook for Rhizobia: Methods in Legume-Rhizobium technology.** University of Hawaii, NifTAL project, Paia, Hawaii.

การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในฤดูแล้ง ปี 2559-2560 ในจังหวัดนครราชสีมา

On-Farm Trials for Field Corn Hybrids in Dry Season 2016-2017 in Nakhon Ratchasima Province

สดใส ช่างสลัก[1*] สำราญ ศรีชมพร[1] ชฎามาศ จิตต์เลขา[1] ปวีณา ทองเหลือง[1] วราภรณ์ บุญเกิด[1]
แสงแข น้าวานิช[1] ประพนธ์ บุญรำพรรณ[1] กิตติศักดิ์ ศรีชมพร[1] และ ธัญธิตา ศรีสุระ[2]

Sodsai Changsaluk[1*], Sumran Srichomporn[1], Chadamas Jitlaka,[1] Paweena Thongluang[1],
Waraporn Bunkoed[1],Sangkhae Nawanich[1], Prapon Bunrumphan[1],
Kittisak Srichomporn[1] and Tantita Srisura[2]

บทคัดย่อ

ทดสอบพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสม 32 พันพันธุ์ ในไร่เกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนธันวาคม 2559 ถึง เมษายน 2560 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค จำนวน 3 ซ้ำ วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในจังหวัดนครราชสีมา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วม 13 แปลงปลูก พบว่าพันธุ์ S7328, DK6818, KSX5908, PAC339, KSX5614, KSX5720, P4554, KSX5603, KSX5813, KSX5931, KKK Super, KSX5402, KSX5731, KSX5930 และ NSX052014 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,044 -1,230 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 891 กก./ไร่ ตั้งแต่ 23 – 38 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

On-farm trials for 32 cultivars field corn hybrids in Nakhon Ratchasima province, during December 2016 – April 2017 were tested using RCBD with 3 replications. The objective of this study was yield potential for adaptability on farmer's fields in dry season in Nakhon Rachasima province. The trial composed of 32 entries, across 13 locations. The experimental design was RCBD with 3 replications. The results of combined analysis from 13 locations showed that 'S7328', 'DK6818', 'KSX5908', 'PAC339', 'KSX5614', 'KSX5720', 'P4554', 'KSX5603', 'KSX5813', 'KSX5931', 'KKK Super', 'KSX5402', 'KSX5731', 'KSX5930' and 'NSX052014' gave average yield of 1,044 -1,230 kg./rai which was 23 – 38% higher than 'SW4452' that yielded 891 kg./rai.

Key words: field corn hybrid, on-farm trial, pre-commercial variety
*Corresponding author, email address: ijsssc@ku.ac.th

[1] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320
[1] National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Pakchong, Nakhon Ratchasima 30320
[2] สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
[2] Nakhon Ratchasima Provincial Agricultural Extension Office, Nakhon Ratchasima Province 30000

คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่เคยมีการเพาะปลูกกันอย่างกว้างขวางในแทบทุกภาคของประเทศยกเว้นภาคใต้ ในอดีตเมื่อประมาณ 30 ปีมาแล้วเคยมีพื้นที่เพาะปลูกรวมกันมากกว่า 12 ล้านไร่ แต่ต่อมาพื้นที่เพาะปลูกได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเกษตรกรเปลี่ยนไปเพาะปลูกพืชชนิดอื่นขึ้น (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2555) ในปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกรวมกันอยู่ประมาณ 7 ล้านไร่ โดยในปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูก 7.24 ล้านไร่ มีผลผลิตรวมกันทั้งประเทศ 4.7 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 651 กก./ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เพชรบูรณ์ น่าน นครราชสีมา เลย และตาก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ในปี 2557/58 ความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ดีเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งมีการพัฒนาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องทำให้ได้ผลผลิตข้าวโพดไร่ต่อไร่เพิ่มมากขึ้น การฝึกอบรม การแนะนำและส่งเสริมให้เกษตรกรรู้จักการใช้ปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะการเพิ่มอัตราปลูกร่วมกับการเพิ่มอัตราปุ๋ยมีแนวโน้มให้ข้าวโพดมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2555)

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมเพื่อส่งเสริมเป็นพันธุ์การค้านั้น จะต้องมีการทดสอบเสถียรภาพการให้ผลผลิตสูงในแหล่งปลูกข้าวโพดต่าง ๆ ในสภาพไร่เกษตรกรด้วย เพื่อสามารถใช้แนะนำให้กับเกษตรกร การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีในพื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้งในจังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมก่อนการค้าจากภาครัฐและเอกชน จำนวน 32 พันธุ์ โดยเป็นพันธุ์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) จำนวน 24 พันธุ์ ได้แก่ KSX5402, KSX5603, KSX5614, KSX5720, KSX5731, KSX5801, KSX5802, KSX5807, KSX5810, KSX5812, KSX5813, KSX5814, KSX5901, KSX5903, KSX5905, KSX5908, KSX5911, KSX5914, KSX5930, KSX5931, KSX5937, KESX1603 และ KESX1604 พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ NSX052014, NSX042022 และ NS3 พันธุ์จากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ KKK Super พันธุ์จากบริษัทมอนซานโต้ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ DK6818 จากบริษัทซินเจนทาซีดส์ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ S7328 พันธุ์จากบริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือ PAC339 และพันธุ์จากบริษัท ไพโอเนีย ไฮเบรด (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 1 พันธุ์ คือพันธุ์ P4554 โดยใช้พันธุ์ SW4452 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ (check) ถูกนำไปปลูกในไร่เกษตรกรฤดูแล้ง ระหว่าง เดือนธันวาคม 2559 ถึง เมษายน 2560 ในแปลงเกษตรกร อำเภอครบุรี โชคชัย ปักธงชัย สีคิ้ว สูงเนิน เสิงสาง วังน้ำเขียว และปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 13 แปลง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized complete block design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อยมี 4 แถว แถวยาว 5 เมตร ระยะปลูก 70 x 20 ซม. 1 ต้น/หลุม ใส่ปุ๋ยรองพื้น สูตร 16-20-0 และ 15-15-15 อัตราตามค่าวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่เก็บจากแต่ละแปลง ใช้ประมาณ 30 - 50 กก./ไร่ พร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กก./ไร่ เมื่อข้าวโพดมีอายุประมาณ 30 วัน ควบคุมวัชพืชโดยใช้อาทราซีน อัตรา 400 กรัม/ไร่ พ่นก่อนวัชพืชงอก และกำจัดวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืชเมื่อพบระบาดในข้าวโพดอายุประมาณ 40 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรจาก 2 แถวกลาง ได้แก่ ความสูงต้น (ซม.) ความสูงตำแหน่งฝัก (ซม.) จำนวนต้นที่เก็บเกี่ยว จำนวนต้นหักล้ม จำนวนฝักเก็บเกี่ยว จำนวนฝักเสีย ความชื้นของเมล็ด

เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ (กก./ไร่) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบบ DMRT โดยใช้โปรแกรม Mstat และวิเคราะห์ผลผลิตแบบ Additive Main effect and Multiplicative Interactive (AMMI) โดยเลือกแปลงที่มีความแปรปรวน (coefficient variance) ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมจำนวน 13 แปลงทดลอง ฤดูแล้ง ปี 2559 - 2560 พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของแปลงทดลองเท่ากับ 1,050 กก./ไร่ พันธุ์ S7328, DK6818, KSX5908, PAC339, KSX5614, KSX5720, P4554, KSX5603, KSX5813, KSX5931, KKK Super, KSX5402, KSX5731, KSX5930 และ NSX052014 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,044 -1,230 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 891 กก./ไร่ ตั้งแต่ 23 – 38 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

สำหรับลักษณะทางการเกษตร พบว่าข้าวโพดพันธุ์ต่าง ๆ มีความสูงต้น ความสูงฝัก จำนวนต้นเก็บเกี่ยวและจำนวนฝักเก็บเกี่ยวมี ต้นหักล้มและฝักเสีย ความชื้นเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

ผลการทดลองนี้ได้ผลในทำนองเดียวกับสดใส และคณะ (2559) ซึ่งรายงานว่า พันธุ์ปรับปรุงใหม่ KSX5821, KSX5614, KSX5809 และ KSX5402 ที่ให้ผลผลิตระหว่าง 1,658 - 1,920 กก./ไร่ สูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิต 1,354 กก./ไร่ ตั้งแต่ 22 - 35 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเฉลี่ยของแปลงทดลอง 1,522 กก./ไร่ พันธุ์ KSX5824 มีเสถียรภาพดีที่สุด และพันธุ์ ST6144 ปรับตัวได้ดีมีเสถียรภาพดีและให้ผลผลิตสูงด้วย

จากการวิเคราะห์ผลผลิตแบบ Additive Main effect and Multiplicative Interactive (AMMI) 9 แปลงปลูกของฤดูแล้ง ปี 2559 โดยเลือกแปลงที่มีความแปรปรวน (coefficient variance) ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ มาวิเคราะห์ และกำหนดสัญลักษณ์ตัวอักษร A°...M° แทนด้วยปลูกแปลงที่ 1 - 9 และกำหนดสัญลักษณ์ตัวเลข 1° - 32° แทนพันธุ์ที่ทดลองพันธุ์ที่ 1 - 32 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยของแปลงทดลอง (1,088 กก./ไร่) คือพันธุ์ที่อยู่ด้านขวาของเส้น principle component ที่ 1 (เส้นแนวตั้ง) และพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดี (stability) คือพันธุ์ที่อยู่ชิดกับเส้น principle component ที่ 2 (เส้นแนวนอน) และอยู่ห่างจากจุดตัดมากที่สุด โดยพันธุ์ S7328 (28°) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดถึง 1,230 กก./ไร่ และมีเสถียรภาพดีด้วย และพันธุ์ KSX5908 (16°) KSX5931 (20°) KSX5614 (3°) Pac339 (29°), KSX5720 (4°), KSX5813 (11°), KSX5807 (8°), KSX5603 (2°), P4554 (30°), KSX5901 (15°) และ KSX5402 (1°) เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพดีและให้ผลผลิตสูงรองลงมาตามลำดับ (Figure 1) ดังนั้นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพของพันธุ์ดีและให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงด้วย คือพันธุ์ KSX5614 (3°), KSX5931 (20°), KSX5908 (16°), KSX5720 (4°), KSX5813 (11°), KSX5603 (2°), KSX5807 (8°), KSX5930 (19°) และ KSX5402 (1°) : ซึ่งให้ผลผลิตสูงไม่แตกต่างกับพันธุ์การค้าของภาคเอกชน (Figure 1)

ในแต่ละพื้นที่ปลูกมีพันธุ์ที่เหมาะสม ดังนี้ พันธุ์ S7328 (28°) และ DK6818 (27°) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกข้าวโพดทุกแปลง โดยเฉพาะอำเภอสีคิ้วที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครราชสีมา (A° และ B°) อำเภอครบุรี ที่บ้านหนองรังแปลงที่ 2 (K°) อำเภอปากช่อง ที่บ้านสายชนวน (J°), ไร่สุวรรณทั้ง 2 แปลง (M° และ L°), สำหรับพันธุ์ KSX5614 (3°), KSX5702 (8°) และ KSX5901 (15°) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกเขตอำเภอปากช่อง ที่บ้านสายชนวน (J°) ไร่สุวรรณแปลงที่ 1 (M°) และแปลงที่ 2 (L°) อำเภอสูงเนินที่บ้านน้อยกุดคล้าแปลงที่ 2 (D°) (Figure 2)

Table 1 Combined data analysis of grain yield and agronomic characters of field corn hybrids trial from 13 locations in Nakhon Ratchasima province in dry season 2016 - 2017.

Entry	Variety	Plant ht.	Ear ht.	Plant harvested		Ear harvested		Moisture	Shelling	Grain yield		Rel. to
		cm	cm	Stand	Lodging (%)	Total	Rotten (%)	%	%	kg/rai		check (%)
28	S7328	205.5	118.3	50.3	9.1	48.2	13.1	25.5	79.0	1230	a[1/]	138
27	DK6818	213.8	113.3	50.6	14.4	50.1	9.1	25.2	81.9	1224	ab	137
16	KSX5908	214.0	117.4	52.7	10.2	47.3	13.1	26.7	83.3	1189	abc	133
29	PAC339	197.3	105.0	51.6	10.3	44.0	9.9	25.8	85.0	1161	a-d	130
3	KSX5614	213.0	118.2	50.7	8.2	43.7	10.5	25.3	83.6	1144	a-e	128
4	KSX5720	219.3	121.3	50.4	9.2	44.4	16.0	25.9	82.4	1132	a-e	127
30	P4554	211.3	109.4	48.1	8.5	45.2	10.8	25.2	82.6	1125	a-f	126
2	KSX5603	215.4	117.1	50.0	10.5	42.7	17.8	24.0	86.5	1096	a-g	123
11	KSX5813	208.8	116.9	51.4	14.5	44.4	17.9	25.6	82.1	1083	b-h	122
20	KSX5931	213.3	114.8	49.2	9.9	42.8	14.9	23.5	85.1	1078	c-h	121
26	KKK Super	201.8	114.8	49.8	18.4	46.0	12.6	25.0	81.3	1076	c-h	121
1	KSX5402	215.0	123.4	50.3	12.1	41.5	21.3	26.4	80.0	1059	c-i	119
5	KSX5731	210.3	114.7	50.1	13.5	44.2	14.6	23.9	79.8	1059	c-i	119
19	KSX5930	221.8	120.8	50.8	13.6	43.9	15.0	22.6	85.0	1054	c-i	118
24	NSX052014	203.1	106.2	51.3	17.6	47.2	12.5	21.8	81.6	1044	d-i	117
10	KSX5812	210.4	119.2	51.5	15.3	45.2	18.3	26.5	80.8	1030	d-j	116
18	KSX5911	226.3	120.9	51.7	14.0	45.5	12.3	26.2	84.7	1028	d-j	115
31	NS3	206.8	112.9	50.7	10.3	47.2	11.4	24.2	81.9	1028	d-j	115
9	KSX5810	224.0	127.1	50.3	15.9	43.1	17.4	26.0	81.3	1022	d-j	115
15	KSX5901	222.4	111.8	48.4	16.5	42.7	19.7	25.9	82.7	1012	e-j	114
8	KSX5807	214.3	114.8	49.8	10.6	41.3	17.6	25.7	81.0	1007	e-j	113
17	KSX5914	206.6	120.6	47.5	13.3	41.7	16.7	24.3	86.4	1003	e-j	113
7	KSX5802	213.2	118.1	50.3	10.1	42.7	22.8	24.2	82.7	982	f-j	110
12	KSX5814	214.8	124.0	47.9	16.2	40.8	18.5	26.1	80.1	978	g-j	110
25	NSX042022	194.4	109.2	47.0	15.9	44.4	12.0	23.8	80.6	965	g-j	108
23	KESX1604	202.8	115.8	48.7	17.5	43.3	12.3	24.6	81.1	963	g-j	108
13	KSX5903	233.0	129.4	49.9	17.5	39.9	17.1	26.0	80.8	959	g-j	108
21	KSX5937	212.8	118.8	48.0	16.5	39.9	19.7	26.4	81.1	946	h-k	106
6	KSX5801	210.7	122.3	49.8	12.4	41.5	19.1	25.2	79.8	944	h-k	106
22	KESX1603	201.9	115.0	48.9	16.0	41.1	11.7	24.3	82.8	922	ijk	103
32	SW 4452	201.4	117.0	48.2	16.4	40.5	13.6	26.0	79.8	891	jk	100
14	KSX5905	222.5	115.8	50.4	10.4	39.1	21.2	24.5	81.2	810	k	91
	Average	212	117	49.9	13.3	43.6	15.3	25.1	82.1	1,050		
	C.V.(%)	9.3	12.1	10.9	133.8	15.3	93.4	12.2	5.3	23.7		
	F - test	**	**	**	*	**	**	**	**	**		
	LSD 0.05	8.8	6.3	2.4	7.9	2.9	6.4	1.4	1.9	109		
	LSD 0.01	11.6	8.3	3.2	-	3.9	8.4	1.7	2.5	144		

[1/] Mean followed by a common letter are not significantly different at 0.05 probability level by DMRT

*, ** = Significant at the 0.05 and 0.01 proability level, respectively ns = non significant

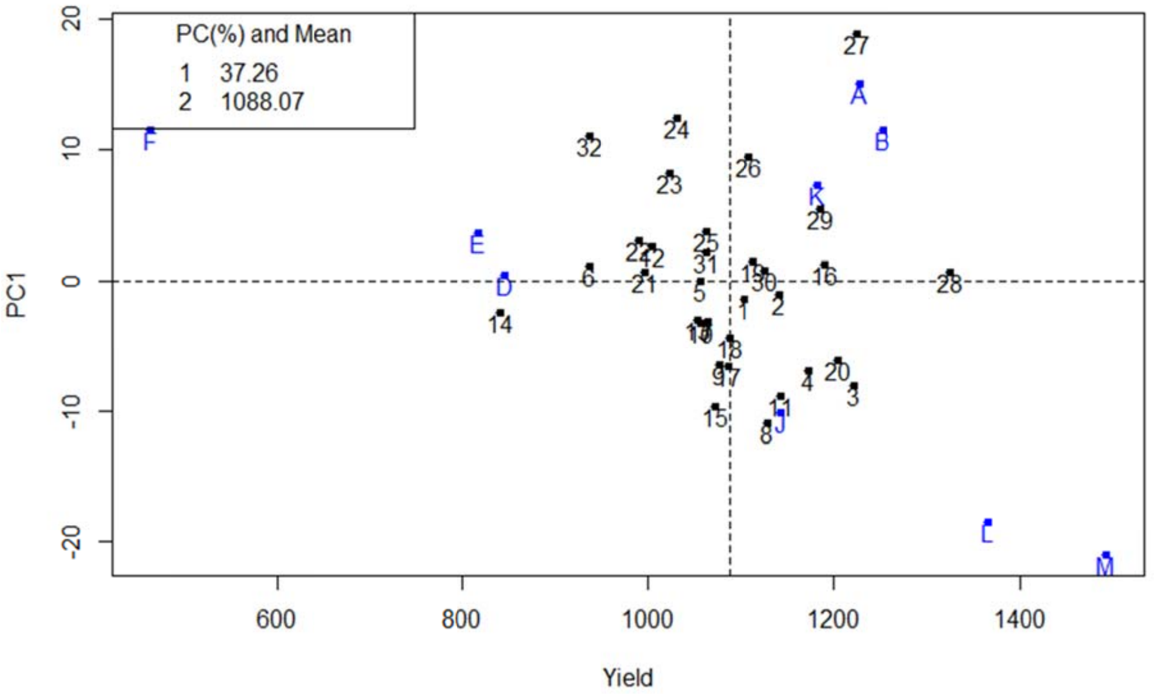


Figure 1 GE biplot of AMMI 1 in dry season in 2016 - 2017D

Remark: Letter (A° - M°) is location, and number (1° - 32°) is variety

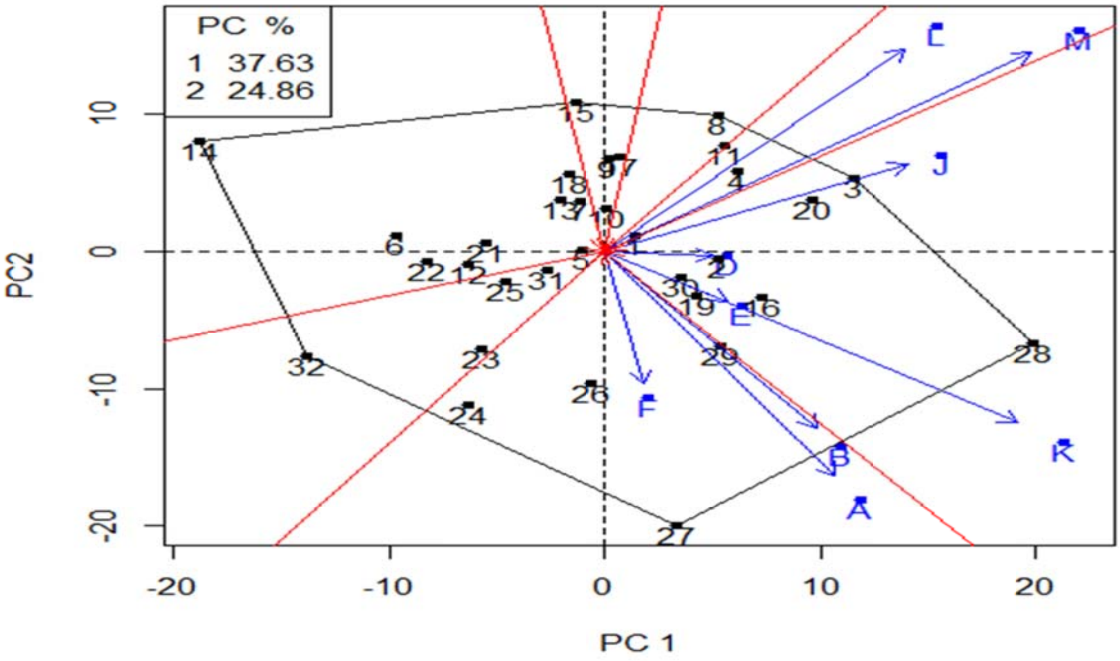


Figure 2 GE biplot of AMMI 2 in dry season in 2016 - 2017D

Remark: Letter (A°-M°) is location and number (1° - 32°) is variety

สรุป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน จำนวน 13 แปลง พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของแปลงทดลองเท่ากับ 1,050 กก./ไร่ พันธุ์ S7328,DK6818, KSX5908, PAC339, KSX5614, KSX5720, P4554, KSX5603, KSX5813, KSX5931, KKK Super, KSX5402, KSX5731, KSX5930 และ NSX052014 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,044 – 1,230 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าพันธุ์ SW4452 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 891 กก./ไร่ 17 - 38 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตลอดจนเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยให้สำเร็จด้วยดีเสมอมา

ขอบคุณหน่วยงานวิจัยร่วม คือ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ กรมวิชาการเกษตร บริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วสจำกัด บริษัทมอนซานโต้ (ประเทศไทย) จำกัด บริษัทซินเจนทาซีดส์ บริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์จำกัด และบริษัทไพโอเนีย (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล พาโชค พงษ์พานิช และ สรรเสริญ จำปาทอง. 2555. สามทศวรรษของธุรกิจเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ลูกผสมในประเทศไทย. **แก่นเกษตร.** 40 (4): 16-30.

สดใส ช่างสลัก, ชฎามาศ จิตต์เลขา, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ ปวีณา ทองเหลือง, วราภรณ์ บุญเกิด, สุริพัฒน์ ไทยเทศ สำราญ ศรีชมพร, กิตติศักดิ์ ศรีชมพร และ สมชัย ลิ่มอรุณ. 2559. การทดสอบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมก่อนการค้าในไร่เกษตรกรจังหวัดตากและนครสวรรค์. น. 454-462. *ใน* **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54** สาขาพืช วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. น.16-21. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2558. **สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.** แหล่งที่มา: www.oae.go.th/bapp/main.php?filename=schedule_outlook2011, 23 ตุลาคม 2558.

Anthocyanin Extraction and Preliminary Result of Oral Administration and Evaluation of Anthocyanin Toxicity in Silkworm (*Bombyx mori*)

Kitikajorn Phinpo[1], Amornrat Promboon[1], Wannarat Pornsiriwong[1] and Ratree Wongpanya[1*]

ABSTRACT

Anthocyanin found in various food plants including blueberry, raspberry, blackberry and mulberry. The objective of this study is to develop the anthocyanin extract methodology for mulberry fruit and evaluate its toxicity in silkworm. The extraction solvents were firstly optimized using various hydrochloric acid concentrations. Then, incubation time was elucidated. The result showed that 1.08%HCl in 80%ethanol and 6 hours incubation could extract high amount of the anthocyanin. Moreover, light exposure could affect the extraction by decreasing the amount of the anthocyanin. At the optimum condition, the total anthocyanins, calculated as cyanidin 3-glucoside, could be extracted in a concentration of 2.99055±0.08686 mg/g. To evaluate oral administration and anthocyanin toxicity in silkworms, silk larvae were fed by anthocyanin coated mulberry leave. The result showed that the larva can have anthocyanin coated mulberry leave and the compound was not toxic to the silkworm. These preliminary results can be suggested that anthocyanin can be used as a functional food in silkworm for further development of their innate immunity.

Key words: anthocyanins, mulberry, cyanindin-3-glucoside, *Bombyx mori*

* Corresponding author; e-mail address: fscirtw@ku.ac.th

[1]Department of Biochemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 1090

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus alba*.) tree has widely distributed in Asia including Cambodia, China, Japan, Korea, and Thailand. All parts of this plant have been recognized as economically valuable including the leaves, roots, and fruits. The mulberry was used as an edible fruit and traditional medicine for a long time. Moreover, the mulberry fruit has a great variety of healthy compounds containing fatty acids, amino acids, vitamins, minerals and bioactive compounds, including polysaccharides, chlorogenic acid, rutin, quercetin and especially anthocyanins. The content of the healthy compounds depends on the cultivars and maturity stages of *Morus alba*. Furthermore, the extracts and active components of mulberry fruit, especially anthocyanins, water-soluble flavonoid pigments in plant, are widely used as one of the natural pigments (Ma *et al*., 2016). Anthocyanin was demonstrated to have numerous biological activities such as antioxidant properties, neuroprotective, anti-atherosclerosis, immune-modulative, anti-tumor, anti-hyperglycemic, hypolipidemic activities in a number of in vitro and in vivo studies (Yuan and Zhao, 2017).

Normally, mulberry leaves were used for silkworm feeding. In contrast, mulberry fruits which have a lot of beneficial effects couldn't use for silkworm feeding. Then, anthocyanin was used as anti-viral in future work. The present study, anthocyanins extraction method for mulberry fruits was attempted to optimize. In addition, toxicity level of anthocyanins in *Bombyx mori* larvae feeding was also determined.

MATERIALS AND METHODS

1. Plant materials and silkworm rearing

Mulberry fruits, *Morus alba* is a new cultivar for fruit production were collected from Kamphaeng Saen campus, Kasetsart University and kept at -20° C until used. Silkworm, *Bombyx mori*, larvae were reared with fresh mulberry leaves in rearing house with 12 h light and 12 h dark, at 25 ± 1°C and 70–85% relative humidity. The 5^{th} larva stage was used for further experiments.

2. Anthocyanin extractions

Mulberry fruits were lyophilized using vacuum freeze dryer machine. Then, the dried mulberry fruits were ground into a powder and stored at -20 °C until further anthocyanin extraction experiments. For optimization, various conditions were adopted for anthocyanin extraction as follow: firstly, 0.2 mg of the mulberry fruit powder was dissolved with 300 mL of 0.36, 0.72 or 1.08%HCl in 80% ethanol (Wang *et al*., 2016). Moreover, for observation of effect of light exposure, the sample was separated into two groups, light incubated group and dark incubated group, respectively. After 30 minutes sonication, the samples were incubated for overnight at room temperature. After 24 hours incubation, 200 µl of

chloroform and 250 µl of distill water were added to the samples. Further, the mixtures were centrifuged at 14,000 rpm for 5 min following by supernatant collection and nitrogen drying for 1 hour at room temperature. Then, one milliliter of the distilled water was added and concentration determination was carried out using spectrophotometer. Also, cyanidin-3-glucoside was calculated using pH differential equation (Lee *et al*., 2005).

Furthermore, for optimization of incubation time, 0.2 mg of the mulberry fruit powders in 300 mL 1.00%HCl in 80% ethanol were sonicated for 30 minutes with aluminum foil wrapping to avoid light exposure. After incubation for 1, 3, 6, 12 or 24 hours, 200µl of chloroform and 250 µl distill water were added. The samples were then centrifuged at 14,000 rpm for 5 min and then the supernatant was collected and dried by nitrogen drying for 1 hour at room temperature (Chang *et al*., 2005). One milliliter of the distill water was added and then the dissolved extract was kept for concentration determination using spectrophotometer and cyanidin-3-glucoside was calculated.

3. Determination of total anthocyanin content

A pH-differential method (Lee *et al*., 2005) was adopted for total anthocyanin content determination. Briefly, the extracts were weighed and dissolved in distilled water; 1 mL of the sample was mixed with 9 mL of potassium chloride pH = 1.0) and 9 mL of sodium acetate (pH = 4.5), then incubated with aluminum foil wrapping for 20 min at room temperature. Then, the absorbance of the mixtures was measured at 320 and 700 nm. The total anthocyanin content, expressed as milligram cyanidin-3-glucoside equivalents per liter, was calculated as follows

$$\text{Anthocyanins content (mg/l)} = \Delta A \times MW \times DF \times 1000 / \varepsilon \times l$$

Where $\Delta A = (A_{320} - A_{700})\ \text{pH}1.0 - (A_{320} - A_{700})\ \text{pH}4.5$, MW is the molecular weight of cyanidin-3-glucoside (449.2), DF is the dilution factor, ε is the molar absorptivity (26900), and l is cell path length (usually 1 cm).

4. Evaluation of oral administration and anthocyanin toxicity

For preliminary administration observation, fresh mulberry leaves were cut into 1 cm×1 cm pieces and coated with anthocyanin extract. Day 3 of the 5^{th} larvae, it would be starved for 12 hours and separated into 3 groups before the anthocyanin coated mulberry leaves feeding. For the anthocyanin coated mulberry leaves feeding group and distilled water coated leaves, 20 larvae per group were used. For control group, fresh mulberry leaves were used for 20 larva individual feeding.

To evaluate toxicity of anthocyanin in silkworm, 100 larvae of 5^{th} larvae were separated into 4 groups. Each larva groups were fed with 0 mg/L (control), 0.25 mg/L, 0.5 mg/L and 1 mg/L anthocyanin,

respectively. Then, mortality rate of silkworm larvae was observed until all larva became a pupa. The mortality rate was calculated as the following equation:

$$\text{Motility rate} = (S_{ini} - S_{fin}) / S_{ini} \times 100$$

With: S_{ini} = Number of larvae alive at the beginning of the instar and S_{fin} = Number of larvae alive at the end of the instar.

5. Statistical analysis

Results were expressed as mean standard deviation obtained. Significance was accepted at $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Effects of different extraction solvent on anthocyanin content.

Various solvent has been used for extraction of polyphenols, anthocyanin from mulberry fruits. Extraction yield depended on the solvent and the method of extraction. Furthermore, ethanol was used because of the good solubility of anthocyanins in polar solvents and lower toxic for insect model. In this studied, the acids were added to increase its stability (Parisa *et al.*, 2007). The result showed that the mulberry fruits were extracted in 1.08%HCl, 0.72%HCl and 0.36%HCl in 80% ethanol solvents its showed the concentration of anthocyanins, 10.90772± 0.90340 mg/g, 8.18285±0.80460 mg/g and 8.89345±0.19921 mg/g, respectively. In contrast, the extraction samples exposed the light showed lower anthocyanin concentration (8.00074±0.63551 mg/g, 6.01052±0.80636 mg/g and 6.90323±0.44573 mg/g. in 1.08%HCl, 0.72%HCl and 0.36%HCl, respectively (figure 1). In previous study, after exposure to fluorescence light for 10 h at room temperature, the total anthocyanin content decreased significantly. The longer the extract exposure to light (12 hours), the lower both the anthocyanin content and antioxidant activity (Bononi and Tateo, 2007). The result suggested that the mulberry fruits was best extracted with 1.08%HCl in 80% ethanol, in darkness comparison with 0.36%HCl in 80% ethanol and 0.72%HCl in 80% ethanol.

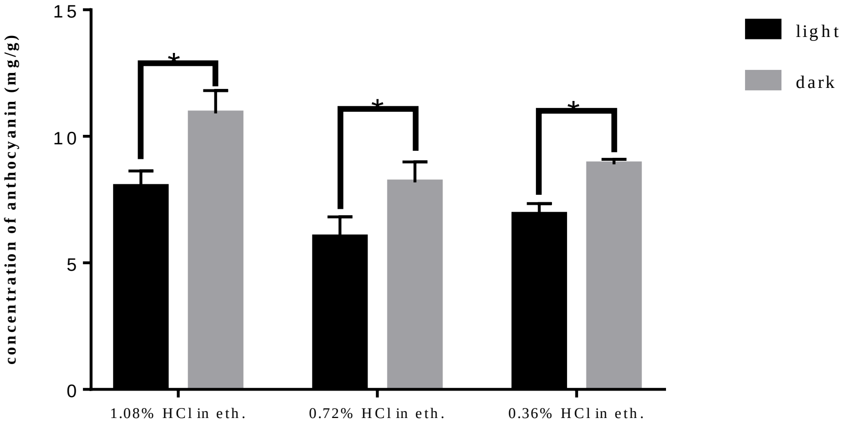


Figure 1 Anthocyanin content in mulberry fruits with different acidic condition for MAs extraction

To confirm the effect of solvent extraction (0.36%HCl in 80% ethanol and 1%HCl in 80% ethanol) on anthocyanin content, the extractions were examined. The result showed that the samples were extracted lower with 0.36%HCl in 80%ethanol, 14.92918±1.21322 mg/g and 1%HCl in 80%ethanol solvent produced the highest of total cyanidin-3-glucoside, 25.36859±1.17749 mg/g in freeze-dried samples. Certainly, in an acidic condition, anthocyanidins such as cyanidin is highly soluble in water due to the formation of flavylium cation which appears as red (Khoo *et al.*, 2017)

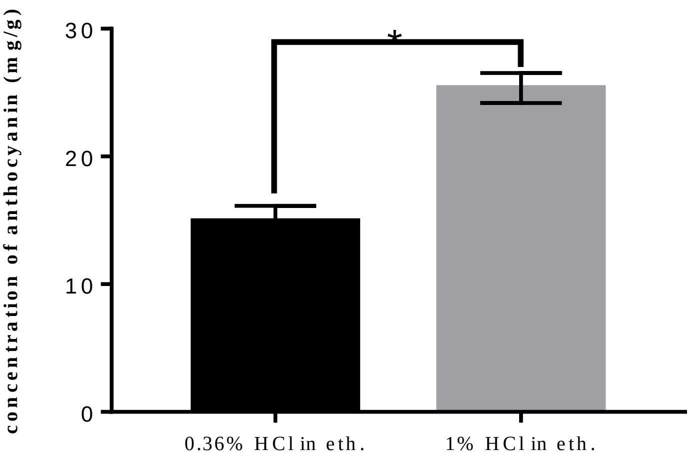


Figure 2 Anthocyanin content in mulberry fruits after concentration of HCl

The effect of incubation times on the yield of anthocyanin as shown in Figure 3. The result showed that the incubation times, 1 hour and 3 hours induced increasing of anthocyanin (1.00149±0.15046 mg/g, 1.65524±0.25497 mg/g). Then, the highest yield of anthocyanin was obtained 2.99055±0.08686 mg/g after 6 hours incubation. However, long incubation time effected to lower anthocyanin content. Generally, high total phenolic content extraction yield was obtained using aqueous acetone (about 40%) as solvent and the extraction yield could further be increased using a

prolonged time of 270 min (Tan *et al.*,2013). Decreasing of the anthocyanin content, 1.65524±0.25497 mg/g. and 2.19771±0.13414 mg/g were observed after 12 hours and, 24 hours incubation.

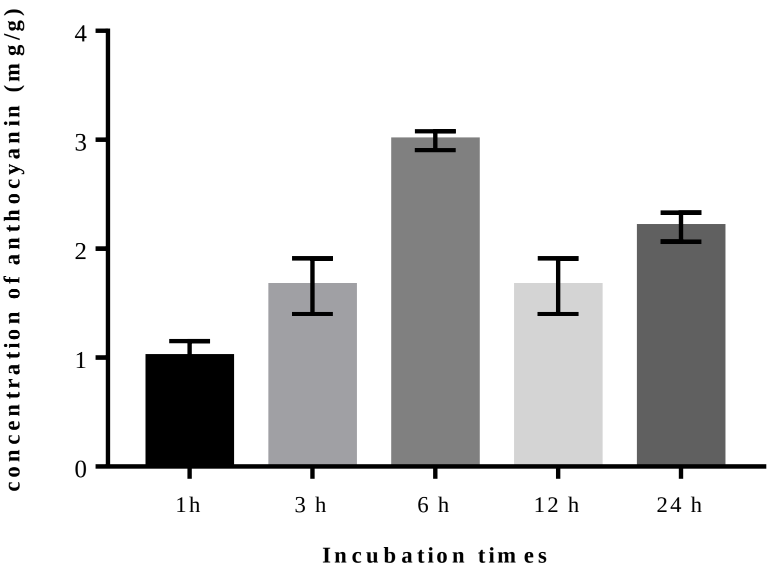


Figure 3 Anthocyanin content in mulberry fruits with different incubation times

2. **Toxicity of anthocyanin in larvae of *Bombyx mori***

After 1 hour of anthocyanins coated leaves administration, silkworm larvae ate all of anthocyanin coated mulberry leaves as shown in Figure 4 and the larvae could develop a metamorphosis from larval stages to moth in 72 hours. The result suggested that the extract could be used to feed *B. mori* larvae and it was not toxic to the silkworm. Mortality rate of silkworm larvae were no significantly different (93.75%, 86.67%, 97.78%, 84.44%) in 0 mg/ml, 0.25 mg/ml, 0.50 mg/ml and 1.00 mg/ml concentration of anthocyanin. Toxicity of anthocyanin was demonstrated in Syrian hamsters, *Mesocricetus auratus* .(Peng *et al.*, 2011). They found that mulberry water extract showed both anti-obesity effects and safety *in vivo*.

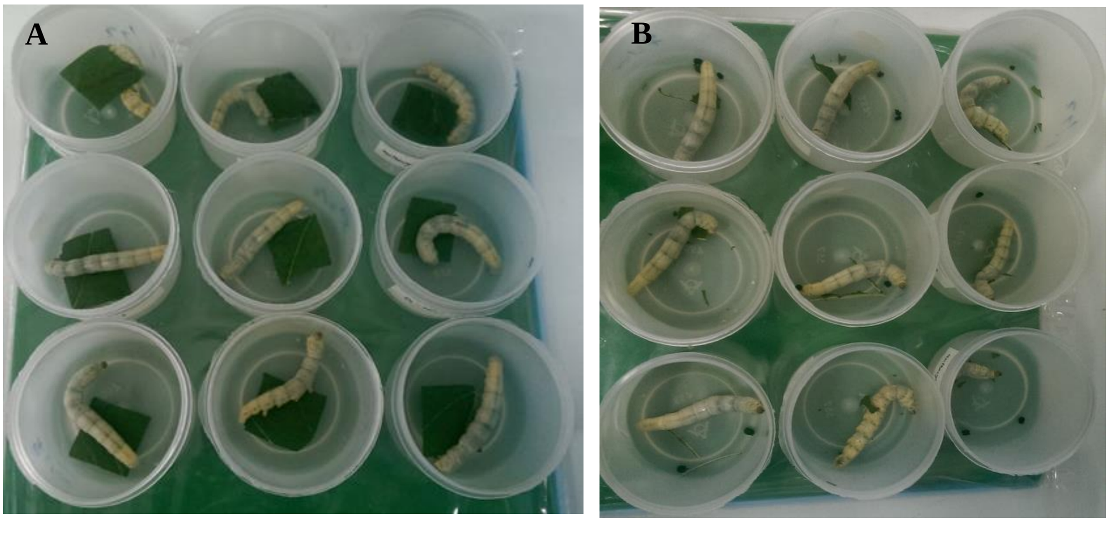


Figure 4 Anthocyanins administration of fifth instar larva of silkworm *B. mori*. Silkworms were reared on the anthocyanins coating mulberry leaves, distill water coating leaves and mulberry leaves as control, A. after a half hour as figure B. (top) The larvae were fed with 200 µl of anthocyanins coating mulberry leaf, (middle) The larvae were fed with 200 µl of distilled water coating mulberry leaf, (bottom) The larvae were fed with mulberry leaf.

CONCLUSION

Anthocyanins are very useful in various fields. This study provides information about the importance of the determination of anthocyanins in mulberry fruit for silkworm administration. Accurately determining the amounts of them is of great importance. The most important advantage of using the experimental design in this study is the evaluation of effects of several factors on extraction conditions. Mulberry fruit extract contains amounts of anthocyanin which decreased after light exposure for 12 h. In order to obtain the best quality of mulberry fruit extract, all processes should be performed at a room and should be kept in a light-resistant container. Moreover, appropriate incubation time was 6 hours. Solvent for extraction method should be 1% hydrochloric acid in 80%ethanol for 6 hours.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Jun Kobayashi, professor Department of Biological & Environmental Sciences Faculty of Agriculture Yamaguchi University for advised and supported.

REFERENCES

Bononi, M. and F. Tateo. 2007. Stabilization of cranberry anthocyanins in nutraceutical capsules. **Int J Food Sci Nutr**. 58: 142-149.

Chang, Y.C., H.P. Huang, J.D. Hsu, S.F. Yang and C.J. Wang. 2005. Hibiscus anthocyanins rich extract-induced apoptotic cell death in human promyelocytic leukemia cells. **Toxicol Appl Pharmacol**. 205: 201-212.

Khoo, H.E., A. Azlan, S.T. Tang and S.M. Lim. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. **Food Nutr Res**. 61: 1361779.

Lee, J., R.W. Durst and R.E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **J AOAC Int**. 88: 1269-1278.

Ma, T., N. Hu, C. Ding, Q. Zhang, W. Li, Y. Suo, H. Wang, B. Bai and C. Ding. 2016. In vitro and in vivo biological activities of anthocyanins from *Nitraria tangutorun* Bobr. Fruits. **Food Chem**. 194: 296-303.

Parisa, S., H. Reza, G. Elham and J. Rashid. 2007. Effect of heating, uv irradiation and ph on stability of the anthocyanin copigment complex. **Pak J Biol Sci**. 10: 267-272.

Pel, P., H.-S. Chae, P. Nhoek, Y.-M. Kim and Y.-W. Chin. 2017. Chemical constituents with proprotein convertase subtilisin/kexin type 9 mrna expression inhibitory activity from dried immature *Morus alba* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 65: 5316-5321.

Peng, C.H., L.K. Liu, C.M. Chuang, C.C. Chyau, C.N. Huang and C.J. Wang. 2011. Mulberry water extracts possess an anti-obesity effect and ability to inhibit hepatic lipogenesis and promote lipolysis. **J Agric Food Chem**. 59: 2663-2671.

Tan, M. C., Tan, C. P. and Ho, C. W. 2013. Effects of extraction solvent system, time and temperature on total phenolic content of henna (*Lawsonia inermis*) stems. **International Food Research Journal**. 20(6): 3117-3123.

Wang, Y., J. Zhu, X. Meng, S. Liu, J. Mu and C. Ning. 2016. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of lonicera caerulea berry extracts. **Food Chem**. 197: 522-529.

Yuan, Q. and L. Zhao. 2017. The mulberry (*Morus alba* L.) fruit- a review of characteristic components and health benefits. **J Agric Food Chem**. 65: 10383-10394.

อิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 อายุ 7 ปี ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิต

Effects of Crop Spacing on Growth and Yield of 7 Years Old 'Suratthani 2' Oil Palm Grown in Rangsit Soil Series

สุกนต์ธี แดงนุ้ย[1*] สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์[1] เฉลิมพล ภูมิไชย์[1] ธานี ศรีวงศ์ชัย[1] เอ็จ สโรบล[1] และ เยาวมาลย์ เขียวสอาด[1]

Sugontee Daengnui[1*], Sarawut Rungmekarat[1],Chalermpol Phumichai[1],Tanee Sreewongchai[1],Ed Sarobol[1] and Yaowarmarn Keawsaard[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 อายุ 7 ปี ที่ระยะปลูกต่างกัน ทำการทดลองในพื้นที่ ต.หนองหมู อ.วิหารแดง จ.สระบุรี (14°15'40.6"N 100°54'23.6"E) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ระยะปลูก 4 ระยะได้แก่ 7 x 8.8 x 8.8, 9 x 9 x 9, 11 x 10 x 10 และ 13 x 11 x 11 เมตร ผลการทดลอง พบว่า ระยะปลูกมีผลต่อ ความยาวทางใบ ความสูงเพิ่มของลำต้นต่อปี ดัชนีพื้นที่ใบ และผลผลิตต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีค่าสูงที่สุด และระยะปลูก 13 x 11 x 11 เมตร ให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นต่อปีสูงที่สุด อย่างไรก็ตามปาล์มน้ำมันในทุกระยะปลูก มีความสูงต้นของลำต้นเฉลี่ย พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ จำนวนทางใบเพิ่มต่อปี สัดส่วนช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกทั้งหมด (sex ratio) จำนวนทะลายที่เก็บเกี่ยวได้ต่อปีและน้ำหนักเฉลี่ยต่อทะลาย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the effects of different spacings on growth and yield of 7-year-old 'Suratthani 2' oil palm at Kasetsart University oil palm test field in Nong Mu Sub-district, Wihan Daeng District, Saraburi Province (14°15'40.6"N 100°54'23.6"E) within acidic soil condition (Rangsit Soil series). Four different spacings (7 x 8.8 x 8.8 , 9 x 9 x 9 , 11 x 10 x 10 and 13 x 11 x 11) were set up in a randomized complete block design with four replications. The results showed that at plant spacing 7 x 8.8 x 8.8 , the values of rachis length, height increment, leaf area index, and fresh fruit bunch yield per rai of oil palm were significantly higher than those less dense spacings. Spacing of 13 x 11 x 11 m. had the highest bunch yield per plant per year. However, frond increment, leaf area, front dry weight, bunch weight, bunch number and sex ratio were not significantly different among those four plant spacings.

Key Words: oil palm, spacing, growth, yield, Rangsit Soil Series

* Corresponding author; e-mail address: **sugontee_mos@hotmail.com**

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agricultural, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis quineensis* Jacq.) จัดอยู่ในตระกูล ปาล์ม (Palmae หรือ Arecaceae) สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มีฝนตกชุก ปริมาณแสงแดดมาก ให้ผลผลิต ทะลายสดได้ตลอดทั้งปี (ธีระ, 2548) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชอุตสาหกรรมทางเศรษฐกิจที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ และมีความสำคัญในระดับประเทศและระดับโลก ปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมันปาล์มมีมากขึ้นเนื่องจากความต้องการด้านอาหารและด้านพลังงานทดแทน โดยในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณ 60.50 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 58.54 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2558 หรือร้อยละ 3.34 โดยมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วประเทศ 3.1 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ในปี พ.ศ. 2547 รัฐบาลได้ประกาศขยายพื้นที่ ปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ 10 ล้านไร่ ภายใน 25 ปี (พ.ศ. 2547- 2572) เพื่อใช้น้ำมันปาล์มเป็นไบโอดีเซล เกษตรกรจึงหันมาปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนไม่มีที่ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันได้เพียงพอ จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปในดินที่มีปัญหาด้านเกษตรกรรม เช่น ดิน มีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด (สมเจตน์, 2538) เช่นเดียวกับพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ ตำบลหนองหมู อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี ที่ดินดังกล่าวเดิมเป็นสวนส้มร้างเป็นชุดดินรังสิตมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.0-5.0) (กรมพัฒนาที่ดิน 2560) เหมาะสมแก่การปลูกพืชบางชนิดเท่านั้น ซึ่งปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สามารถทนทานต่อสภาพดินที่มีความเป็นกรดได้ถึงระดับ pH ต่ำกว่า 4 เล็กน้อย แต่ต้องรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่เหนือกว่าชั้นแร่ต้นกำเนิดดินกรด (Corley and Tinker, 2003) และมีการเขตกรรมที่ดี เช่น การปรับปรุงดินตามค่าวิเคราะห์ดินทุกปีปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคกลาง จะให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรได้คุ้มทุน (นงคราญ และคณะ, 2552)

การวางแนวทางวิจัยเรื่องระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับสำหรับพื้นที่สวนส้มร้างทุ่งรังสิตซึ่งระยะปลูกเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่นอกเหนือจากพันธุ์จะช่วยลดต้นทุนและทำให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าในระยะยาว การทดลองครั้งนี้ใช้ปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ซึ่งเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ลักษณะเด่นคือ ทนต่อสภาพอากาศแห้งแล้ง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในประเทศไทยได้ดี ให้ผลผลิตสม่ำเสมอแม้ปลูกในพื้นที่ไม่เหมาะสม มีทรงพุ่มปานกลางมีความยาวทางใบเพิ่มขึ้นปีละ 0.5 เมตร (ทางใบทำมุมกับลำต้นมากกว่า 45 องศาแต่น้อยกว่า 90 องศา) โดยทางใบที่ 1 มีความยาว 4.3 และ 5.7 เมตรเมื่ออายุ 5 ปี และ 9 ปี ตามลำดับ และกรมวิชาการแนะนำให้ปลูกระยะ 9 x 9 x 9 เมตร ในเขตพื้นที่ภาคใต้ (อรรัตน์ และ ศิริชัย, 2547)

พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกใหม่ยังไม่มีการศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสม ภาควิชาพืชไร่นาจึงทำการทดลองศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวที่มีระบบชลประทานโดยใช้น้ำจากคลองระพีพัฒน์ ทำให้มีน้ำสมบูรณ์ตลอดทั้งปี ซึ่งในระยะแรกปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตได้ดีมาก แต่เมื่ออายุมากกว่า 5 ปี เริ่มพบปัญหาสำหรับบางระยะปลูก คือ การเอนของต้นปาล์มน้ำมันเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีน้ำตลอดปีทำให้ดินนิ่มประกอบกับปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocot) และต้นปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งระบบรากของปาล์มเป็นรากฝอยและรากค่อนข้างตื้น การยึดเกาะของรากไม่มั่นคง ส่งผลให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันลดลง (เอ็จ, 2553) จึงควรมีการวางแนวทางวิจัยเรื่องระยะปลูก เพื่อการจัดการแปลงปาล์มน้ำมันที่มีประสิทธิภาพสำหรับพื้นที่ร่องสวนส้มเดิม แต่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวนานข้อมูลดังกล่าวจึงใช้

เป็นที่ข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาระยะปลูกที่เหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวและควรมีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องอย่างน้อย 15 ปี

อุปกรณ์และวิธีการ

สมบัติทางเคมีของดิน

ลักษณะเนื้อดินในพื้นที่วิจัยเป็นเนื้อดินเหนียว มีค่าปฏิกิริยาดินหรือค่า pH 3.7 จัดอยู่ในระดับความเป็นกรดรุนแรงมาก ดินมีความต้องการปูน 3,092 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงร้อยละ 4.3 มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 199 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก

การเตรียมแปลงทดลอง

1. ใช้ปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 2 อายุ 7 ปี วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกบนร่องสวนแบบแถวคู่มีร่องน้ำระหว่างร่อง กว้าง 1.5 เมตร ลึก 1 เมตร ความลาดชันด้านข้าง 1:1 (ดิ่ง : นอน) มี 16 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดพื้นที่ กว้าง 32 เมตร ยาว 60 เมตร ปลูกแบบสามเหลี่ยม โดยแบ่งเป็น 4 ระยะปลูก ได้แก่ ระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร (28 ต้นต่อไร่), 9 x 9 x 9 เมตร (22 ต้นต่อไร่), 11 x 10 x 10 เมตร (20 ต้นต่อไร่) และ 13 x 11 x 11 เมตร (18 ต้นต่อไร่) เก็บข้อมูลซ้ำละ 6 ต้น เริ่มเก็บข้อมูลในเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

2. การดูแลรักษา ให้น้ำแบบร่องน้ำระหว่างแปลง แหล่งน้ำมาจากระบบชลประทาน ให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยเก็บตัวอย่างดินตรวจวิเคราะห์ปีละ 1 ครั้ง แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้งต่อปี คือ ต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) และปลายฤดูฝน (เดือนตุลาคม) ใช้ปุ๋ย ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) โบเรท (Boron 11%) กลีเซอไรด์ (MgO 27%) และร็อคฟอสเฟต (0-3-0) ร่วมกับโดโลไมท์ปีละ 1 ครั้ง กำจัดวัชพืช ประมาณปีละ 2 ครั้ง อาจมากหรือน้อยกว่าตามความเหมาะสม ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช เมื่อเริ่มพบการเข้าทำลาย

การเก็บข้อมูล

1.บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 6 เดือน โดยใช้แปรงทาสีป้ายสีน้ำมันทำเครื่องหมายทางใบที่ 1 (ทางใบอ่อนสุดที่มีใบย่อยคลี่เต็มที่แล้ว) บันทึกจำนวนทางใบที่สร้างใหม่ จำนวนทางใบทั้งหมด วัดความสูงลำต้นจากระดับพื้นดินถึงตำแหน่งฐานทางใบที่ 41 วัดทางใบที่ 17 บันทึกจำนวนใบย่อย ความยาว และความกว้างกึ่งกลางใบย่อย เพื่อคำนวณพื้นที่ใบตามวิธีของ Hardon *et al.*, (1969) โดยพื้นที่ใบเท่ากับ 0.55 x (จำนวนใบย่อยทั้งหมด x พื้นที่ใบย่อยเฉลี่ย) หาดัชนีพื้นที่ใบ วัดความกว้างและลึกของแกนทางใบที่ตำแหน่งหนามใบย่อยล่างสุดของโคนทางเพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดแกนทางใบและค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบตามวิธีของ Corley *et al.* (1971) และ Larbi *et al.* (2013) โดยที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบเท่ากับ 0.1026 x (พื้นที่หน้าตัดแกนทางใบ) + 0.2362

2. บันทึกข้อมูลการออกดอกทุก 15 วัน โดยสังเกตดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย หรือดอกกะเทย ที่ปรากฏชัดเจนแล้วใช้สีน้ำมันป้ายทำเครื่องหมาย บันทึกข้อมูลจำนวนดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และดอกกะเทย ของแต่ละต้นเพื่อคำนวณอัตราส่วนช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกทั้งหมดของปาล์มน้ำมัน

3. บันทึกข้อมูลผลผลิต ทุก 15 วัน หรือทุกรอบการเก็บเกี่ยว โดยใช้เสียมแทงทะลายปาล์มน้ำมัน ตัดทะลายปาล์มน้ำมันที่สุกพอดี เปลือกผลสีส้มสด มีผลร่วงไม่ต่ำกว่า 10 ผล (สุรกิตติ, 2547) ชั่งน้ำหนักทะลาย บันทึกน้ำหนักและจำนวนทะลายแต่ละต้นที่เก็บข้อมูล

4. วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเจริญเติบโตทางลำต้นของปาล์มน้ำมัน

ความสูงต้นที่อายุ 7 ปี ในทั้ง 4 ระยะปลูก มีความสูงตั้งแต่ 1.50 - 1.79 เมตร เฉลี่ย 1.65 เมตร โดย 9 x 9 x 9 เมตร มีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 1.5 เมตร และระยะปลูก 11 x 10 x 10 เมตร มีความสูงมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.79 เมตร ในด้านความสูงเพิ่มต่อปี พบว่า ระยะปลูก 7 x.8.8 x 8.8 เมตร มีความสูงเพิ่มมากที่สุด 65.46 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับ ระยะปลูก 13 x 11 x 11, 11 x 10 x 10 และ 9 x 9 x 9 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 47.06 44.26 และ 41.88 ซม. ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับรายงานของ
อรรัตน์ (2551) และ (ธีระ, 2554) ที่รายงานว่า ปาล์มน้ำมันจะมีความสูงเพิ่มเฉลี่ยต่อปี 45 - 55 ซม. หรืออาจมากกว่านี้หากมีจำนวนต้นต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยความสูงของลำต้นที่เพิ่มขึ้นในรอบปีขึ้นกับอัตราการสร้างใบ

จากข้อมูลในช่วงอายุ 6 ปี 7 เดือน ถึง 7 ปี 6 เดือน พบว่า จำนวนทางใบเพิ่มต่อปีมีค่า ตั้งแต่ 25.75 – 27.31 ทางใบต่อปี เฉลี่ย 26.46 ทางใบต่อปี โดย ระยะปลูก 11 x 10 x 10 เมตร มีจำนวนทางใบเพิ่มเฉลี่ยมากที่สุด 27.31 ทางใบ ไม่แตกต่างทางสถิติกับระยะปลูก 13 x 11 x 11, 9 x 9 x 9 และ 7 x 8.8 x 8.8 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 26.31 26.46 และ 25.75 ทางใบ ตามลำดับ (Table 1) โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันที่อายุ 6 ปีขึ้นไปจะมีจำนวนทางใบเพิ่ม 20 – 25 ทางใบต่อปี (อรรัตน์ และคณะ, 2554; Corley and Tinker, 2003) ความยาวทางใบ พบว่า ระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีทางใบยาวที่สุด 572 ซม. ไม่แตกต่างทางสถิติกับ ระยะ 13 x 11 x 11 เมตร ที่มีค่าเท่ากับ 555 ซม. แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะปลูก 9 x 9 x 9 และ 11 x 10 x 10 มีค่าเท่ากับ 514 และ 486 ซม. ตามลำดับ ด้านค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งใบ พบว่า ทั้ง 4 ระยะปลูก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าตั้งแต่ 2.85 - 3.34 กิโลกรัม โดยระยะปลูก 11 x 10 x 10 เมตร มีน้ำหนักแห้งทางใบมากที่สุด 3.34 กิโลกรัม และระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีน้ำหนักแห้งใบน้อยที่สุด 2.85 กิโลกรัม (Table 1) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งใบมีความแปรปรวนตามอายุ พันธุ์ และปัจจัยการผลิต (ธีระ, 2554)ในส่วนของพื้นที่ใบ พบว่า ทั้ง 4 ระยะปลูกมีพื้นที่ใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีพื้นที่ใบตั้งแต่ 8.42 - 9.85 ตร.ซม. (Table 1) การวัดพื้นที่ใบเป็นวิธีหนึ่งในการประมาณศักยภาพผลผลิตต่อพื้นที่ โดยปาล์มน้ำมันที่แข็งแรงกว่าจะเจริญเติบโตได้และให้ผลผลิตสูงกว่า (Corley and Tinker, 2003) ในส่วนของดัชนีพื้นที่ใบ พบว่า ระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุดเท่ากับ 7.57 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับดัชนีพื้นที่ใบในระยะปลูกอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 4.74, 4.39 และ 4.01 ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ ธนพงษ์ และคณะ (2559) ที่พบว่า ปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 9 x 9 x 9 เมตร ในพื้นที่เดียวกันมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 การปลูกปาล์มน้ำมันที่จำนวนพื้นที่เท่ากับหรือมากกว่า 32 ต้นต่อไร่ จะมีดัชนีพื้นที่ใบประมาณ 8 - 9 (Corley and Tinker, 2003)

Table 1 Growth characteristics of 'Suratthani 2' oil palm planted under four spacings of 7 years old at Nongmoo Sub-district, Vihandaeng District, Saraburi Province.

Spacing (m)	Plant Height (m)	Height increment (cm/year)	Frond increment	Rachis length (cm)	Front dry weight (kg)	Leaf area (m²)	LAI
7x 8.8 x 8.8	1.65	65.46[1/]a	25.75	572 a	2.85	9.85	7.57 a
9 x 9 x 9	1.50	41.88 b	26.46	514 bc	2.94	8.42	4.74 b
11 x 10 x 10	1.79	44.26 b	27.31	486 c	3.34	8.56	4.39 b
13 x 11 x 11	1.68	47.06 b	26.31	555 ab	3.21	9.78	4.01 b
Mean	1.65	49.67	26.46	5.32	3.09	9.15	5.18
F-test	ns	*	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	10.91	20.09	4.9	6.57	9.86	10.99	10.39

1/ Means within a column under, followed by the same letter are not significantly different at the 5% level and 1% level of probability by LSD

ns Not significant * Significant at $P < 0.05$ ** Significant at $P < 0.01$

ผลผลิต

สัดส่วนเพศ คือ สัดส่วนช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกทั้งหมดต่อปี จากข้อมูล พบว่า ในทุกระยะปลูก มีสัดส่วนเพศไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก 9 x 9 x 9 มีสัดส่วนเพศสูงสุดเท่ากับ 92.47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8, 13 x 11 x 11 และ 11 x 10 x 10 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 92.41, 91.49 และ 88.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) สัดส่วนเพศจะลดลงตามอายุ ความต่างของสัดส่วนเพศจะขึ้นกับความต่างตามสภาพแวดล้อม ธาตุอาหาร จำนวนต้นต่อพื้นที่ และรวมถึงความแปรปรวนทางพันธุกรรมด้วย (ธีระ, 2554; Corley and Tinker, 2003)

การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน พบว่า จำนวนทะลายที่เก็บเกี่ยวได้ และน้ำหนักเฉลี่ยต่อทะลายต่อต้นต่อปี ในทั้ง 4 ระยะ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูกที่มีจำนวนทะลายมากที่สุดคือ 13 x 11 x 11 เมตร มี 15.62 ทะลาย รองลงมาคือ ระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8, 9 x 9 x 9 และ 11 x 10 x 10 เมตร มีจำนวนทะลาย 13.59 13.54 และ 13.05 ทะลาย ตามลำดับ และน้ำหนักเฉลี่ยต่อทะลายเรียงจากมากไปน้อยได้แก่ ระยะปลูก 13 x 11 x 11, 9 x 9 x 9, 11 x 10 x 10 และ 7 x 8.8 x 8.8 เมตร ตามลำดับ มีน้ำหนักเท่ากับ 13.57 12.79 12.37 และ 11.52 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Larbi *et al.* (2013) ที่

พบว่า ในช่วงอายุ 7 ปี ปาล์มน้ำมันที่ปลูกด้วยจำนวนประชากร 18 ต้นต่อไร่ ให้จำนวนทะลายสดต่อปี และน้ำหนักเฉลี่ยต่อทะลายมากกว่าการปลูกด้วยจำนวนต้นต่อพื้นที่ที่สูงกว่า

น้ำหนักผลผลิตต่อต้นต่อปี พบว่า ระยะปลูก 13 x 11 x 11 เมตร มีค่ามากที่สุด 212.37 กิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะปลูก 9 x 9 x 9, 11 x 10 x 10 และ 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีค่าเท่ากับ 172.82, 162.00 และ 156.26 ตามลำดับ (Table 2) การปลูกปาล์มน้ำมันที่ระยะปลูกประมาณ 14 เมตร แบบสามเหลี่ยมด้านเท่า หรือจำนวนต้นน้อยกว่า 9 ต้นต่อไร่ ที่อายุ 12-14 ปี สามารถให้ผลผลิตทะลายสดได้ประมาณ 300 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (Breure *et al.*, 1990) เมื่อพิจารณาถึง น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ต่อปี พบว่า ระยะปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีผลผลิตมากที่สุด 4,687.72 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับ ระยะปลูก 9 x 9 x 9, 13 x 11 x 11 และ 11 x 10 x 10 เมตร มีผลิตเท่ากับ 3,802.03 3,397.00 และ 3,239.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตทะลายสูงสุด เมื่อปลูกด้วยจำนวนประชากร 15 - 24 ต้นต่อไร่ หรือระยะปลูก 8.5 - 10.5 เมตร ปลูกแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า (ธีระ, 2554) อย่างไรก็ตาม ระยะปลูกที่เหมาะสมนั้นมีปัจจัยทางพันธุกรรมเกี่ยวข้องด้วย โดยพบว่า ปาล์มน้ำมันลูกผสมจากหน่วยงานราชการหรือเอกชนที่อายุ 10 - 17 ปี ส่วนใหญ่ให้ผลิตทะลายสูงสุดเมื่อปลูกที่จำนวน 23 ต้นต่อไร่ แต่บางคู่ผสมให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูก 44 ต้นต่อไร่ ขึ้นอยู่กับแหล่งพันธุกรรมของต้นพ่อและต้นแม่ที่นำมาใช้สร้างลูกผสมต่างๆ (ธีระ, 2554; Corley and Tinker, 2003)

Table 2 Fresh fruit bunch (FFB), mean single bunch weight, number of bunches and sex ratio of 'Suratthani 2' oil palm under four spacings of 7 years old at Nongmoo Sub-district, Vihandaeng District, Saraburi Province.

Spacing (m)	Sex ratio (%)	Bunch number (bunch/plant/year)	Bunch weight (kg)	FFB/Plant/Year (kg)	FFB/Rai/Year (kg)
7 x 8.8 x 8.8	92.41	13.59	11.52	156.26[1/] b	4687.75 a
9 x 9 x 9	92.47	13.54	12.79	172.82 b	3802.03 b
11 x 10 x 10	88.16	13.05	12.37	162.00 b	3239.95 b
13 x 11 x 11	91.49	15.62	13.57	212.31 a	3397.00 b
mean	91.13	13.95	12.56	175.85	3781.68
F-test	ns	ns	ns	*	**
CV (%)	6.02	11.99	7.02	12.43	12.64

FFB Fresh fruit bunch

1/ Means within a column under, followed by a same letter are not significantly difference at the 5% level and 1% level of probability by LSD

ns not significant * Significant at P < 0.05 ** Significant at P < 0.01

สรุป

จากผลการแสดงออกของปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ในช่วงอายุ 7 ปี ที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดด้วยระยะปลูกต่างกัน 4 ระยะปลูก พบว่า ระยะปลูก 13 x 11 x 11 เมตร มีผลผลิตทะลายต่อต้นสูงสุด ส่วนระยะ

ปลูก 7 x 8.8 x 8.8 เมตร มีการเจริญเติบโตทางลำต้น ความสูงเพิ่มของลำต้นต่อปี ความยาวทางใบ ดัชนีพื้นที่ใบ และให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด อย่างไรก็ตาม ในทั้ง 4 ระยะปลูก มีความสูงเฉลี่ย จำนวนทางใบเพิ่มต่อปี พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ สัดส่วนช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกทั้งหมด (sex ratio) จำนวนทะลายสดต่อต้นต่อปี น้ำหนักต่อทะลายสด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงควรมีการเก็บข้อมูลต่อไปในอนาคตอย่างต่อเนื่อง เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตยาวนานต่อเนื่องมากกว่า 20 ปี เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเลือกระยะปลูกที่เหมาะสมต่อและคุ้มค่าต่อการลงทุนปลูกปาล์มน้ำมันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการ ศูนย์เรียนรู้วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี การผลิตปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ปลูก ใหม่ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุน และอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. **ชุดดินรังสิต.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. แหล่งที่มา: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/pf_desc/central/Rs.htm, 22 พฤศจิกายน 2560.

กรมวิชาการเกษตร. 2560. **การเก็บตัวอย่างดินและใบปาล์มน้ำมัน**. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/soil%20and%20left.html. 15 พฤศจิกายน 2560.

ธนพงษ์ ยอดยิ่งยง, เยาวมาลย์ เขียวสอาด, ธานี ศรีวงศ์ชัย, เอ็จ สโรบล และเฉลิมพล ภูมิไชย์. 2559. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของปาล์มน้ำมันพันธุ์การค้าในระยะเพิ่มผลผลิตที่ปลูกในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด, น.141-149. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. **เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน**. ศุนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2554. **การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์จำกัด, กรุงเทพฯ.

นงคราญ มณีวรรณ, รติกร ณ ล้าปาง, และ ทองเติม อาภาอุทัยพงษ์. 2552. **การพัฒนาพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคกลางเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน (ชุดดินองครักษ์ จังหวัดนครนายก).** กรมพัฒนาที่ดิน. (อัดสำเนา) 68 หน้า.

ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล. 2555. **เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ามันในพื้นที่สวนส้มร้างทุ่งรังสิต.** แหล่งที่มา: http://www.agriman.doae.go.th/home/Research/Oilpalm56/2_Binder1.pdf, 31 ตุลาคม.

สุรกิตติ ศรีกุล. 2547. **เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน**. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขต 7 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุรกิตติ ศรีกุล, ภิญโญ มีเดช และเกริกชัย ธนรักษ์. 2547. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. น.39. *ใน* ชาย โฆรวิส, ผู้รวบรวม. **เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน**. โรงพิมพ์ดอกเบี้ย, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2538. **เอกสารประกอบการสอน ชุด วิชาดิน น้ำและปุ๋ย หน่วยที่ 8-15.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf, 31 ตุลาคม 2559

เอ็จ สโรบล. 2553. ประวัติความเป็นมาของทุ่งรังสิต. น. 2-1. *ใน* **รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5 โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่ออุตสาหกรรมไบโอดีเซลชุมชนเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ปลูกใหม่**, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรรัตน์ วงศ์ศรี. 2551. **เอกสารทางวิชาการ เรื่อง เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน.** ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

อรรัตน์ วงศ์ศรี และ ศิริชัย มามีวัฒนะ. 2547. พันธุ์ปาล์มน้ำมันและการปรับปรุงพันธุ์. น.28. *ใน* ชาย โฆรวิส, ผู้รวบรวม. **เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน**. โรงพิมพ์ดอกเบี้ย, กรุงเทพฯ.

อรรัตน์ วงศ์ศรี, เตือนจิตร เพ็ชรรุณ, ชญาดา ดวงวิเชียร และ กษิดิศ ดิษฐบรรจง. 2554. พันธุ์และการคัดเลือกต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. น.5. *ใน* ชาย โฆรวิส, ผู้รวบรวม. **เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน**. โรงพิมพ์ดอกเบี้ย, กรุงเทพฯ.

Breure, C.J., Menendez, T. and Powell, M.S. 1990. The effect of planting density on the yield components of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Experimental Agriculture**. 26: 117-124

Corley, R.H.V., J.J. Hardon and G.Y. Tan. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) I. Estimation of growth of the oil parameters and application in breeding. **Euphytica**. 20 (2): 307-315.

Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. **The Oil Palm. 4th ed.** Blackwell Science Ltd, Oxford.

Hardon, J.J., C.N. Williams and I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. **Experimental Agriculture**. 5: 25-32.

Hartley, C. W.S. 1988. **The oil palm.** 3rd ed. Longman. Longman, London.

Larbi, E., S. Anim-Okyere, F. Danso, I. Danso, P. Afari, B.N. Nuertey and T.E.O. Asamoah. 2013. Effect of planting densities on growth, development and yield of oil palm (*Elaeis guineensis Jacq.*) in Ghana. **International Journal of Current Research** 5 (10): 2997-3000.

มะนาวพันธุ์แป้นรำไพไม่มีเมล็ดจากการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน

Seedless 'Pan Rampai' Lime from Acute Gamma Irradiation.

มนัสชญา สายพนัส[1*] เจนจิรา ดวงจิต[1] และ สุรวิช วรรณไกรโรจน์[1]

Manuschaya Saipanus[1*], Janejara Duangjit[1] and Surawit Wannakrairoj[1]

บทคัดย่อ

มะนาวที่บริโภคในปัจจุบันมีข้อด้อย คือ จำนวนเมล็ดค่อนข้างมาก ผลมะนาวที่ไม่มีเมล็ดจึงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ที่ปริมาณรังสี 0, 40, 60, 80, และ 100 เกรย์ เพื่อชักนำให้เกิดลักษณะผลไม่มีเมล็ด โดยนำกิ่งที่ฉายรังสีไปเสียบยอดบนต้นตอส้มโอแล้วปลูกลงแปลงทดลอง พบว่าปริมาณรังสีที่ทำให้กิ่งมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ รอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังได้รับรังสี 120 วัน $LD_{50(120\ d)}$ คือ 61 เกรย์ เมื่ออายุประมาณ 2 ปีหลังจากการฉายรังสี ยอดมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ สามารถเจริญเติบโตได้กิ่งรุ่น V_2- V_6 โดยพบต้นซึ่งให้ผลที่ไม่มีเมล็ด จำนวน 8 ต้น โดยเป็นต้นที่ได้รับรังสี 40 เกรย์ ในกิ่งรุ่น V_2- V_6 จำนวน 6 ต้น และต้นที่ได้รับรังสี 60 เกรย์ ในกิ่งรุ่น V_3 จำนวน 2 ต้น เมื่อพิจารณาคุณภาพภายนอกของผลเบื้องต้น พบว่าผลที่ไม่มีเมล็ด มีลักษณะใกล้เคียงกับผลปกติ

ABSTRACT

The commercial lime has an undesirable trait of having many seeds. The seedless lime fruit is in demand of consumers. Acute gamma irradiation, 0, 40, 60, 80 and 100 Gy, was performed to induce seedlessness in 'Pan Rampai' lime. The irradiated branches were grafted onto pomelo. It was found that 50% lethal dose at 120 days after irradiation [$LD_{50\ (120\ d)}$] for lime branch was 61 Gy. Two years after irradiation, V_2 - V_6 branches were obtained. Among them, eight shoots produced seedless fruits. They were 6 shoots from V_2- V_6 generation of 40 Gy treatment and 2 shoots from V_3 generation of 60 Gy treatment. Preliminary observation revealed that both external and internal qualities of the seedless fruits were resemble to the normal fruits.

Keywords: mutation, phenotypic change, LD_{50}

* Corresponding author; e-mail address: aor_7879@hotmail.com

[1]สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Tropical Agriculture Program, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

มะนาว (*Citrus aurantifolia* Swingle) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae สกุล *Citrus* มะนาวเป็นผลไม้ที่ใช้นำมาประกอบอาหารไทยได้หลากหลายชนิดเป็นที่นิยมกันทั่วประเทศด้วยความจำเพาะของรสชาติและกลิ่นของน้ำคั้นจากผลสดในการปรุงแต่งอาหาร (นิรนาม, 2548) การรับประทานมะนาวยังช่วยให้มีสุขภาพอนามัยดี เนื่องจากมะนาวมีวิตามินซีและสารต้านอนุมูลอิสระ (มงคล, 2536)

มะนาวแป้นได้รับความนิยมจากผู้บริโภคและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาคและสามารถปรับตัว เจริญเติบโต ออกดอกติดผลได้ดีในสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศของประเทศไทย จุดเด่นของมะนาวแป้นคือ กลิ่นหอม ทรงผลแป้น เปลือกบาง ผลดก แต่มีข้อเสียคือมีจำนวนเมล็ดค่อนข้างมาก เฉลี่ย 14.2 เมล็ดต่อผล (นิรนาม, 2555)

การใช้เทคโนโลยีด้านการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) ทำให้พืชไม่มีเมล็ดได้ประสบความสำเร็จมาแล้วในส้มด้วยการฉายรังสี (Froneman *et al.*,1996 ; ทรงพลและคณะ, 2549; มนทิรา และคณะ, 2551) การทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันเพื่อทำให้มะนาวพันธุ์แป้นรำไพ ให้ไม่มีเมล็ด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อัตราการรอดชีวิตและการแตกกิ่งของมะนาวพันธุ์แป้นรำไพหลังได้รับรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน

นำกิ่งมะนาวพันธุ์แป้นรำไพมาตัดให้ยาว 15 เซนติเมตร จากปลายกิ่ง มาฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันในปริมาณรังสี 0, 40, 60, 80 และ 100 เกรย์ ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Mark-I (ใช้ Cesium-137 เป็นแหล่งรังสี) ซึ่งมีอัตรารังสี 3.73 เกรย์/วินาที ณ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นกิ่งนำมาเสียบยอดบนต้นตอส้มโอ วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 5 ซ้ำ จำนวน 6 กิ่ง/ซ้ำ เมื่อกิ่งที่เสียบยอด อายุครบ 120 วัน นับจำนวนยอดที่เกิดใหม่ เพื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของกิ่งมะนาวที่รอดชีวิต

$$\text{\% กิ่งที่รอดชีวิต} = \frac{\text{จำนวนกิ่งที่รอดชีวิตจากการได้รับรังสี}}{\text{จำนวนกิ่งทั้งหมดที่ฉายรังสี}} \times 100$$

2. ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการไม่มีเมล็ดในมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ

ต้นที่เสียบกิ่งเจริญเติบโต แตกกิ่งเป็นรุ่น V_1 - V_6 โดยทำการติดป้ายให้กิ่งแต่ละรุ่น เก็บข้อมูลการติดเมล็ด และคุณภาพของผลไม่มีเมล็ด ได้แก่ น้ำหนักผล ขนาดผล ความหนาเปลือก จำนวนเมล็ด ปริมาณน้ำคั้นและไตเตรทหาปริมาณกรดซิตริก จนต้นมีอายุ 2 ปี หลังฉายรังสี

ผลและวิจารณ์

อัตราการรอดชีวิตและการแตกกิ่งของมะนาวพันธุ์แป้นรำไพหลังได้รับรังสี

จากการนำกิ่งมะนาวพันธุ์แป้นรำไพไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน ปริมาณ 0, 40, 60, 80, และ 100 เกรย์ แล้วเสียบกิ่ง บนต้นตอส้มโอ พบว่า กิ่งมะนาวที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีอัตราการรอดชีวิตหลังการฉายรังสี 120 วัน ไม่แตกต่างกับกิ่งพันธุ์ที่ได้รับปริมาณรังสี 40 เกรย์ แต่การเพิ่มปริมาณรังสีเป็น 60, 80, และ 100 เกรย์ ทำให้กิ่งรอดชีวิตลดลงเหลือเฉลี่ย 3.40, 2.20 และ 0.80 กิ่ง/ซ้ำ ตามลำดับ โดยกิ่งที่ไม่ผ่านการฉายรังสี(control) มีกิ่งที่แตกตาสูงสุด 3 กิ่ง/ซ้ำ แต่ไม่แตกต่างจากกิ่งที่ได้รับรังสีปริมาณ 40, 60 และ 80 เกรย์ ซึ่งมีกิ่งที่แตกตา 2.95, 1.65 และ 0.30 กิ่ง/ซ้ำ ตามลำดับ ขณะที่กิ่งที่ได้รับรังสี 100 เกรย์ ไม่มีการแตกตา (Table 1) ทั้งนี้ปริมาณรังสีที่ทำให้กิ่งรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 120 วัน หลังจากได้รับรังสี หรือ LD_{50}ที่ 120 วัน คือปริมาณรังสี 61 เกรย์ (Figure 1)

Table 1 Number of survival and sprouting shoots of irradiated ‘Pan Rampai’ lime, 120 days after irradiation

Radiation dose (Gy)	Number of irradiated branch (branch)	Survived branch[1/]	Number of sprouted branch[1/]	% sprouted branch (compared to control)
0	6	5.80 a[2/]	3.00 a[2/]	100
40	6	5.20 a	2.95 a	98.9
60	6	3.40 b	1.65 a	53.2
80	6	2.20 c	0.30 a	9.10
100	6	0.80 d	0.00 b	0.00
F-test		*	*	
C.V.(%)		14.4	12.4	

[1/] means were transformed by square root x + 1 prior to statistical analysis

[2/] means followed by a same letter in the same column was not significantly difference by LSD

* significant at $P \leq 0.05$

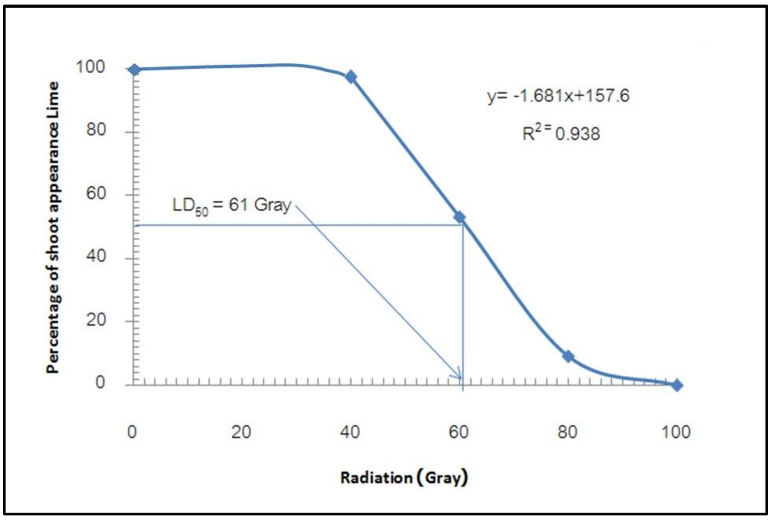


Figure 1 Percentage of shoots appearance 'Pan Rampai' lime at 120 days after acute irradiated with different doses of gamma ray.

ผลของการฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลันต่อการไม่มีเมล็ดในมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ

พบว่าต้นจากกิ่งที่ผ่านการฉายรังสี 40 เกรย์ มีผลมะนาวที่ไม่มีเมล็ดจำนวน 6 กิ่ง ในรุ่น V_2-V_5 และต้นจากกิ่งที่ผ่านการฉายรังสี 60 เกรย์ มีผลมะนาวที่ไม่มีเมล็ด จำนวน 2 กิ่ง ในรุ่น V_3 (Table 2 และ Figure2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Froneman *et.al.* (1996) ที่พบว่าการฉายรังสีแกมมา 30-70 เกรย์ กับส้มโอ ส้มเขียวหวาน และส้มติดเปลือก ได้ต้นที่ให้ผลไม่มีเมล็ด และทรงพล (2549) ได้พบว่า การนำกิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานพันธุ์โชกุนไปฉายรังสีแกมมาแบบเฉียบพลัน พบว่าในรุ่น V_3 ของต้นที่ผ่านการฉายรังสี 40 และ 80 เกรย์ ให้ผลที่มีเมล็ดน้อยลง

นอกจากนี้ สังเกตพบว่าผลจากต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ย 19.1 มิลลิลิตร ขณะที่ผลซึ่งไม่มีเมล็ดจากต้นที่ผ่านการฉายรังสี 40 เกรย์ มีปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ย 14.3 มิลลิลิตร และผลที่ไม่มีเมล็ดจากต้นซึ่งผ่านการฉายรังสี 60 เกรย์ มีปริมาณน้ำคั้นเฉลี่ย 12.5 มิลลิลิตร ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์กรดซิตริกของผลจากต้นซึ่งผ่านการฉายรังสีทุกปริมาณรังสี มีค่าเฉลี่ย 6.1-7.7 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) และยังสังเกตลักษณะภายนอกพบว่าผลจากต้นที่ไม่ได้รับการฉายรังสี มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 45.9 กรัม ความหนาเปลือก 1.80 มิลลิเมตร ขณะที่ผลซึ่งไม่มีเมล็ดจากต้นที่ผ่านการฉายรังสี 40 เกรย์ มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 36.5 กรัม ความหนาเปลือก 1.10 มิลลิเมตร และผลที่ไม่มีเมล็ดจากต้นซึ่งผ่านการฉายรังสี 60 เกรย์ มีน้ำหนักผลเฉลี่ย 32.7 กรัม ความหนาเปลือก 1.20 มิลลิเมตร (Table 4) การฉายรังสีทำให้ผลมะนาวมีขนาดเล็กลงเนื่องจากปริมาณรังสี ทำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่างๆหรือควบคุมกระบวนการต่างๆภายในพืชกลายพันธุ์ ซึ่งลักษณะกลายพันธุ์ที่เราได้คือจำนวนเมล็ดต่อผลมะนาวน้อยลง จำนวนเมล็ดต่อผลที่น้อยลงส่งผลต่อขนาดผลมะนาว ซึ่งสอดคล้องกับ สัมฤทธิ์ (2556) กล่าวว่า การขยายขนาดของผลนั้น เป็นผลมาจากการแบ่งตัวและการขยายขนาดของเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อผล ซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนภายในผล คือ สารออกซิน จิบเบอเรลลิน แลไซโตไคนิน แหล่งสร้างฮอร์โมนที่สำคัญภายในผลคือเมล็ด จะสังเกตได้ว่าผลที่มีเมล็ดมักจะมีขนาดผลใหญ่กว่าผลที่ไม่มีเมล็ด

Table2 Number of seedless fruits from some irradiated 'Pan Rampai' lime shoots

Radiation Dose (Gy)	Number of Tree	Number of fruit Tree	Vegetation	Fertile fruit number	Seedless fruit number
Control	24	20	V_2-V_6	20	0
40	21	16	V_2-V_5	16	6
60	16	6	V_3	6	2
80	7	1	V_2	1	0
100	0	0	0	0	0

Table 3 Juice and citric acid content of seedless fruits of irradiated 'Pan Rampai' lime

Dose – plant number	Vegetative generation	Fruit number	Juice (ml)	Citric acid (%)
0	2-6	40	19.1±4.1	7.30
40-1	5	1	6.80	6.80
	2	2	10.7±2.1	6.80
	3	1	14.9	7.50
	4	2	14.7±2.3	7.50
40-5	5	1	9.40	7.10
40-7	2	4	17.1±3.6	6.80
40-12	4	4	15.4±2.8	6.40
40-13	6	1	9.00	6.10
40-14	3	1	18.0	7.00
60-3	3	1	11.9	7.70
60-4	3	2	13.1±4.5	7.50

Table 4 The external qualities of seedless fruits of the irradiated 'Pan Rampai' lime

Dose – plant number	Stage of vegetative propagation	Fruit number	Fruit weight (g)	Fruit diameter (mm)	Peel thickness (mm)
0	2-6	40	45.9±8.3	43.2±4.0	1.3±0.2
40-1	5	1	34.9	39.9	1.33
	2	2	29.3±7.0	37.3±4.3	0.85±0.1
	3	1	36.7	41.1	0.78
	4	2	34.8±9.1	41.2±4.8	0.78±0.1
40-5	5	1	26.8	36.4	0.94
40-7	2	4	50.5±4.6	45.8±1.1	1.2±0.2
40-12	4	4	34.2±4.8	40.0±2.0	1.23±0.2
40-13	6	1	31.2	40.0	1.94
40-14	3	1	49.6	45.8	1.07
60-3	3	1	31.9	38.9	1.25
60-4	3	2	33.5±7	36.4±2.8	1.14±0.1

Figure 2 Normal (0 Gy) and seedless (40 Gy) fruits of 'Pan Rampai' lime;

สรุป

ปริมาณรังสีแกมมาที่ทำให้กิ่งมะนาวพันธุ์แป้นรำไพรอดชีวิต 50 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังได้รับรังสีแบบเฉียบพลัน 120 วัน $LD_{50(120\ d)}$ คือ ปริมาณรังสี 61 เกรย์ เมื่อต้นอายุ 2 ปีหลังจากฉายรังสี พบต้นที่ให้ผลที่ไม่มีเมล็ด จำนวน 8 ต้น โดยเป็นผลจากต้นผ่านการฉายรังสี 40 เกรย์ ในกิ่งรุ่น V_2- V_6 จำนวน 6 ต้น และผลจากต้นผ่านการฉายรังสี 60 เกรย์ ในกิ่งรุ่น V_3 จำนวน 2 ต้น

เอกสารอ้างอิง

ทรงพล สมศรี, มณฑิรา ภูติวรนาถ, พันธ์ศักดิ์ แก่นทอม, กัลยาณี เด็ดดวง และสโรชา กวีชาพล .2549. **ศึกษาและคัดเลือกส้มโชกุนที่ได้จากการฉายรังสี** น. 19 *ใน* เอกสารรายงานความก้าวหน้างานวิจัย กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ .

นิรนาม. 2548. **เทคโนโลยีการผลิตมะนาวไทย**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 72 น.

นิรนาม. 2555. **เทคโนโลยีการผลิตมะนาว**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 58 น.

มงคล หลิม. 2536. **การผลิตส้ม.** ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มนทิรา ภูติวรนาถ, ประนอม ใจอ้าย, วิภาดา แสงสร้อย, เสรี ทรงศักดิ์ และทรงพล สมศรี 2551. **ศึกษาและทดสอบการปลูกส้มเปลือกล่อนพันธุ์ใหม่ทดสอบและคัดเลือกส้มโชกุนที่ได้จากการฉายรังสี**. 35-40 น. *ใน* รายงานผลงานวิจัยและเทคโนโลยีการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เศรษฐวงศ์. 2556. **การใช้ฮอร์โมนกับไม้ผล.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ธนธัชการพิมพ์จำกัด. 144 น.

Froneman, I.J., H.J Breedt and P.J.J. Koekernoer **1996.** Promising seedless citrus selections from the ITSC mutation breeding program. **Inligtings bulletin-Instituut-vir-Tropieseen-Subtropiese-Gewasse** 292: 12-16.

คุณลักษณะและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชของสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว

Characteristic and Fungus Phytopathogens Suppression Efficacy of Coir Pith Extract and Coir Pith Compost Tea

ศศิธร กู้สุวรรณวิจิตร[1*] สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล[2] และ แสงชัย เอกปทุมชัย[2]

Sasithorn Kusuwanwichid[1*] , Sudarut Tripetchkul[2] and Saengchai Akeprathumchai[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาสนใจนำขุยมะพร้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคพืช การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาคุณลักษณะของสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช ผลการศึกษา พบว่า องค์ประกอบหลักในสารสกัดจากขุยมะพร้าว คือ สารประกอบฟีนอลิกในรูปกรดแกลลิกซึ่งมีอยู่ประมาณ 531,250 มก./ล. ในขณะที่ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว นอกจากมีสารประกอบฟีนอลิกประมาณ 4,726 มก./ล. แล้วยังตรวจพบกรดอินทรีย์และจุลินทรีย์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช พบว่า ทั้งสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวสามารถยับยั้งการเจริญของ *Collectrotrichum capsici*, *Collectrotrichum gloeosporioides* และ *Aspergillus niger* แต่ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง ทั้งนี้องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชคือ สารประกอบฟีนอลิกและกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

ABSTRACT

This study focused on utilizing coir pith as raw material for producing antimicrobial substance against plant pathogens. The study was divided into two parts: (i) characterization of coir pith extract and coir pith compost tea and (ii) comparison of plant disease suppression efficacy. Results showed that the main components of coir pith extract extracted were phenolic compounds, approximately 531,250 mg/l expressed as gallic acid, while those of the coir pith compost tea were organic acids and microorganisms in addition to phenolic compounds (4,726 mg/l). The comparative study on inhibitory efficacy against plant diseases revealed that coir pith extract and coir pith compost tea could sufficiently inhibit the growth of *Collectotrichum capsici*, *Collectotrichum gloeosporioides* and *Aspergillus niger* providing that coir pith compost tea was of higher inhibitory effectiveness than those obtained with coir pith extract. In addition, the study also found that the principle components effective against plant pathogenic fungi were total phenolic compounds and organic acids.

Keywords: coir pith, compost tea, plant pathogenic fungi, total phenolic compound

*Corresponding author; e-mail address: sudarut.tri@kmutt.ac.th

[1]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[1]Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 1015

[2]School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

คำนำ

ขุยมะพร้าวจัดว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตีเส้นใยมะพร้าวจากเปลือกมะพร้าว เส้นใยที่ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตที่นอน ส่วนขุยมะพร้าว แม้มีการนำมาใช้ประโยชน์บ้าง เช่น วัสดุปลูกต้นไม้ แต่ยังคงเหลือทิ้งอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2556 มีขุยมะพร้าวเหลือทิ้งประมาณ 181,806 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 18 ของปริมาณมะพร้าวทั้งหมด ขุยมะพร้าวมีสารประกอบจำพวกฟีนอลิก (Phenolic compound) กลุ่มแทนนินเป็นองค์ประกอบ (Joseph and Sarma, 1997) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากพืชหลายชนิด มีฤทธิ์ในการยับยั้งแมลงและจุลินทรีย์ก่อโรคพืชได้ (Li *et al.*, 2010) เช่น สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากเมล็ดฝ้ายสามารถกำจัดแมงมุมศัตรูพืช (spider mite: *Tetranychus urticae* (Koch)) (Lege *et al.*, 1995) การใช้สารประกอบฟีนอลิกกลุ่ม gallic acid, cinnamic acid, ferulic acid, และ chlorogenic acids ที่สกัดจากพืชสมุนไพรต่าง ๆ สามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. ในเมล็ดถั่วเขียว (Chickpea : *Cicer arietinum L.*) (Chérif *et al.*, 2007) เป็นต้น

การใช้ขุยมะพร้าวในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคพืชนั้น การศึกษาที่ผ่านมาได้พบว่าสารละลายที่ได้จากเปลือกมะพร้าวสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย (mycelial) ของจุลินทรีย์ก่อโรคในพืช ได้แก่ *Phytophthora* sp., *Fusarium solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia* sp., *Cylindrocladium* sp., *Fythium* sp. และ *Verticillium* sp. (Hyder *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตาม Hyder *et al.* (2009) รายงานว่า การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคนั้นมาจากเชื้อ *Aspergillus terreus* ที่ตรวจพบในเปลือกมะพร้าว มิได้มาจากองค์ประกอบของสารละลายอื่น ๆ ในเปลือกมะพร้าว จึงควรได้มีการศึกษาว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าว ซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืชได้หรือไม่

ปุ๋ยน้ำสกัด (compost tea) หรือ น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักอินทรีย์ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ สารอาหารต่าง ๆ กรดอินทรีย์ ฮอร์โมนพืช (Ingham, 2002) และสารยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพืช (Henis *et al.*, 1984; Danon *et al.*, 2007) และสารยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืช ในรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดสามารถนำมาใช้เป็นสารป้องกันการเกิดโรคพืชหลายชนิด เช่น โรคโคนเน่าดำในต้นข้าว (Manandhar and Yami, 2008) โรคราแป้งและราสีเทาในผลมะเขือเทศ (Kone *et al.*, 2010) และโรคราแป้งในมันฝรั่ง (Lanthier, 2007) ทั้งนี้ประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ในปุ๋ยน้ำสกัดขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบหรือปุ๋ยหมักที่ใช้ในการผลิต (Weltzien, 1991) เช่น ปุ๋ยน้ำสกัดจาก cow manure และ pine bark มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Xanthomonas vesicatoria* ได้ดีกว่าปุ๋ยน้ำสกัดจาก yard waste และ organic farm

จากเหตุผลดังกล่าวการศึกษานี้จึงสนใจที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวและนำสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวมาทดสอบในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช 3 ชนิด ได้แก่ *Collectrotrichum capsici*, *Collectrotrichum gloesporioides* และ *Aspergillus niger* ซึ่งเป็นเชื้อราก่อโรคที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพืชเศรษฐกิจของประเทศ (Than *et al.*, 2008) และศึกษาว่าองค์ประกอบใดในน้ำสกัดที่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาต่อยอดการทำปุ๋ยน้ำสกัดจากวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อชนิดพืชและโรคพืชในอนาคต ซึ่งปุ๋ยน้ำสกัดที่ได้สามารถใช้เป็นสารทดแทนสารเคมีป้องกันศัตรูพืชที่ต้องนำเข้า

จากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมูลค่าของขุยมะพร้าว และช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการปล่อยกองทิ้งไว้ของวัสดุดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้เป็นแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) แบ่งเป็น 2 ตำรับ คือ coir pith extract (T_{CPext}) และ coir pith compost tea (T_{CTcp}) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (replications)

ชุดทดลอง T_{CPext} ประกอบด้วย ขุยมะพร้าวโดยนำขุยมะพร้าวและน้ำประปา อัตราส่วน 1:10 (โดยน้ำหนัก) นำไปสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วกรองสารละลายที่สกัดได้มาใช้ในการทดลอง ส่วนชุดทดลอง T_{CTcp} ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว น้ำ และกากน้ำตาล อัตราส่วน 1:1:10 (โดยน้ำหนัก) บ่มส่วนผสมของวัตถุดิบดังกล่าวโดยให้อากาศตลอดระยะเวลา ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ประยุกต์จากวิธีของ Ingham, 2002) แล้วนำสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) ด้วยวิธี Macro Kjeldahl method (AOAC, 1995) ปริมาณฟอสฟอรัส โดยใช้วิธี Ascorbic Acid Method ประยุกต์จากวิธีของ Kuo (1996) ปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้วิธี Atomic Absorption Spectrophotometer (AOAC, 1995) ปริมาณกรดอินทรีย์ โดยใช้ FID Gas Chromatrography รุ่น GC-143 ของบริษัท SHIMAZU และ ปริมาณ Phenolic compounds ด้วยเทคนิค Folin-denis method (AOAC, 1990) ปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียทั้งหมด แลคติกแอซิดแบคทีเรีย รา ยีสต์ และ แอคติโนมัยซีส โดยใช้เทคนิค Plate count (Johnson and Case, 1989) ความเป็นพิษต่อพืช (Phytotoxicity test) โดยทำการทดสอบ–Seed germination test ด้วยวิธี Top of Paper (ISTA, 1993) ซึ่งเมล็ดพืชที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ผักกาดขาวปลี (*Brassica pekinensis*) พิจารณาความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในรูปของค่า Germination index (GI) ที่คำนวณจากค่า %Relative seed germination และ %Relative root growth (Tiquia *et al.*, 1996) การทดสอบความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคโดยเทคนิค Agar Well Diffusion Assay (AWDA) (Parente *et al.*, 1995) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาคือ *Collectrotrichum capsici*, *C. gloesporioides* และ *Aspergillus niger* นอกจากนี้ทำการจำลองความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในชุดทดลอง T_{CTcp} แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง 3 กลุ่ม โดยเทคนิค AWDA (Parente *et al.*, 1995)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขุยมะพร้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว (Table 1) พบว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าวมีสารประกอบฟีนอลิกที่วัดในรูป Gallic acid ในปริมาณที่สูงกว่าปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกระบวนการสกัดมีการใช้ความร้อน จึงช่วยในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกออกมาได้มากกว่าการนำขุยมะพร้าวมาทำปุ๋ยน้ำสกัดที่ผ่านกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่ง Israel *et al.* (2011) รายงานว่า การสกัดขุยมะพร้าวด้วยน้ำโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ช่วยเพิ่มความสามารถในการสกัดสารละลายจากขุยมะพร้าวได้

Table 1 Physico-chemical properties of coir pith extract and coir pith compost tea.

Parameter	Coir pith extract [T_{CPext}]		Coir pith compost tea [T_{CTcp}]	
	0 hours	2 hours	0 hours	24 hours
Total phenolic compound (as Gallic acid; mg/l)	188±21^{A,a}	531,250±20219^{A,b}	256±26^{B,a}	4726±165^{B,b}
Nutrients				
Total nitrogen (% w/v)	0.01±0.00^{A,a}	0.01±0.00^{A,a}	0.26±0.00^{B,a}	0.55±0.00^{B,b}
Phosphorus (% w/v)	0.01±0.00^{A,a}	0.01±0.00^{A,a}	0.02±0.00^{B,a}	0.03±0.00^{B,a}
Potassium (% w/v)	0.11±0.00^{A,a}	0.13±0.00^{A,a}	0.30±0.00^{B,a}	0.34±0.00^{B,a}
Organic acids				
Ethanol (mM)	0	0	0	84.50±0.70^{B,b}
Acetic acid (mM)	0	0	0	128.00±4.24^{B,b}
Butyric acid (mM)	0	0	0	44.50±4.95^{B,b}
Propionic acid (mM)	0	0	0	24.00±1.41^{B,b}
Microorganisms population				
Total bacteria (Log (cfu/ml))	0	0	3.95±0.02^{a}	6.35±0.01^{b}
Lactic acid bacteria (Log (cfu/ml))	0	0	3.69±0.03^{a}	5.54±0.02^{b}
Fungi (Log (cfu/ml))	0	0	3.90±0.02^{a}	4.95±0.03^{b}
Yeast (Log (cfu/ml))	0	0	3.80±0.02^{a}	5.26±0.03^{b}
Actinomycete (Log (cfu/ml))	0	0	3.17±0.04^{a}	4.10±0.02^{b}
Germination index (GI)	64.08±6.34^{A,a}	63.15±7.26^{A,a}	91.25±3.59^{B,a}	153.12±5.21^{B,b}

The capital letters signify multiple comparisons of means of different experiments at various fermentation times whereas the lower case letters denote multiple comparisons of the same experiment at different time. The different letters imply statistically significant difference at the confidence interval of 95%.

อย่างไรก็ตามปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวที่ผ่านการหมักแบบให้อากาศ (Brewing) มีไนโตรเจน และ Metabolite ต่าง ๆ เช่น กรดอินทรีย์ เอทานอล และ จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ สูงกว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าว (Table 1) แสดงให้เห็นว่า การนำขุยมะพร้าวมาผ่านการหมักแบบให้อากาศช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการสร้าง Metabolite ต่าง ๆ เมื่อพิจารณาที่ค่า GI ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกความเป็นพิษต่อพืช พบว่า ค่า GI ของปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวมีค่าสูงกว่า GI ของ สารสกัดจากขุยมะพร้าวแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวมีความเป็นพิษต่อพืชน้อยกว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าว ทั้งนี้อาจเนื่องจากปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (gallic acid) ในปริมาณที่ต่ำกว่าในสารสกัดจากขุยมะพร้าวประมาณ 113 เท่า ซึ่ง Stone (1894) รายงานว่า สารประกอบฟีนอลิกในขี้เลื่อย oak และ chestnut ที่ความเข้มข้นมากกว่า 1% ส่งผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชให้รากพืช

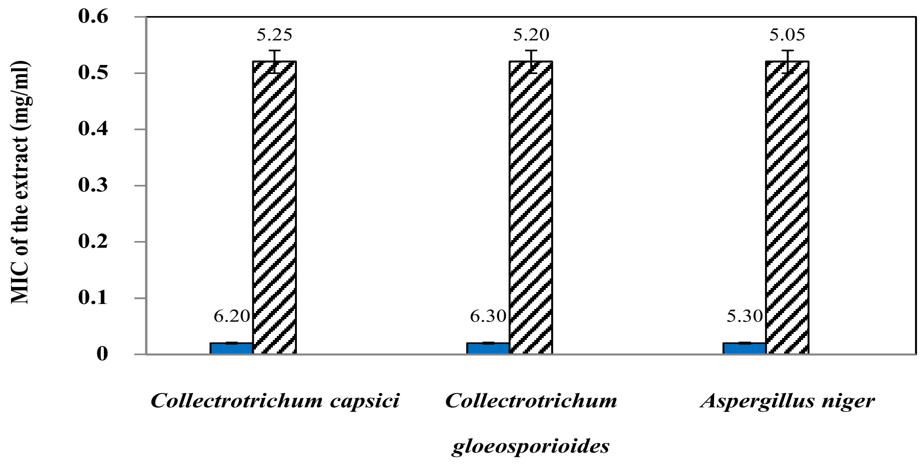


Figure 1 The minimum inhibitory concentration (MIC) of coir pith extract (T_{CPext}, ▨) and coir pith compost tea (T_{CTcp}, ■). The data label over each column represents the diameter of inhibitory clear zone (mm)

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดและปุ๋ยน้ำสกัดต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชในด้านขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนใส (clear zone) และ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) (ภาพที่ 1) พบว่า MIC ของ ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว (20 µg/ml) ต่ำกว่า สารสกัดจากขุยมะพร้าว (520 µg/ml) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone ของเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ใน ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว มีค่ามากกว่า สารสกัดจากขุยมะพร้าว แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากขุยมะพร้าวซึ่งองค์ประกอบหลักคือสารประกอบฟีนอลิก และปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืชทั้ง 3 ชนิดได้ แต่ประสิทธิภาพในการยับยั้งของปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวสูงกว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าว นอกจากนี้ยังพบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว และสารสกัดจากขุยมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *C. capsici* และ *C. gloeosporioides* ดีกว่า *A. niger* ($p<0.05$)

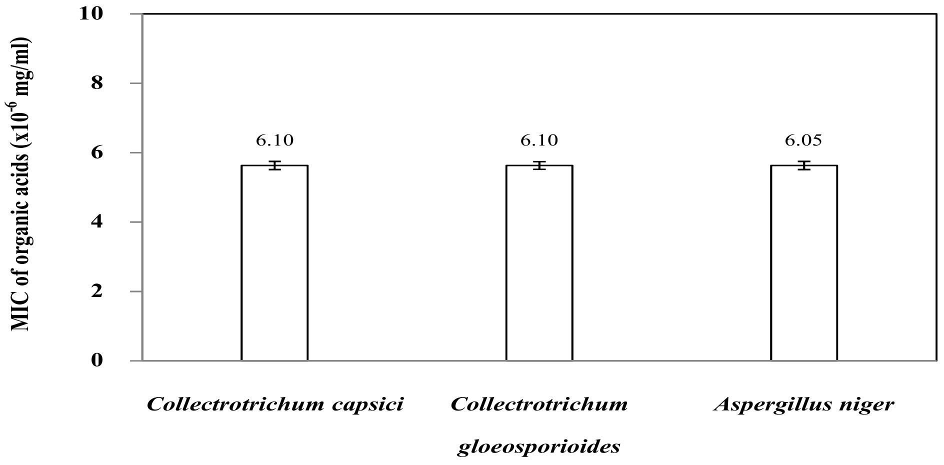


Figure 2 The minimum inhibitory concentration (MIC) of organic acids in coir pith compost tea. The data label over each column represents the diameter of inhibitory clear zone (mm)

นอกจากสารประกอบฟีนอลิกที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคแล้ว องค์ประกอบอื่น ๆ ในปุ๋ยน้ำสกัดก็อาจมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อโรคได้เช่นกัน ซึ่งจากการจำลองความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าว (Table 1) แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช (Figure 2) พบว่า MIC ของกรดอินทรีย์รวมในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *C. capsici*, *C. gloeosporioides* และ *A. niger* มีค่าประมาณ 0.006 µg/ml และ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ clear zone ที่มีขนาดมากกว่า 5 มม. ของเชื้อทั้ง 3 ชนิด มีค่าประมาณ 6.10, 6.10 และ 6.05 mm. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากรดอินทรีย์ในปุ๋ยน้ำสกัดมีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ทั้งนี้ในการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า กรดอินทรีย์ต่าง ๆ และเอทานอลนั้น ต่างก็มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อโรค โดยการเข้าไปรบกวนหรือทำลายบริเวณผนังเซลล์ของเชื้อก่อโรค (Biaèczyk *et al*., 1999) โดยประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิดใกล้เคียงกัน

สรุป

ขุยมะพร้าวที่ผ่านการสกัดโดยน้ำร้อนมีองค์ประกอบหลักคือ สารประกอบฟีนอลิก ส่วนปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวที่ผ่านการหมัก นอกจากจะมีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบแล้วยังมีกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งปุ๋ยน้ำสกัดจากขุยมะพร้าวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. capsici*, *C. gloeosporioides* และ *A. niger* ได้ดีกว่าสารสกัดจากขุยมะพร้าว โดยกรดอินทรีย์มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคทั้งสามชนิด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย (ว. 1) และช่วยประสานงานตลอดการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557. **ปริมาณมะพร้าว: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รวมทั้งประเทศ รายภาค และรายจังหวัด ปี 2554-2556.** แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coconut, 1 กันยายน 2557.

Biaèczyk, J., Lechowski, Z., and Libik, A. 1999. The protective action of tannins against glasshouse whitefly in tomato seedlings. **The Journal of Agricultural Science** 133(02): 197-201.

Chérif, M., Arfaoui, A. and Rhaiem, A. 2007. Phenolic compounds and their role in Bio-control and resistance of chickpea to fungal pathogenic attacks. **Tunisian Journal of Plant Protection** 2(1): 7-21.

Danon, M., Zmora-Nahum, S., Chen, Y. And Hadar, Y. 2007 Prolonged compost curing reduces suppression of *Sclerotium rolfsii*. **Soil Biology and Biochemistry** 39: 1936-1946.

Gudjonsdottir, S. 1966. Growth-promoting effects of fatty acids on excised wheat roots and oat Coleoptiles. **Physiologia Plantarum** 19: 523-540.

Henis, Y., Lewis, J.A. and Papavizas, G.C. 1984. Interactions between *Sclerotium rolfsii* and *Trichoderma* spp. - Relationship between antagonism and disease control. **Soil Biology and Biochemistry** 16: 391-395.

Hyder, N., Sims, J.J. and Wegulo, S.N. 2009. In Vitro Suppression of Soilborne Plant Pathogens by Coir. **Hort-Technology** 19(1): 96-100.

Ingham, E.R. 2002. The Compost Tea Brewing Manual, 3rd edition. **Soil Foodweb Incorporated**. Corvallis, Oregon, USA.

Israel, A.U., Ogali, R.E., Akaranta, O. and Obot, I.B. 2011. Extraction and characterization of coconut (*Cocos nucifera L.*) coir dust. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 33 (6): 717-724.

Johnson, T.R. and Case, C.L. 1989. Laboratory Experiments in Microbiology. 2nd edition. **The Benjamin / Cummings Publishing Company**. Incorporated, California. 56-62.

Joseph, E. T and Sarma, V. C. 1997 Coconut fibre morphology and chemical composition. **Journal of Food Science** 67(1): 420-424.

Kinnersley, A.M., Taylor, S., John, H. and George, H. 1989. Method of Regulating Plant Growth. **CPC International Inc**. U.S. Patent 5,238,841 (5 Dec 1988).

Kone, S.B., Dionne, A., Tweddell, R.J., Antoun, H. and Avis, T.J. 2010 Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. **Biological Control** 52: 167–173.

Kuo, S. 1996. Phosphorus, Methods of Soil Analysis Part 3. **Chemical Methods**. SSSA, *In* D.L. Sparks (ed.). Book Series 5. Madison. 869-919.

Lanthier, M. 2007. Compost tea and its impact on plant disease. **BC Organic Grower** 10(2): 7-11.

Lege, K.E., Cothren, T. and Smith, C.W. 1995. Phenolic acid and condensed tannin concentrations of six cotton genotypes. **Journal of Environmental and Experimental Botany** 35(2): 241-249.

Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., & Jiang, D. A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. **Molecules** 15(12): 8933-8952.

Manandhar, T. and Yami, K.D. 2008. Biological control of foot rot disease of rice using fermented products of compost and vermicompost. **Scientific World** 6(6): 52-56.

Parente, E., Brienza, C., Moles, M. and Ricciardi, A. 1995, A Comparison of methods for the measurement of bacteriocin activity. **Journal of Microbiological Methods** 22: 95-108.

Stone, G.E. 1894. **Germinating Seeds in Sawdust**. Botanical Gazette 19(8). 333-334. Online 14 Aug 2014. http://www.jstor.org/stable/2464138?seq=1#page_scan_tab_contents

Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. and Hodgkiss, I.J. 1996. Effect of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environment Pollution** 93(3): 249-256.

Than, P.P., Prihastuti, H., Phoulivong, S., Taylor, P.W.J. and Hyde, K.D. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**: 1862-1783.

The Association Office Analytical Chemists International (AOAC). 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Tannin.**15th ed. Washington, D.C.

The Association Office Analytical Chemists International (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. **The Association Office Agricultural Chemists**. Verginia. 5-24.

The International Seed Testing Association (ISTA). 1993. Seed science and technology. 21, Supplement. **International Rules for Seed Testing Rules 1993**. Adopted at the Twenty-third International Seed Testing Congress Argentina 1992 to become effective 1 July 1993, Zürich, Switzerland. 141-186.

Tripetchkul, S., Kusuwanwichid, S., Koonsrisuk, S. and Akeprathumchai, S. 2010. Utilization of wastewater originated from naturally fermented virgin coconut oil manufacturing process for bioextract production: Physico-chemical and microbial evolution. **Journal of Bioresource Technology** 101: 6345-6353.

Weltzien, H. C. 1991. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. **In Microbial ecology of leaves**. Springer New York. 430-450.

ฤทธิ์สัมผัสและรมตายของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน

Contact and Fumigant Toxicity Activities of *Psidium guajava* L. Leaf Essential Oil against *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)

วนิดา อ่วมเจริญ[1*] และ เกตน์สิรี ชุมภูอินทร์[1]

Wanida Auamcharoen[1*] and Ketsiree Chumpooin[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาฤทธิ์สัมผัสและรมตายของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้านภายใต้เงื่อนไขห้องปฏิบัติการ การศึกษาฤทธิ์สัมผัสตาย น้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้นถูกหยดลงบนผิวด้านในของกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านก่อนที่จะใช้เป็นภาชนะบรรจุไรฝุ่นบ้านเพื่อทดสอบ ระหว่างการทดสอบฤทธิ์รมตาย น้ำมันหอมระเหยแต่ละความเข้มข้นถูกพ่นเข้าไปในขวดแก้วที่บรรจุไรฝุ่นทดสอบ ภายใต้การทดสอบฤทธิ์สัมผัสตาย พบว่าน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 0.33 และ 0.27 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นสารเหตุให้ไรฝุ่นบ้านตายสะสม 100% ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง หลังการทดลอง ตามลำดับ โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{90} ที่เวลา 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบเท่ากับ 0.04 และ 0.15 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ 0.02 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.07 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร คือ ค่า LC_{50} และ LC_{90} ตามลำดับ ที่เวลา 48 ชั่วโมง หลังการทดสอบ การทดสอบฤทธิ์รมตาย พบว่าน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 0.04 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นบ้านได้ดีที่สุด โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.020 ไมโครลิตร/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ABSTRACT

The study on contact and fumigant toxicity activities of *Psidium guajava* L. leaf essential oil on *Dermatophagoides pteronyssinus* under laboratory conditions was investigated. Study on contact toxicity, each concentration of essential oil was applied onto the inside surface of house dust mite tested cage before it was used to be a material for containing tested house dust mites while fumigant toxicity study, each concentration of essential oil was sprayed into glass bottle containing tested house dust mites. Under contact toxicity activity test, the results showed that essential oil at 0.33 $\mu l/cm^3$ and 0.27 $\mu l/cm^3$ caused 100% house dust mite accumulated mortality at 24 and 48 h after application, respectively. The LC_{50} and LC_{90} values at 24 h after exposure were 0.04 $\mu l/cm^3$ and 0.15 $\mu l/cm^3$, respectively whereas 0.02 $\mu l/cm^3$ and 0.07 $\mu l/cm^3$ were recorded for LC_{50} and LC_{90} values, respectively at 48 h after treatment. Under fumigant toxicity, the result demonstrated that essential oil at 0.04 $\mu l/cm^3$ was highly toxic (90% mortality) to house dust mites with LC_{50} value of 0.020 $\mu l/cm^3$.

Key Words: dust mite, plant extract, guava, contact toxicity, fumigation

* Corresponding author; e-mail address: fagrwda@ku.ac.th

[1] ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

คำนำ

ไรฝุ่นบ้าน *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart) เป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในชั้นย่อยเดียวกับเห็บ (Subclass Acari) จัดอยู่ในวงศ์ Pyroglyphidae เป็นไรที่มีความสำคัญทางการแพทย์ เพราะเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ ซึ่งมีสาเหตุมาจากมูลของไรฝุ่นบ้าน (ณัฐ, 2538) โดยในประเทศไทยมีไรฝุ่นที่มีความสำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ *D. pteronyssinus* (Trouessart) และ *D. farina* (Hughes) (พิพัฒน์ และ นพมาศ, 2547)

การป้องกันไรฝุ่นส่วนมากมักใช้สารสกัดจากธรรมชาติและวิธีการทางกายภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความปลอดภัยต่อผู้อยู่อาศัยและสภาพแวดล้อม (Kim *et al*., 2004) การนำสารสกัดจากพืชมาใช้ควบคุมไรฝุ่นช่วยลดปัญหาค่าใช้จ่ายในการป้องกันรักษา ซึ่งมีอัตราค่าใช้จ่ายที่สูง น้ำมันหอมระเหยจากพืชถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดไรฝุ่นบ้าน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยดำส่วนที่สกัดจากเปลือกผสมกับส่วนที่สกัดจากเนื้อใน อัตราส่วน 7:3 ที่ความเข้มข้น 5% มีผลทำให้ไรฝุ่นตาย 77.8% (อำมร และ จรงศักดิ์, 2551) น้ำมันหอมระเหยจากใบและเปลือกของต้นอบเชยไทย อบเชยศรีลังกา และอบเชยญวน ที่ความเข้มข้น 1% ฆ่าไรฝุ่นตาย 100% โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบของอบเชยไทยมีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นมากที่สุด (LC_{50} เท่ากับ 0.246 µg/cm^3) (จรงศักดิ์ และ อำมร, 2553) น้ำมันหอมระเหยกานพลู ที่ความเข้มข้น 1.2 µg/cm^3 ฆ่าไรฝุ่นตาย 100% มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.092 µg/cm^3 (อำมร และคณะ, 2552) น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูผสมกับน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยไทย อัตราส่วน 3:1 ที่ระดับความเข้มข้น 0.84 µl/L มีประสิทธิภาพฆ่าไรฝุ่นตาย 100% มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.424 µl/L (สาวิตรี และคณะ, 2558) น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้หอม และน้ำมันหอมระเหยจากใบชา ความเข้มข้น 0.8% มีประสิทธิภาพเทียบเท่า 0.5% benzyl benzoate ซึ่งเป็นหนึ่งในสารสังเคราะห์ที่ใช้ควบคุมไรฝุ่น (McDonald and Tovey, 1993)

ฝรั่งมีสารแทนนิน สามารถนำผล ใบ ราก มาทำเป็นยารักษาโรค เช่น ยาแก้โรคท้องเดิน โรคท้องบิด แก้ปวดเบ่ง ยาแก้น้ำเหลืองเสีย ช่วยดูดน้ำเหลือง น้ำหนอง (วิทย์, 2548) นอกจากนี้ฝรั่งยังมี pectin ปริมาณสูงกว่าในมะม่วง (นิจศิริ และ พะยอม, 2534) ดอกและผลฝรั่งยังมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ *Micrococcus pyogenes var. aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteriae* และ *Staphyllococcus aureus* น้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งประกอบไปด้วยสาร veridiflorol (34.4%), trans-caryophyllene (5.9%) (Khadhri *et al*., 2014), β-caryophyllene (27.7%), *α*-pinene (14.7%), 1,8-cineole (12.4%) (Chen *et al*., 2007), *d*-limonene, eugenol, linalool, menthol, *α*-terpineol (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2548) และ dimethyl disulfide ซึ่งมีรายงานว่าเป็นพิษต่อเพลี้ยไก่แจ้ พาหะนำโรคกรีนนิ่งในพืชสกุลส้ม (Rouseff *et al*., 2008) น้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ไล่แมลงสาบ *Blattella germanica* (L.), *Periplaneta americana* (L.) และ *Neostylopyga rhombifolia* (Stoll) ได้ 100, 95 และ 56.7% ตามลำดับ (Thavara *et al*., 2007) และยังมีฤทธิ์ไล่ยุงก้นปล่อง พาหะนำเชื้อมาลาเรีย (Rajkumar and Jebanesan, 2007)

น้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งมีฤทธิ์ต่อแมลงบางชนิด แต่ฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่งต่อไรฝุ่นยังไม่มีการศึกษามากนัก โดย Oh *et al*. (2014) ได้รายงานไว้ว่าสารนี้ซึ่งเป็นสารเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง (*Psidium cattleianum* Sabine) ออกฤทธิ์เป็นสารสัมผัสต่อไรฝุ่นบ้าน ทำให้ไรฝุ่นบ้านตาย 50% ที่ความเข้มข้น 0.47 µg/cm^2 ที่เวลา 13.06 ชั่วโมง และยังออกฤทธิ์เป็นสารรม ทำให้ไรฝุ่นบ้านตาย 50% ที่ความเข้มข้น

1.38 μg/cm^2 ที่เวลา 7.22 ชั่วโมง และนิจศิริ และ พะยอม (2534) รายงานว่าในน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมีสาร Eugenol เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง Kim *et al.* (2003) ได้รายงานว่า Eugenol ที่พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Eugenia caryophyllata* Thunberg) สามารถฆ่าไรฝุ่นบ้าน *D. pteronyssinus* และ *D. farina* โดยมีประสิทธิภาพมากเมื่อทดสอบการรมในภาชนะปิด ดังนั้นจึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน *D. pteronyssinus* เพื่อเป็นแนวทางในการนำน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมาใช้ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในการกำจัดไรฝุ่น เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงไรฝุ่นบ้านเพื่อใช้ในการทดสอบ

ไรฝุ่นบ้านที่ใช้ในการทดสอบได้รับความอนุเคราะห์มาจากภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มาขยายพันธุ์ต่อภายใต้ห้องปฏิบัติการภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เตรียมอาหารเลี้ยงไรฝุ่นบ้าน ซึ่งประกอบไปด้วย อาหารหนูบดละเอียด จมูกข้าวกล้อง และยีสต์ อัตราส่วนเท่ากับ 4:4:1 โดยน้ำหนัก (Insung and Boczek, 1995) มาบดรวมกัน และใส่ลงในขวดเลี้ยงไรฝุ่นบ้าน และเตรียมน้ำเกลือเพื่อนำไปเทลงในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรักษาความชื้นภายในโถดูดความชื้น ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส และความชื้น 86±1%RH นำขวดเลี้ยงไรฝุ่นบ้านที่บรรจุไรฝุ่นบ้านและอาหารเลี้ยงไรฝุ่นบ้านไปวางไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อเลี้ยงไรฝุ่นบ้านไว้ใช้ในการทดสอบต่อไป (อำมร และ จรงศักดิ์, 2551)

การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบฝรั่ง

นำใบฝรั่งขี้นกไส้แดง จาก ต.ท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี น้ำหนัก 200 กรัม ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ และล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำใบฝรั่งใส่ลงในขวดก้นกลมของเครื่องสกัดน้ำมันหอมระเหย (Clevenger-type apparatus) และเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 3 ลิตร ให้ท่วมใบพืช สกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อครบ 8 ชั่วโมง แยกส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนที่เป็นน้ำโดยการเติมโซเดียมซัลเฟต (Sodium sulphate) ลงในส่วนผสมระหว่างน้ำมันหอมระเหยและน้ำ เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยในการดูดซับน้ำได้ดี จึงทำให้ง่ายต่อการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำที่ปนมาขณะสกัด เก็บน้ำมันหอมระเหย (0.7 มิลลิลิตร) ไว้ในขวดแก้วสีชาขนาดเล็ก (glass vial) ปิดฝาให้สนิท นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทดสอบต่อไป (ดวงสมร และคณะ, 2554)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน

การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน (Contact Test)

นำน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง 100% มาเจือจางด้วยเอทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5% (v/v) หรือเทียบเท่า (0.07, 0.13 0.20, 0.27 และ 0.33 μl/cm^3) ตัดกระดาษสีดำและกระดาษกรองให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นำกระดาษสีดำที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาทากาวแล้วติดลงบนส่วนล่างของกรงทดสอบไรฝุ่นบ้าน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร สูง 1.2 เซนติเมตร) วางกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านทิ้งไว้เพื่อรอกาวแห้งสนิท นำกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านที่กาวแห้งสนิทแล้วมาวางเรียงกันลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri-dish) จากนั้นเขียนสัญลักษณ์บนจานเพาะเชื้อ แยกเป็น 2 ส่วน คือ ชุดทดลอง และ ชุดควบคุม (Control) แล้วใช้โม

โครปิเปต หยดตัวทำละลายคือ เอทานอล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงบนกรงทดสอบไรฝุ่นบ้าน ในส่วนที่เป็นชุดควบคุม (Control) แล้วปล่อยกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 40 นาที เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออกไป หยดน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงบนกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านในส่วนที่เป็นชุดทดลอง และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง ประมาณ 40 นาที จากนั้นใช้พู่กันนำไรฝุ่นบ้านจากแหล่งเพาะเลี้ยงมาวางลงในกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านภายใต้กล้อง Stereo (ไรฝุ่นบ้านจำนวน 10 ตัว/กรงทดสอบ, 12 กรงทดสอบ/1 กรรมวิธี) ทากาวบริเวณปากกรงทดสอบไรฝุ่นและนำกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้มาติดลงในส่วนบนของกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านให้แนบสนิท นำกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 12 ซ้ำ บันทึกจำนวนไรฝุ่นบ้านที่ตายในแต่ละกรงทดสอบที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง หลังการทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน (Fumigant Test)

นำน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง 100% มาเจือจางด้วยเอทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2 และ 2.5% (v/v) หรือเทียบเท่า (0.007, 0.015 0.022, 0.03 และ 0.04 $\mu l/cm^3$) ตัดกระดาษสีดำและกระดาษกรองให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นำกระดาษสีดำที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาทากาวแล้วติดลงบนส่วนล่างของกรงทดสอบไรฝุ่นบ้าน วางกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านทิ้งไว้เพื่อรอให้กาวแห้งสนิท ใช้พู่กันนำไรฝุ่นบ้านจากแหล่งเพาะเลี้ยงมาวางลงในกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านภายใต้กล้อง Stereo (ไรฝุ่นบ้านจำนวน 10 ตัว/กรงทดสอบ, 12 กรงทดสอบ/1 กรรมวิธี) ทากาวบริเวณปากกรงทดสอบไรฝุ่นบ้านและนำกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาติด นำกรงที่บรรจุไรฝุ่นบ้านแล้วไปวางเรียงกันภายในขวดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร เขียนสัญลักษณ์บนขวดแก้วแยกเป็น 2 ชุด คือ ชุดทดลอง และ ชุดควบคุม (Control) ใช้ไมโครปิเปต ดูดตัวทำละลายคือ เอทานอล หรือน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งแต่ละความเข้มข้น ปริมาณ 1500 ไมโครลิตร และใช้หัวพ่นน้ำหอมพ่นตัวทำละลายหรือน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งเข้าไปในขวดแก้วที่เป็นชุดควบคุม (Control) หรือชุดทดลอง ตามลำดับ จากนั้นทากาวลงบนปากขวดแก้วและปิดด้วยกระดาษกรอง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) มี 12 ซ้ำ บันทึกจำนวนไรฝุ่นบ้านที่ตายในแต่ละกรงทดสอบ ที่เวลา 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วย DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) และคำนวณค่า LC_{50} และ LC_{90} โดยการวิเคราะห์ Probit ภายใต้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสตายของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้านในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (Table 1) พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบ ความเข้มข้น 2.5% (v/v) ฆ่าไรฝุ่นบ้านตาย 100% รองลงมาคือความเข้มข้น 2% ฆ่าไรฝุ่นบ้านตาย 96.0% และความเข้มข้น 1.5% ฆ่าไรฝุ่นบ้านตาย 93.3% ซึ่งเปอร์เซ็นต์การตายของไรที่สัมผัสน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ความเข้มข้นนี้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 0.303% (0.04 $\mu l/cm^3$) และ 1.162% (0.15 $\mu l/cm^3$) ตามลำดับ และที่เวลาชั่วโมง 48 หลังการทดสอบ พบว่า ความเข้มข้น 2.0 และ 2.5% ฆ่าไรฝุ่นบ้านตายสะสม 100% ความเข้มข้น 1.5% ฆ่าไรฝุ่นบ้านตายสะสม 98.3% ซึ่งเปอร์เซ็นต์การตายนี้ไม่แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การตายของไรที่สัมผัสน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 1 และ 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} และ LC_{90} เท่ากับ 0.177% (0.02 $\mu l/cm^3$) และ 0.503% (0.07 $\mu l/cm^3$) ตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารรมตายของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้านในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (Table 2) พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบ ความเข้มข้น 2.5% ฆ่าไรฝุ่นบ้านตายสูงสุด 90% โดยที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.363% (0.02 $\mu l/cm^3$)

จากผลการศึกษาพบไรฝุ่นบ้านตายมากกว่า 70 และ 85% หลังจากสัมผัสน้ำมันหอมระเหยช่วงความเข้มข้น 0.5-2.5% (0.07-0.33 $\mu l/cm^3$) เป็นเวลานาน 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และไรฝุ่นบ้านตายมากกว่า 50% หลังจากถูกรมด้วยน้ำมันหอมระเหยช่วงความเข้มข้น 1.5-2.5% (0.022-0.04 $\mu l/cm^3$) เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่ใช้ทดสอบในครั้งนี้อาจมีสารเคมีบางชนิดที่ออกฤทธิ์เป็นสารสัมผัสและสารรมต่อไรฝุ่นบ้าน เช่น β-caryophyllene ซึ่ง Oh *et al.* (2014) ได้รายงานไว้ว่าสารนี้ซึ่งเป็นสารเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง (*Psidium cattleianum* Sabine) ซึ่งออกฤทธิ์เป็นสารสัมผัสต่อไรฝุ่นบ้านทำให้ไรฝุ่นบ้านตาย 50% ที่ความเข้มข้น 0.47 $\mu g/cm^2$ ที่เวลา 13.06 ชั่วโมง และยังออกฤทธิ์เป็นสารรม ทำให้ไรฝุ่นบ้านตาย 50% ที่ความเข้มข้น 1.38 $\mu g/cm^2$ ที่เวลา 7.22 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ที่น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง *P. guajava* ออกฤทธิ์เป็นสารสัมผัสและสารรมทำให้ไรฝุ่นบ้านตายได้เช่นเดียวกับน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่ง *P. cattleianum* ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ที่น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้มี β-caryophyllene เป็นองค์ประกอบ และออกฤทธิ์ต่อไรฝุ่นบ้าน ขณะที่นิจศิริ และ พะยอม (2534) รายงานว่าในน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมีสาร Eugenol เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง Kim *et al.* (2003) พบว่า Eugenol ที่พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Eugenia caryophyllata* Thunberg) สามารถฆ่าไรฝุ่นบ้าน *D. pteronyssinus* และ *D. farina* และมีประสิทธิภาพมากเมื่อทดสอบการรมในภาชนะปิด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมในภาชนะปิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการออกฤทธิ์รมตายของ Eugenol ที่อาจเป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งที่นำมาสกัดในครั้งนี้ จากผลการวิจัยที่ได้จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาให้อยู่ในรูปสูตรต้นตำรับที่สามารถนำมาใช้เป็นสารควบคุมไรฝุ่นบ้านได้ อาจจะเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ซักทำความสะอาดเครื่องนอน ที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งเป็นสารจากธรรมชาติ ใช้ทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และยังปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งต่อไรฝุ่นบ้าน *D. pteronyssinus* พบว่าน้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารสัมผัสโดยฆ่าไรฝุ่นบ้านตายสูงสุด 100% ที่ความเข้มข้น 2.5% (0.33 µl/cm^3) และ 2.0% (0.27 µl/cm^3) ในเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.303% (0.04 µl/cm^3) และ 0.177% (0.02 µl/cm^3) ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีค่า LC_{90} เท่ากับ 1.162% (0.15 µl/cm^3) และ 0.053% (0.07 µl/cm^3) ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้น้ำมันหอมระเหยใบฝรั่งยังมีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมโดยฆ่าไรฝุ่นบ้านตายสูงสุด 90% ที่ความเข้มข้น 2.5% (0.04 µl/cm^3) มีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.363% (0.02 µl/cm^3)

Table 1 Contact toxicity of *Psidium guajava* L. essential oil on *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart) at 24 and 48 h after treatment

Concentration % (µl/cm^3)	Contact toxicity (Mean±SE)[1/]	
	Time after treatment (h)	
	24	48
0.5 (0.07)	72.0±5.1 c	89.0±3.4 c
1 (0.13)	83.0±3.1 b	93.3±2.8 bc
1.5 (0.20)	93.3±3.3 a	98.3±1.1 ab
2 (0.27)	96.0±1.5 a	100.0±0.0 a
2.5 (0.33)	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
$F_{(4,55)}$	13.736	5.517
P	<0.01	0.001
%LC_{50}(µl/cm^3)	0.303 (0.04)	0.177 (0.02)
%LC_{90}(µl/cm^3)	1.162 (0.15)	0.503 (0.07)

[1/]Means±SE within the same column followed by the same letters are not significantly different (P = 0.05; DMRT)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ไรฝุ่นบ้าน เพื่อนำมาขยายพันธุ์และใช้ทดสอบในการศึกษาครั้งนี้

Table 2 Fumigant toxicity of *Psidium guajava* L. essential oil on *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart) at 24 h after treatment

Concentration % (µl/cm^3)	Fumigant toxicity (Mean±SE)[1/]
0.5 (0.007)	10.0±2.6 d
1.0 (0.015)	38.3±4.7 c
1.5 (0.022)	51.7±6.1 b
2.0 (0.03)	55.8±2.9 b
2.5 (0.04)	90.0±3.9 a
$F_{(4,55)}$	70.920
P	<0.01
%LC_{50}(µl/cm^3)	1.363 (0.02)

[1/]Means±SE within the same column followed by the same letters are not significantly different (P = 0.05; DMRT)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2548. **สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์ 2 น้ำมันหอมระเหย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ดีไซร์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อำมร อินทร์สังข์. 2553. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยในการควบคุมไรฝุ่น *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart). **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 28(3): 84-91.

ณัฐ มาลัยนวล. 2538. ไรฝุ่น: ตัวการผลิตสารภูมิแพ้ในบ้านเรือน. **จุลสารจุลชีววิทยาปรสิตอิมมิวโนสัมพันธ์** 8(3): 3-9.

ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, Paul G. Fields และ อังศุมาลย์ จันทราปัตย์. 2554. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลขิงในการเป็นสารไล่ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และมอดแป้ง (*Triboliumcastaneum* (Herbst)). **แก่นเกษตร** 39: 346-368.

นิจศิริ เรืองรังสี และ พะยอม ตันติวัฒน์. 2534. **พืชสมุนไพร**. พิมพ์ครั้งที่1. บริษัทโอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ ชูวรเวช และ นพมาศ ชูวรเวช. 2547. **รู้ลึกโรคภูมิแพ้ วิธีเอาชนะโรคภูมิแพ้ด้วยตนเอง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ไทยเวย์ส พับลิเคชั่นส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. 2548. **พจนานุกรมสมุนไพรไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 6. บริษัท อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ.

สาวิตรี ชื่นบาล, จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อำมร อินทร์สังข์. 2558. ประสิทธิภาพการรมของสูตรน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยต่อไรกินเชื้อรา. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 33 (พิเศษ 1): 808-812.

อำมร อินทร์สังข์ และ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน. 2551. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพริกไทยดำ (*Piper nigrum* Linn.) ในการฆ่าไรฝุ่น *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart). **วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร** 39(พิเศษ 3): 468-471.

อำมร อินทร์สังข์ และ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน. 2552. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อไรฝุ่น *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart). **วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 37(2): 183-191.

Chen, H.C., M.J. Sheu, L.Y. Lin and C.M. Wu. 2007. Chemical composition of the leaf essential oil of *Psidium guajava* L. from Taiwan. **Journal of Essential Oil Research** 19(4): 345-347.

Insung, A. and J. Boczek. 1995. Effect of some extracts of medicinal and spicy plants on acarid mites, pp. 211-223. *In* **Proceedings of the Symposium on Advances of Acarology in Poland.** Poland.

Khadhri, A., R.E. Mokni, C. Almeida, J.M.F. Nogueira and M.E.M. Araujo. 2014. Chemical composition of essential oil of *Psidium guajava* L. growing in Tunisia. **Industrial Crops and Products** 52: 29-31.

Kim, E.H., H.K. Kim and Y.J. Ahn. 2003. Acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Dermatophagoides farina* and *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 51(4): 885-889.

Kim, H.K., J.H. Tak and Y.J. Ahn. 2004. Acaricidal activity of *Paenoia suffruticosa* root bark-derived compounds against *Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 52(26): 857-861.

McDonald, L.G. and E. Tovey. 1993. The effectiveness of benzyl benzoate and some essential plant oils as laundry additives for killing house dust mites. **Journal of Allergy and Clinical Immunolog**y 92(5): 771-772.

Oh, M.S. J.Y. Yang, M.G. Kim and H.S. Lee. 2014. Acaricidal activities of β-caryophyllene oxide and structural analogues derived from *Psidium cattleianum* oil against house dust mites. **Pest Management Science** 70: 757-762.

Rajkumar, S. and A. Jebanesan. 2007. Repellent activity of selected plant essential oils against the malarial fever mosquito *Anopheles stephensi*. **Tropical Biomedicine** 24(2): 71-75.

Rouseff, R.L., E.O. Onagbola, J.M. Smoot and L.L. Stelinski. 2008. Sulfur volatiles in guava (*Psidium guajava* L.) leaves: Possible defense mechanism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 56: 8905-8910.

Thavara, U., A. Tawatsin, P. Bhakdeenuan, P. Wongsinkongman, T. Boonruad, J. Bansiddhi, P. Chavalittumrong, N. Komalamisra, P. Siriyasatien and M.S. Mulla. 2007. Repellent activity of essential oils against cockroaches (Dictyoptera: Blattidae, Blattellidae, and Blaberidae) in Thailand. **Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health** 38(4): 663-673.

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตและลักษณะประจำพันธุ์บางประการของมะขาม 19 พันธุ์

Comparison on Growth, Yield and Some Characteristics of 19 Cultivars of Tamarind (*Tamarindus indica* Linn.)

เรืองศักดิ์ กมขุนทด[1*] พินิจ กรินท์ธัญญกิจ[1] และกวิศร์ วานิชกุล[2]

Ruangsak Komkhuntod[1*], Pinit Karintanyakit[1] and Kawit Wanichkul[2]

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตและลักษณะประจำพันธุ์บางประการของมะขาม 19 พันธุ์อายุ 5 ปีหลังปลูก ในสถานีวิจัยปากช่อง ระหว่างเดือนเมษายน 2557–มีนาคม 2558 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 19 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 5 ซ้ำ พบว่าการเจริญเติบโตของลำต้นและผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์สระแก้วมีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงสุด 21.25 เมตรและมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยสูงสุด 6.16 เมตร พันธุ์สะทิงพระมีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุด 5.96 เมตร พันธุ์ฝักตรงมีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 38.64 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนลักษณะที่เปรียบเทียบคือ ผิวเปลือกของลำต้นแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มของมะขามหวานผิวเปลือกค่อนข้างเรียบ 5 พันธุ์และกลุ่มที่เป็นมะขามเปรี้ยวผิวเปลือกจะเป็นร่องลึก 14 พันธุ์ สีของยอดอ่อนแยกออกเป็น 2 กลุ่มสีคือกลุ่มยอดสีแดงอมชมพูมีจำนวน 13 พันธุ์กับกลุ่มยอดสีเขียวอ่อนจำนวน 6 พันธุ์ สีของกลีบเลี้ยงแยกออกเป็น 2 กลุ่มสีคือกลุ่มกลีบสีแดงอมชมพูมีจำนวน 13 พันธุ์กับกลุ่มกลีบสีเหลืองอมเขียวจำนวน 6 พันธุ์

ABSTRACT

The comparative study on growth, yield and some characteristics of nineteen tamarind cultivars at 5 years old was studied. All cultivars were grown at Pakchong Research Station during April 2014 - March 2015. The experiment was designed in completely randomized design with 19 treatments, 5 replications per treatment. The results revealed that growth and yield of nineteen tamarind cultivars were significantly different. Sakaew cultivar was the highest average of stem diameter 21.25 centimeters and was the highest average of canopy diameter 6.16 meters. Sathingpra cultivar was the highest average of height 5.96 meters. Fuktrong cultivar had the highest yield 38.64 kilograms per plant. The trunk surface can be identified into 2 groups, five cultivars of sweet tamarind group were smooth, were as thirteen cultivars of sour tamarind group were grooved. The color of shoot tip of thirteen cultivars was in Red Group and six cultivars was in Green Yellow Group. The color of sepals of thirteen cultivars was in Red Group and six cultivars was in Yellow Green Group.

Key Words: tamarind, characteristic, comparison, growth, yield

* Corresponding author e-mail address: jsrsk@ku.ac.th

[1]สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครราชสีมา 30130

[1]Pakchong Research Station, Department of Horticulture, Kasetsart University, Nakhon Ratchasima 30130 Thailand

[2]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kampahaengsaen, Kasetsart University, Kampahaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140 Thailand

คำนำ

มะขาม *Tamarindus indica* Linn. (Hickey and King, 2000) เป็นพืชวงศ์ถั่วอายุหลายปีประเภทยืนต้นที่มีพุ่มขนาดใหญ่มีความสูงได้ถึง 30 เมตร มีแหล่งกำเนิดเป็นพืชพื้นเมืองของแอฟริกาบริเวณอบีสเนียจนถึงบริเวณลุ่มน้ำแซมเบไซในประเทศอินเดียตอนใต้ (Salunke and Dejai, 1984) ผลิตผลมะขามเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ โดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549)

พันธุ์มะขามที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทยสามารถแบ่งกลุ่มตามรสชาติได้เป็น 2 กลุ่ม คือมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว (ประเสริฐ, 2522) ปัจจุบันมีพันธุ์มะขามหวานมากกว่า 20 พันธุ์ เช่นพันธุ์หมื่นจง ศรีชมพู ประกายทอง ขันตี สีทอง น้ำผึ้ง ปลาดุก ขุนสรรพ และนาทรายเป็นต้น (ดีพร้อม, 2533) โดยมีผู้รายงานและศึกษาที่มาและลักษณะประจำพันธุ์เบื้องต้นบ้างแล้วเช่นพันธุ์หมื่นจง และสีทอง (สุรพงษ์ และจิตกร, 2534) พันธุ์ศรีชมพู ขันตีและประกายทอง (ธวัชชัย และศิวาพร, 2542) พันธุ์ประกายทอง ขันตี สีทอง ศรีชมพู และหมื่นจง (สุรีวรรณ, 2549) ส่วนมะขามเปรี้ยวพบว่ามีรายงานลักษณะประจำพันธุ์ 5 พันธุ์ คือพันธุ์ปากช่อง 1 พระเจ้าตาก เบอร์ 11 ฤทธิศร และศรีปากช่อง (กวิศร์ และคณะ, 2552) และมีพันธุ์ปลูกอีกจำนวนมากที่พบว่ามีการปลูกแต่ยังไม่มีรายงาน ซึ่งพันธุ์ต่างๆคาดว่าเกิดจากการผสมเกสรตามธรรมชาติแล้วมีการกระจายตัว (segregate) จากพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมคือมะขามกระดานและมะขามขี้แมว จึงควรต้องศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ การเจริญเติบโต และผลผลิตของพันธุ์มะขามที่เกษตรกรปลูกเชิงการค้า ซึ่งเรืองศักดิ์ และคณะ (2557) ได้รายงานไว้เมื่ออายุ 4 ปีหลังปลูกจำนวน 19 พันธุ์ ซึ่งเป็นมะขามหวาน 5 พันธุ์และมะขามเปรี้ยว 14 พันธุ์ แต่เนื่องจากมะขามเป็นพืชอายุยืนนานอายุของการเจริญพันธุ์ช้ารวมทั้งมีความแปรปรวนเรื่องผลผลิตเช่นการออกดอกติดฝักปีเว้นปี จึงต้องเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ การเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มเติมเป็นปีที่ 5 หลังปลูกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต การคัดเลือกพันธุ์เพื่อแนะนำเกษตรกร และการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา

ต้นมะขามจำนวน 19 พันธุ์ พันธุ์ละ 5 ต้นที่ปลูกระยะ 4x8 เมตร อายุ 5 ปีหลังปลูก ในแปลงรวบรวมพันธุ์มะขามของสถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยแยกเป็นมะขามหวาน 5 พันธุ์คือ สีทอง หมื่นจง ประกายทอง ศรีชมภู และขันตี มะขามเปรี้ยว 14 พันธุ์คือ พระเจ้าตาก ปากช่อง 3 ดกกิ่งหัก สะทิงพระ อินทร ปากช่อง 4 ปากช่อง 5 กระดาน ไชยโกมินทร์ สระแก้ว ฝักตรง ฤทธิศร หนองสาหร่าย และปากช่อง 1

การปฏิบัติดูแลรักษา

การให้น้ำดำเนินการสัปดาห์ละครั้ง ครั้งละ 200 ลิตรต่อต้นเฉพาะในช่วงเร่งออกดอกและการเจริญเติบโตของฝัก กำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมีฉีดพ่นเดือนละครั้ง การให้ปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ใส่มูลไก่ต้นละ 20 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 1.0 กิโลกรัมต่อต้นในช่วงเร่งการออกดอก(เดือนเมษายน) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 1.0 กิโลกรัมต่อต้นในช่วงการเจริญเติบโตของฝัก(เดือนมิถุนายน) ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 1.0 กิโลกรัมต่อต้นในช่วงฝักเริ่มแก่เมล็ดเริ่มเปลี่ยนสี(เดือนตุลาคม) (ชูศักดิ์, 2544) การป้องกันกำจัดโรคและแมลงโดยการฉีดพ่นสารเคมีตามอาการของโรคและชนิดแมลงที่พบตามอัตราที่แนะนำ และเก็บเกี่ยวเมื่อฝักสุกทั้งฝักโดยทยอยเก็บทีละฝัก

การเก็บข้อมูล

เริ่มเก็บฝักสุกตั้งแต่เดือนธันวาคม 2557 – มีนาคม 2558 แล้วเก็บข้อมูลดังนี้คือ

1) ลักษณะต้นคือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเหนือพื้นดิน 15 เซนติเมตร (เซนติเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มบริเวณที่กว้างที่สุด (เมตร) และความสูงของต้นจากโคนถึงปลายยอด (เมตร)
2) ผลผลิตฝักสุกต่อต้น โดยการชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม)
3) ลักษณะประจำพันธุ์ (characteristics) ได้แก่ ลักษณะผิวเปลือกของลำต้น สีของยอดอ่อน และสีกลีบเลี้ยงของดอก (เทียบสีด้วยแผ่นเทียบสีของ The Royal Horticultural Society)

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 5 ซ้ำ(ซ้ำละ 1 ต้น) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณผลผลิต

พบว่ามะขามพันธุ์เปรียบเทียบออกดอกและติดฝักเพิ่มมากขึ้น โดยในกลุ่มพันธุ์ของมะขามเปรี้ยวจะให้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มพันธุ์มะขามหวานซึ่งให้ผลผลิตน้อยมาก สอดคล้องกับรายงานผลในปีที่ 4 ซึ่งเป็นปีแรกที่มะขามเริ่มให้ผลผลิตโดยมีการออดอกและติดฝักได้ทุกพันธุ์ในแต่ในกลุ่มมะขามหวานมีการติดฝักน้อยมาก พันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุดในปีที่ 5 คือมะขามเปรี้ยวพันธุ์ฝักตรงเฉลี่ยเท่ากับ 38.64 กิโลกรัมต่อต้น ใกล้เคียงกับไชยโกมินทร์ และสระแก้วที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 35.98 และ 28.82 กิโลกรัมต่อต้นตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์อื่นๆ และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้อยที่สุดคือมะขามหวานพันธุ์สีทองเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 กิโลกรัมต่อต้น (Table 1) โดยมีรายงานการให้ผลผลิตของมะขามเปรี้ยวพันธุ์ศรีษะเกษ 019 ในศูนย์วิจัยพืชสวนศรีษะเกษที่อายุ 3-8 ปีมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 9.13 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ชูศักดิ์, 2544) ซึ่งคาดว่าผลผลิตที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้มีแนวโน้มจะมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่าด้วยหากมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มพันธุ์มะขามเปรี้ยวเนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีฝักขนาดใหญ่ที่ผ่านการคัดเลือกจากเกษตรกรสำหรับปลูกเป็นการค้ามาในระดับหนึ่งแล้ว รวมทั้งปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกว่าทั้งสภาพของดิน ภูมิอากาศ และการปฏิบัติดูแลรักษาที่ดี

ลักษณะลำต้น

มะขามทุกพันธุ์มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดของลำต้น ขนาดของทรงพุ่ม และความสูงแตกต่างกันโดยในกลุ่มของมะขามหวานมีการเจริญเติบโตช้ากว่าในกลุ่มของมะขามเปรี้ยวในทุกๆด้านคือ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น เมื่อวัดที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตร มะขามเปรี้ยวพันธุ์สระแก้วมีเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด 21.25 เซนติเมตรใกล้เคียงกับพันธุ์พระเจ้าตากที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.51 เซนติเมตร และพันธุ์ไชยโกมินทร์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.32 เซนติเมตรตามลำดับซึ่งเป็นมะขามเปรี้ยวฝักใหญ่เหมือนกันและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่เติบโตน้อยที่สุดคือมะขามหวานพันธุ์ขันตีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.37 เซนติเมตร (Table 1) ซึ่งสอดคล้องและเกี่ยวเนื่องกับรายงานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นในปีที่ 4 พันธุ์สระแก้วมีการเจริญเติบโตดีสม่ำเสมอกันทุกต้นจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยออกมาสูงมากว่าพันธุ์อื่น ๆ (เรืองศักดิ์, 2557)

ขนาดของทรงพุ่ม พันธุ์ที่มีขนาดทรงพุ่มใหญ่ที่สุดคือมะขามเปรี้ยวพันธุ์สระแก้วมีขนาดของทรงพุ่มเฉลี่ยสูงที่สุด 6.16 เมตร ใกล้เคียงกับพันธุ์สะทิงพระที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.96 เมตร พันธุ์พระเจ้าตากที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71 เมตร พันธุ์ไชยโกมินทร์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.54 เมตร และฝักตรงที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.30 เมตรตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์อื่น ๆ ส่วนพันธุ์ที่มีขนาดของทรงพุ่มเล็กที่สุดคือมะขามหวานพันธุ์ศรีชมภูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30 เมตร (Table 1)

ความสูงของต้น พันธุ์ที่มีการเติบโตดีที่สุดคือมะขามเปรี้ยวพันธุ์สะทิงพระมีความสูงของลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด 5.96 เมตร ใกล้เคียงกับพันธุ์ปากช่อง 3 ที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.72 เมตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับพันธุ์อื่น ๆ โดยพันธุ์ที่มีความสูงน้อยที่สุดคือ มะขามหวานพันธุ์สีทองมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.76 เมตร (Table 1) สอดคล้องและเกี่ยวเนื่องกับรายงานด้านความสูงของต้นในปีที่ 3 และ 4 ว่ามะขามหวานพันธุ์สีทองมีความสูงของลำต้นน้อยที่สุด ส่วนพันธุ์ที่มีลำต้นสูงที่สุดคือพันธุ์สะทิงพระซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกับพันธุ์ปากช่อง 3 (เรืองศักดิ์ และคณะ, 2557)

ลักษณะประจำพันธุ์บางประการของมะขามพันธุ์เปรียบเทียบ

ลักษณะผิวเปลือกของลำต้น พบว่าเปลือกของลำต้นมะขามทุกพันธุ์มีลักษณะแยกเป็นร่องยาวตามความยาวของลำต้นหรือกิ่ง แต่มีความตื้นลึกไม่เท่ากันในแต่ละพันธุ์ สามารถแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ลักษณะเป็นร่องตื้นสันเล็กค่อนข้างเรียบ ลักษณะนี้พบในกลุ่มพันธุ์มะขามหวานทั้งหมดกับลักษณะเป็นร่องลึกสันใหญ่ขรุขระลักษณะนี้พบในกลุ่มพันธุ์มะขามเปรี้ยวทั้งหมด (Table 2) ตรงกับรายงานของ กวิศร์(2552)ว่าโดยทั่วไปมะขามมีลำต้นคดงอเปลือกขรุขระ และแตกเป็นร่องเล็กๆตามแนวยาวของลำต้นแต่มีความลึกต่างกัน

สีของยอดอ่อน พบว่ามีสีแตกต่างกันสามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่มสี คือกลุ่มยอดสีแดงอมชมพูจะมีความเข้มจากสีชมพูอ่อนๆไปจนถึงสีแดงอมชมพูในกลุ่มนี้มีจำนวน 13 พันธุ์ และกลุ่มยอดสีเขียวอ่อนจะมีความเข้มของสีจากสีเขียวอ่อน ๆ จนกระทั่งสีเขียวอมเหลืองในกลุ่มนี้มีจำนวน 6 พันธุ์(Table 2)

สีของกลีบเลี้ยงของดอก พบว่ามีสีแตกต่างกันสามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่มสี คือกลุ่มกลีบสีแดงอมชมพูจะมีความเข้มจากสีชมพูอ่อนๆไปจนถึงสีแดงอมชมพูคล้าย ๆ กับสีของยอดอ่อนในกลุ่มนี้มีจำนวน 13 พันธุ์ และกลุ่มยอดสีเหลืองอ่อนจะมีความเข้มของสีจากสีเหลืองอมเขียวหรือสีครีมจนกระทั่งสีเหลืองอ่อน ๆ ในกลุ่มนี้มีจำนวน 6 พันธุ์ (Table 2)

จากการศึกษาลักษณะทั้ง 3 ลักษณะ พบว่ามี 2 ลักษณะที่มีการแสดงออกที่เกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงกันคือลักษณะของสีของยอดอ่อนกับสีของกลีบเลี้ยงของดอก กล่าวคือพันธุ์ที่มียอดอ่อนอยู่ในกลุ่มโทนสีชมพูก็จะมีสีของกลีบดอกเป็นสีชมพูด้วยซึ่งก็จะมีความเข็มของสีไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนพันธุ์ที่มียอดอ่อนโทนสีเขียวอ่อนก็จะมีสีของกลีบดอกเป็นสีเขียมอมเหลืองซึ่งเป็นโทนสีเดียวกันเช่นกัน

Table 1 Stem diameter, canopy diameter, height and yield of nineteen tamarind cultivars after grown 5 year-old

Cultivars	Stem diameter (cm)	Canopy diameter (m)	Height (m)	Yield (kg/plant)
Srithog	12.87gh	4.30fg	2.76i	0.80g
Muenjong	11.36hi	3.87gh	3.00i	1.26fg
Pragaythong	11.34hi	2.37i	4.2gh	1.02g
Srichompoo	13.81f-h	2.30i	4.94c-f	3.32d-g
Khunti	9.37i	3.16hi	4.64c-f	3.72d-g
Prajaotak	19.51ab	5.71a-c	4.28f-h	7.16c-g
Pakchong 3	15.93c-g	4.75d-g	5.72ab	9.80c-g
Dok Ginghuk	15.85c-g	5.07b-f	5.08b-d	27.84b
Sathingpra	17.99b-e	5.96ab	5.96a	16.44c
Inthorn	16.84b-f	4.90c-f	5.16bc	12.10c-e
Pakchong 5	14.82e-g	4.54e-g	3.94h	6.30c-g
Pakchong 4	14.86d-g	3.92gh	4.4d-h	10.72c-g
Kradan	13.81f-h	4.60eg	4.36e-h	2.64e-g
Chikomine	18.32a-c	5.54a-d	4.8c-g	35.98ab
Sakaew	21.25a	6.16a	5.04b-e	28.82ab
Fuktrong	15.63c-g	5.30a-e	4.92c-f	38.64a
Ritthisorn	17.73b-e	4.84c-f	4.20gh	5.90d-g
Nhong Salay	16.68b-f	4.98c-f	5.24bc	11.46c-f
Pakchong 1	18.02b-d	4.62e-g	4.66c-g	13.50cd
F-test	**	**	**	**
CV(%)	16.26	15.66	12.34	65.29

** Significant difference at $P < 0.01$, respectively

Table 2 Some of characters of nineteen tamarind cultivars after grown 5 year-old

Cultivars	Trunk surface	Color of shoot tip	Color of sepal
Srithong	smooth	red-group 37 C	red-group 51 A
Muenjong	smooth	red-group 37 B	red-group 51 A
Pragaythong	smooth	green-yellow group 1 B	yellow-green group 145 A
Srichompoo	smooth	red-group 56 A	red-group 44 A
Khunti	smooth	red-group 37 C	red-group 51 A
Prajaotak	grooved	red-group 37 A	red-group 43 A
Pakchong 3	grooved	green-yellow group 1 B	yellow-green group 145 A
Dok Ginghuk	grooved	green-yellow group 1 C	yellow-green group 1 C
Sathingpra	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A
Inthorn	grooved	red-group 37 A	red-group 45 A
Pakchong 5	grooved	red-group 36 A	red-group 45 A
Pakchong 4	grooved	green-yellow group 1 B	yellow-green group 145 A
Kradan	grooved	green-yellow group 1 B	yellow-green group 145 A
Chikomine	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A
Sakaew	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A
Fuktrong	grooved	green-yellow group 1 B	yellow-green group 145 A
Ritthisorn	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A
Nhong Salay	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A
Pakchong 1	grooved	red-group 37 A	red-group 51 A

สรุป

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะขามที่อายุ 5 ปีหลังปลูก มะขามทุกพันธุ์มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดของลำต้น ขนาดของทรงพุ่ม และความสูงแตกต่างกัน โดยในกลุ่มของมะขามหวานมีการเจริญเติบโตช้ากว่าในกลุ่มของมะขามเปรี้ยว กลุ่มพันธุ์มะขามเปรี้ยวจะให้ผลผลิตสูงกว่ากลุ่มพันธุ์มะขามหวานที่ให้ผลผลิตน้อยมาก ลักษณะประจำพันธุ์บางประการของพันธุ์เปรียบเทียบที่ศึกษาคือ ลักษณะผิวเปลือกของลำต้นแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ลักษณะเป็นร่องตื้นสันเล็กค่อนข้างเรียบ พบในกลุ่มพันธุ์มะขามหวานทั้งหมด และลักษณะเป็นร่องลึกสันใหญ่ขรุขระ พบในกลุ่มพันธุ์มะขามเปรี้ยวทั้งหมด สีของยอดอ่อน แบ่งออกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่มสีคือ กลุ่มยอดสีแดงอมชมพูจะมีความเข้มจากสีชมพูอ่อน ๆ ไปจนถึงสีแดงอมชมพูและกลุ่มยอดสีเขียวอ่อนจะมีความเข้มของสีจากสีเขียวอ่อน ๆ จนกระทั่ง สีเขียวอมเหลือง สีของกลีบเลี้ยงของดอก

แบ่งออกเป็นกลุ่มได้ 2 กลุ่มสีคือ กลุ่มกลีบสีแดงอมชมพูจะมีความเข้มจากสีชมพูอ่อนๆไปจนถึงสีแดงอมชมพู และกลุ่มยอดสีเหลืองอ่อนจะมีความเข้มของสีจากสีเหลืองอมเขียวหรือสีครีมจนกระทั่งสีเหลืองอ่อน ๆ โดยมี 2 ลักษณะที่มีการแสดงออกเหมือนกันคือสีของยอดอ่อนกับสีของกลีบเลี้ยงของดอก

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล เรืองศักดิ์ กมขุนทด และจุฑาภรณ์ ยนตมุติ. 2552. **การเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามเปรี้ยว 5 พันธุ์.** วารสารเกษตรนเรศวร 1(12): 63-73.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. **มะขาม.** http://www.doae.go.th.
แหล่งที่มา : http://www.doae.go.th/data/kasetF.htm. 4 เมษายน 2549.

ชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2544. **การปลูกมะขาม.** โรงพิมพ์กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2533. **มะขามหวาน เล่ม 3.** อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 88 น.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ,และศิวาพร ธรรมดี. 2542. **พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย: คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับปลูก.** รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 292 น.

เรืองศักดิ์ กมขุนทด, พินิจ กรินท์ธัญญกิจ, กัลยาณี สุวิทวัส, ขวัญหทัย ทะนงจิตร, พิมพ์นิภา เพ็งช่าง, และกวิศร์ วานิชกุล. 2557ก. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการรวบรวมเชื้อพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์มะขาม ทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปีงบประมาณ 2557**. 37 น.

เรืองศักดิ์ กมขุนทด พินิจ กรินท์ธัญญกิจ กัลยาณี สุวิทวัส ขวัญหทัย ทนงจิตร พิมพ์นิภา เพ็งช่าง และกวิศร์ วานิชกุล. 2557ข. **มะขามพันธุ์ที่มีการเติบโต และให้ผลผลิตสูงในสถานีวิจัยปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา**, น. 437-440. *ใน* รายงานการประชุมพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 12, ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ

ประเสริฐ อนุพันธ์. 2522. มะขามหวาน. **วิทยาสารกองพืชสวน.** 3(3): 87-90.

สุรพงษ์ ไพชยนต์, และจิตรกร เรืองเสน. 2534. พันธุ์มะขามหวาน. **ข่าวสารเกษตรศาสตร์**, 36(3): 7-16.

สุรีวรรณ สุคนธรส. 2549. **การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามหวาน 5 พันธุ์.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Hickey M. and C. King. 2000. **Cambridge Illustrated Glossary of Botanical Terms.** Cambridge University Press, Cambridge. 208 pp.

Salunkhe, D.K. and B.B. Dejai. 1984. **Portharvest Biotechnology of Fruits Volume II.** CRC Press. Boca Raton, Florida.

การจัดการวัชพืชโดยใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชก่อนงอกในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Weed Management by Pre-Emergence Herbicide in Maize

ประกายรัตน์ โภคาเดช[1*] สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์[1] อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช[2] จุฑามาศ ร่มแก้ว[3] และสดใส ช่างสลัก[4]

Prakayrat Phocadate[1*] Sarawut Rungmekharat[1] Udomsak Lertsuchatavanich[2]

Jutamas Romkaew[3] and Sodsai Changsaluk[4]

บทคัดย่อ

การใช้สารควบคุมวัชพืชก่อนงอกในแปลงข้าวโพด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืช และผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ระหว่างเดือนธันวาคม 2559 ถึง เมษายน 2560 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ จำนวน 12 สิ่งทดลอง ได้แก่ acetochlor, s-metolachlor, alachlor, clomazone, metribuzine, amicabozone, flumioxazine, nicosulfuron, atrazine และ pendimathalin เปรียบเทียบกรรมวิธีที่กำจัดวัชพืชด้วยจอบ และไม่กำจัดวัชพืช ผลการทดลองพบว่า สารป้องกันกำจัดวัชพืช pendimathalin, nicosulfuron และ atrazine สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ถึง 60 วันหลังพ่นสาร และไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต ความชื้นเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และความสูงต้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 4452 ให้ผลผลิตระหว่าง 891 – 1,026 กิโลกรัมต่อไร่

ABSTRACT

The experiment is pre-emergence herbicides application for weed control in maize. The objective was to study on the efficiency of herbicides and their effect on field maize at the National Corn and Sorghum Research Center, during December 2016 - April 2017. It was laid out in RCB design with 3 replications of 12 treatments including; acetochlor, s-metolachlor, alachlor, clomazone, metribuzine, amicabozone, flumioxazine, nicosulfuron, atrazine and pendimathalin compared with hand weeding and non-weeding. The results revealed that application of pendimathalin, nicosulfuron and atrazine gave as good weed control for 60 day after application. All herbicides treatments were not affect to corn yield, seed moisture content, shelling percentage and plant height. Yield of SW4452 from the experiment were 891 – 1,026 kg/rai.

Key words; pre-emergence herbicide, weed control, corn

*Corresponding author; e-mail address: Nammr@hotmail.com

[1]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[2]Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

[3]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

[3]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaengsan, Kasetsart University, Nakhonpatom 73140

[4]ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กลางดง ปากช่อง นครราชศรีมา 30320

[4]National Corn and Sorghum Research Cente, Kasetsart University, Klang Dong, Pak Chong, NakhonRatchasima 30320

คำนำ

ในปัจจุบันวัชพืชเป็นหนึ่งในศัตรูพืชที่สำคัญสำหรับการผลิตพืชหลายชนิด แม้ว่าข้าวโพดเป็นพืชที่แข็งแรงและมีการเจริญเติบโตสูง แต่อ่อนแอต่อการแข่งขันจากวัชพืช (James *et al.* 2000) วัชพืชที่ขึ้นรบกวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง ทำให้เกิดการสูญเสียมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (Rahman, 1985) ถ้าปลูกพืชในพื้นที่ขนาดเล็กมักจะไม่ค่อยมีปัญหากับการกำจัดวัชพืช เนื่องจากเกษตรกรสามารถดูแลเอาใจใส่อย่างทั่วถึง แต่การควบคุมวัชพืชในพื้นที่ขนาดใหญ่ เกษตรกรมักจะขาดแรงงานที่กำจัดวัชพืชได้ทันเวลา ในปัจจุบันขาดแคลนแรงงาน และค่าจ้างแรงงานสูง (สดใส และคณะ, 2558) ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ดังนั้นการใช้สารกำจัดวัชพืชจึงมีความสำคัญในการควบคุมวัชพืช เนื่องจากสะดวก ต้นทุนต่ำมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง (พรชัย , 2531) การเลือกใช้สารควบคุมวัชพืชก่อนงอก เป็นสารประเภทเลือกทำลาย มีผลกระทบต่อพืชปลูกน้อย (สดใส และคณะ, 2558) อย่างไรก็ตามการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและผลผลิตของพืชปลูก จึงควรเลือกใช้สารที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสภาพแวดล้อม (สดใส และคณะ, 2552) ทำให้การใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมได้กลายเป็นส่วนสำคัญของการเกษตร (Pimentel, 1986)

การตระหนักถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของเกษตรกรที่เพิ่มขึ้น ทำให้กระตุ้นความสนใจในการค้นหาสารกำจัดวัชพืชใหม่ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม (Lydon and Duke, 1987) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกในการควบคุมวัชพืช ในแปลงผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อจะได้นำวิธีการที่มีประสิทธิภาพไปแนะนำและเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 4452 ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ระหว่างเดือนธันวาคม 2559 ถึง เมษายน 2560 เตรียมแปลงปลูกโดยไถ 2 ครั้ง คือไถดะ 1 ครั้ง ด้วยผาน 3 และไถแปร 1 ครั้ง ด้วยผาน 7 เพื่อเป็นการย่อยดินให้ละเอียดแล้วยกร่องก่อนปลูก ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดแปลงย่อย กว้าง 3.75 เมตร ยาว 5 เมตร ระยะปลูก 75x25 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม พ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก หลังปลูก 1 วัน ได้แก่ pendimathalin, atrazine, nicosulfuron, amicabozone, flumioxazine, metribuzine, clomazone, s-metolachlor, acetochlor และ amicarbazone การถอนวัชพืชด้วยมือ เมื่ออายุข้าวโพดอายุ 30 และ 60 วัน และแปลงควบคุม จะไม่มีการถอนและพ่นสาร การใช้โดยใช้ถังพ่นสารแบบสะพายหลัง ปริมาณน้ำผสม 80 ลิตรต่อไร่ ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดการกำจัดวัชพืช ดัง Table 1

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลที่ศึกษาจาก 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย บันทึกข้อมูลดังนี้

1. ความเป็นพิษต่อพืชปลูก โดยการประเมินด้วยสายตา ได้มีเกณฑ์การประเมิน คือ 0 ถึง 100 (0 = พืชปลูกไม่เป็นอันตราย และ 100 = พืชปลูกตาย) ที่ 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร (Bryan, 1997)

2. การควบคุมวัชพืช โดยการประเมินด้วยสายตา ได้มีเกณฑ์การประเมิน คือ 0 ถึง 100 (0= ควบคุมวัชพืชไม่ได้ และ 100 = ควบคุมวัชพืชได้อย่างสมบูรณ์) ที่ 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร (Bryan, 1997)

3. ชนิด ปริมาณ และน้ำหนักแห้งของวัชพืช สุ่มนับโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมขนาด 0.5 x 0.5 เมตร จำนวน 2 จุดต่อแปลงย่อย ที่ 60 วันหลังพ่นสาร

4. ความสูงต้น (เซนติเมตร) (วัดจากพื้นดินถึงใบธง) หลังพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 30, 60 วันหลังปลูก

5. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

Table 1 Pre-emergence herbicide use in maize.

Treatments	Rate (g ai/rai)
1. acetochlor	250
2. s-metolachlor	288
3. alachlor	336
4. clomazone	144
5. metribuzin	96
6. amicarbazone	70
7. flumioxazine	10
8. nicosulfuron	9.6
9. atrazine	480
10. pendimethalin	264
11. Hand weeding	at 4 and 8 weeks
12. Control	-

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความเป็นพิษต่อข้าวโพด

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อพืชปลูก พบว่า ที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร มีความแตกต่างทางสิถิติ atrazine และ s-metolachlor ไม่มีความเป็นพิษต่อพืชปลูก pendimethalin, nicosulfuron, flumioxazine, alachlor , amicabarzone, acetochlor และ metribuzin ข้าวโพดแสดงอาการเป็นพิษต่อพืชปลูกเล็กน้อย แต่ที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ข้าวโพดไม่แสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงาน สิริชัย และคณะ (2554) ที่ระบุว่า flumioxazin, s-metolachlor, pendimethalin, nicosulfuron และ isoxaflutole เป็นพิษต่อต้นข้าวโพดเล็กน้อยโดยที่ระยะ 30 วัน หลังพ่นสาร ต้นข้าวโพดไม่แสดงอาการเป็นพิษในทุกกรรมวิธี

clomazone ที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร มีความเป็นพิษต่อพืชปลูกสูง (35%) (Table 2) และทำให้ต้นเจริญเติบโตผิดปกติ แต่ที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ใบที่แตกใหม่กลับเจริญเติบโตเช่นเดียวกับใบปกติ

ความสูงต้นข้าวโพดที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร กำจัดวัชพืชชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าการใช้ clomazone มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง เนื่องจากความเป็นพิษจาก clomazone ทำให้ข้าวโพด

ชะงักการเจริญเติบโต และมีความสูงต่ำกว่าทุกกรรมวิธี คือมีค่าเฉลี่ย 58.75 เซนติเมตร แต่ที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

การควบคุมวัชพืช

การควบคุมวัชพืชที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร พบว่า การถอนวัชพืชด้วยมือ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีที่สุด ส่วน clomazone, pendimethalin, amicabarzone, s-metolachlor, acetochlor, atrazine, flumioxazine และ nicosulfuron สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีใกล้เคียงกัน คือ 85.0, 82.5, 77.5, 77.5, 75.0, 72.5, 72.5 และ 70.0% ตามลำดับ alachlor และ metribuzin ควบคุมวัชพืชได้ค่อนข้างดี คือ 67.5 และ 62.5 % ตามลำดับ เมื่อประเมินที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชลดลง pendimethalin และ clomazone สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีใกล้เคียงกัน คือ 72.5 และ 70.0 % ตามลำดับ nicosulfuron,atrazine, amicabarzone และ flumioxazine สามารถควบคุมวัชพืชรวมได้ค่อนข้างดี คือ 67.5, 67.5, 60.0 และ 60.0 % ตามลำดับ s-metolachlor, alachlor, metribuzin และ acetochlor ควบคุมวัชพืชรวมได้ระดับปานกลาง คือ 55.0, 52.5, 52.5 และ 50.0 % ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ สดใส และคณะ (2550) พบว่า pendimethalin ซึ่งควบคุมวัชพืชได้ระดับดี (70 %) atrazine และ alachlor ควบคุมวัชพืชได้ในระดับปานกลาง (62 และ 67 % ตามลำดับ) แต่สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดไม่สามารถควบคุมแห้วหมู และหญ้าโขย่งได้

ปริมาณของวัชพืช

จากการสุ่มนับวัชพืช ที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร พบว่า pendimethalin, atrazine, nicosulfuron และ metribuzin มีจำนวนวัชพืชน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืชตัวอื่น และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แปลงที่ใช้สารกำจัดวัชพืชทุกกรรมวิธีมีจำนวนวัชพืชรวมต่ำกว่าแปลงไม่กำจัดวัชพืช (Table 3)

น้ำหนักแห้งวัชพืช

น้ำหนักแห้งของวัชพืชที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร พบว่า pendimethalin ให้น้ำหนักแห้งวัชพืชต่ำสุดเมื่อเทียบกับสารกำจัดวัชพืชตัวอื่น คือ 173.50 กรัมต่อ 0.5 ตารางเมตร ซึ่งวัชพืชส่วนใหญ่เป็นพวกใบกว้าง และ alachlor ให้น้ำหนังแห้งวัชพืชสูงสุดเมื่อเทียบกับสารกำจัดวัชพืชตัวอื่น (Table 3) สอดคล้องกับรายงานของ สดใส และคณะ (2550) ที่พบว่า alachlor ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด น้ำหนักแห้งของแปลงที่ใช้สารทุกกรรมวิธีให้น้ำหนักแห้งใกล้เคียงกัน กรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยจอบให้น้ำหนักแห้งวัชพืชต่ำสุด

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ความชื้นของเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และผลผลิตข้าวโพดในกรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดวัชพืช และกรรมวิธีที่กำจัดวัชพืชด้วยจอบและไม่กำจัดวัชพืช พบว่า ความชื้นเมล็ดมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วง 23.23 - 25.90 % เปอร์เซ็นต์กะเทาะ มีค่าไม่แตกต่างกันในช่วง 75.99 - 84. 90 % และผลผลิตข้าวโพด มีค่าไม่แตกต่างกันในช่วง 781.49 - 1,025.25 กิโลกรัมต่อไร่ สารควบคุมวัชพืชทุกกรรมวิธีไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Table 4)

Table 2 Toxicity to plants (%), plant height (cm) and visual control (%) at 30 and 60 days after application (DAA) of pre-emergence herbicide in field corn.

Treatments	Rate (g ai/rai)	Toxicity to plants[1/] (%)		Plant height (cm)		Visual weed control[2/] (%)	
		30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA	30 DAA	60 DAA
1. acetochlor	250	7.50 c[3/]	2.50 b	62.75 d	215.75	75.00 bcd	50.00 e
2. s-metolachlor	288	0.00 c	0.00 b	63.25 d	216.50	77.50 bcd	55.00 cde
3. alachlor	336	2.50 c	0.00 b	63.25 d	210.25	67.50 de	52.50 de
4. Clomazone	144	35.00 a	30.00 a	58.75 e	206.75	85.00 b	70.00 bc
5. metribuzin	96	12.50 b	5.00 b	64.50 cd	210.00	62.50 e	52.50 de
6. amicarbazone	70	5.00 c	0.00 b	62.50 d	209.00	77.50 bcd	60.00 bcde
7. flumioxazin	10	2.50 c	0.00 b	64.25 d	219.50	72.50 bcde	60.00 bcde
8. nicosulfuron	9.6	2.50 c	0.00 b	66.75 b	211.25	70.00 cde	67.50 bcd
9. atrazine	480	0.00 c	0.00 b	68.25 ab	211.75	72.50 bcde	67.50 bcd
10. pendimethalin	264	2.50 c	0.00 b	69.75 a	222.00	82.50 bc	72.50 b
11. Hand weeding	-	0.00 c	0.00 b	66.50 bc	212.50	100.00 a	90.00 a
12. Control	-	0.00 c	0.00 b	63.75 d	212.25	0.00 f	0.00 f
Mean		5.83	3.13	64.52	213.13	70.21	58.13
C.V. (%)		186.57	282.54	4.81	5.02	34.58	38.82
F-test		*	*	*	ns	*	*

* = significant at $p < 0.05$ ns = non significant

[1/] Toxicity ratings : 0 = normal ; 100 = completely killed

[2/] Weed control ratings : 0 = no control ;100 = completely control

[3/] Means within the same column followed by the same letter are not signification different by Duncan Multiple Range Test at $p < 0.05$

Table 3 Number of weed in 0.50 m^2 and weed dry weight (g) at 60 (DAA) on pre-emergence herbicide in field corn.

Treatments	Rate (g ai/rai)	Number of weed/0.50 m^2				Weed dry weight (g)
		Overall	Grass weeds	Broad leave weeds	Nut sedge	
1. acetochlor	250	71.50 ab[1/]	28.75 abc	29.50 abc	13.25 bc	228.00 bc
2. s-metolachlor	288	74.00 ab	28.00 abc	31.00 a	15.00 b	237.50 b
3. alachlor	336	78.50 ab	33.25 ab	37.25 a	8.00 de	252.50 b
4. Clomazone	144	70.50 ab	28.00 abc	30.50 ab	12.00 bc	205.00 bcde
5. metribuzin	96	66.25 bc	26.75 abc	24.75 abc	14.75 b	213.50 bcde
6. amicarbazone	70	69.25 ab	31.00 abc	27.50 abc	10.75 cd	217.50 bcde
7. flumioxazin	10	70.00 ab	30.00 abc	28.50 abc	11.50 bcd	225.00 bcd
8. nicosulfuron	9.6	57.75 bc	20.25 bcd	26.00 abc	11.50 cd	183.00 cde
9. atrazine	480	51.25 bc	23.75 bcd	13.00 c	14.50 bc	179.00 cd
10. pendimethalin	264	52.00 bc	15.75 cd	24.50 abc	11.75 bcd	173.50 e
11. Hand weeding	-	31.25 c	12.50 d	13.50 bc	5.25 e	105.00 f
12. Control	-	111.00 a	39.75 a	38.75 a	32.50 a	312.00 a
Mean		25.47	26.48	27.06	13.40	210.96
C.V. (%)		57.69	32.81	34.44	50.60	26.02
F-test		*	*	*	*	*

* = significant at $p < 0.05$ ns = non significant

[1/]Means within the same column followed by the same letter are not signification different by Duncan Multiple Range Test at $p < 0.05$

Table 4 Yield and yield components on pre-emergence herbicide in field corn.

Treatments	Rate (g ai/rai)	Seed moist. (%)	Shelling (%)	Grain Yield (kg/rai)
1. acetochlor	250	25.53	84.90	947.42
2. s-metolachlor	288	24.78	77.98	902.65
3. alachlor	336	24.18	78.60	904.48
4. Clomazone	144	23.23	80.72	781.49
5. metribuzin	96	25.90	77.14	912.46
6. amicarbazone	70	24.73	77.39	916.79
7. flumioxazin	10	25.40	75.99	941.50
8. nicosulfuron	9.6	25.10	79.10	1,026.25
9. atrazine	480	24.05	76.56	1,004.41
10. pendimethalin	264	24.33	79.36	1,018.20
11. Hand weeding	-	24.20	78.05	1,010.05
12. Control	-	23.68	80.18	891.08
Mean		24.59	78.83	418.49
C.V. (%)		6.72	5.08	63.19
F-test		ns	ns	ns

* = significant at p <0.05 ns = non significant

สรุป

ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช ที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร พบว่า สารกำจัดวัชพืช pendimathalin, nicosulfuron และ atrazine สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ให้น้ำหนักแห้งวัชพืชต่ำสุด รวมไปถึงให้ผลผลิตข้าวโพดสูงสุด และสามารถควบคุมวัชพืชได้ดีนานถึง 60 วันหลังพ่นสาร แต่ที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชลดลง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2559 และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ทดลอง วัสดุและอุปกรณ์ ตลอดจนบุคลากรจึงทำให้งานวิจัยสำเร็จตามเป้าหมาย

เอกสารอ้างอิง

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2531. **สารกำจัดวัชพืช**. เชียงใหม่คอมพิวกราฟฟิค, เชียงใหม่.

สดใส ช่างสลัก, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, นรุณ วรามิตร,รังสิต สุวรรณมรรค และ สมชัย ลิ่มอรุณ. 2558.การควบคุมวัชพืชด้วยฟลูรอกซเฟอร์ในแปลงปลูกข้าวโพดไร่จังหวัดลพบุรี. น. 423 - 429 *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 54: **สาขาพืช.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สดใส ช่างสลัก, ทศพล พรพรหม, นรุณ วรามิตร, รังสิต สุวรรณมรรคา และสมชัย ลิ่มอรุณ. 2550. การควบคุมวัชพืชในข้าวโพดหวานและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2550. น. 351 - 360 *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 47: **สาขาพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

สดใส ช่างสลัก, รังสิต สุวรรณมรรคา, สมชาย โพธิสาร และสมชัย ลิ่มอรุณ. 2552. การควบคุมวัชพืชด้วยสารกำจัดวัชพืชในไร่ข้าวโพดเกษตรกร ปี 2552. น. 367-375 *ใน* **การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิริชัย สาธุวิจารณ, ศิวิไล ลาภบรรจบ, จรรยา มณีโชติ และวนิดา ธารถวิล. 2554. ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก (pre-emergence) ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. น.151-166 *ใน* **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.** กรมวิชาการเกษตร.

Bryan, T. 1997. **Research Method in Weed Science**. Southern Weed Science Society, Auburn, Alabama.

James, T.K., A. Rahman and J. Mellsop. 2000. Weed competition in maize crop under different timings for post-emergence weed control. **New Zealand Plant Protection** 53: 269-272.

Lydon, J. and S.O. Duke. 1987. Progress toward natural herbicides from plants. **Herbs Spices Med Plants Dig** 5: 1-4.

Pimentel, D. 1986. **Status of integrated pest management.** Cornell University Press, Ithaca, pp 29-68.

Rahman, A., 1985. Weed control in maize in New Zealand. Special Publication, **Agronomy Society of New Zealand** 4: 37-45.

อิทธิพลของการใช้ตาข่ายพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรือง

The Influence of Shading Net on Growth and Flowering of Marigold

ธนพร ขจรผล[1*] อัมฤทธิ์ นาโควงค์[1] และ ชลธิรา แสงศิริ[2]

Tanaporn Kajonphol[1*], Ammarit nakhowong[1] and Chontira Sangsiri[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอิทธิพลของการใช้ตาข่ายพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรือง โดยการใช้สิ่งทดลองจำนวน 4 สิ่งทดลอง คือ การไม่พรางแสง การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน พบว่าสิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษาไม่มีผลต่อระยะเวลาออกดอกแรก ความสูงวันออกดอก และขนาดทรงพุ่มวันออกดอก แต่มีผลต่อขนาดดอกแรกบาน ขนาดของดอกเฉลี่ย จำนวนดอกต่อต้นและจำนวนกิ่งแขนงต่อต้น โดยการไม่พรางแสงและการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว มีขนาดดอกแรกบาน ขนาดดอกเฉลี่ย และจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุด ส่วนการไม่พรางแสงพบว่ามีจำนวนดอกต่อต้นมากที่สุด

ABSTRACT

The study on the effect of shading net on growth and flowering of marigold were studied. The experiment were used 4 treatments comprised of control, green colored shading net, black colored shading net, blue colored shading net. The result found that all treatment showed no effect on days to flowering, plant height at first flowering and canopy at first flowering. The treatments effects on the flower size at first flowering and the average flower size the number of flower per plant and the number of branches per plant. Control and green colored shading net showed the highest in the flower size at first flowering and the average flower size and the number of branches per plant. The control showed the highest in number of flower per plant.

Key Words: Shading Net, Growth, Flowering, Marigold

* Corresponding author; e-mail address: tpk_1717@hotmail.com

[1]คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1]Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, 47000

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี 71150

[2]Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 71150

คำนำ

ดาวเรืองมีถิ่นกำเนิดในประเทศเม็กซิโก ต่อมามีผู้นำเข้าไปปลูกในยุโรป เนื่องจากเป็นไม้ที่ปลูกง่ายเลี้ยงง่าย อีกทั้งดอกมีความสวยงาม จึงเป็นที่นิยมปลูกอย่างแพร่หลาย ใช้เป็นดอกไม้หน้าแท่นบูชาพระนางแมรี (อรวรรณ และคณะ, 2548) และเนื่องจากดอกดาวเรืองดั้งเดิมมีเพียงสีเดียวคือ สีเหลือง จึงเรียกชื่อไม้ดอกชนิดนี้ว่า Mary's gold ต่อมาจึงเพี้ยนไปเป็น Marigolds นอกจากดาวเรืองจะใช้ปลูกเป็นไม้ประดับและไม้กระถางแล้ว ยังใช้ประโยชน์เป็นพืชสีโดยใช้เป็นสีย้อมผ้ามาตั้งแต่สมัยโบราณ และในปัจจุบันยังใช้ดอกดาวเรืองผสมในอาหารสัตว์เป็นอาหารเสริมอีกด้วย (จักรภัทร, 2555)

ในเขตร้อน พืชจะได้รับปริมาณแสงมากเกินความต้องการต่อการเจริญเติบโตของพืช จนบางครั้งต้องมีการจัดการไม่ให้พืชได้รับแสงที่มากเกินไปจนทำให้พืชเกิดความเสียหายผลผลิต โดยมีรายงานว่าการพรางแสงให้กับพืชจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี ปัจจุบันมีความนิยมใช้วัสดุพรางแสงในการเพาะปลูกพืช เพื่อให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น แต่วัสดุที่ใช้ในการพรางแสงที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด มีหลายสี และมีความสามารถในการพรางแสงที่แตกต่างกัน หากเรานำวัสดุดังกล่าวมาใช้งานกับการปลูกพืชจะส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของพืชอันนำมาซึ่งคุณภาพที่ดีของผลผลิต (ณัฐกุล และเบญญา, 2558)

ดังนั้นจึงทำการศึกษาในเรื่องอิทธิพลของการใช้ตาข่ายพรางแสงต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรืองเพื่อสามารถใช้ตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรืองได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ตาข่ายพรางแสงสีดำ สีเขียว และสีน้ำเงิน ถาดหลุมเพาะเมล็ดขนาด 104 หลุม ป้ายชื่อ(Tag) วัสดุเพาะเมล็ด ได้แก่ พีชมอส อุปกรณ์ในการวัดและเก็บข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด, ปากกา, กล่องถ่ายรูป เป็นต้น

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) 4 treatment treatment ละ 10 ซ้ำ และจัดสิ่งทดลองดังนี้

Treatment 1 ไม่พรางแสง

Treatment 2 พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว

Treatment 3 พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ

Treatment 4 พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน

2. การปลูกและการดูแลรักษา

เพาะเมล็ดดาวเรืองลงในถาดหลุมเพาะเมล็ด 104 หลุม โดยใช้วัสดุเพาะคือพีทมอส หลังจากนั้นเมื่อต้นกล้ามีอายุ 20 วันมีใบจริง 2-4 คู่ ทำการย้ายลงปลูกลงในแปลงที่เตรียมไว้แปลงละ 10 ต้น ซึ่งในแปลงจะมีระบบน้ำหยดเป็นระบบการให้น้ำภายในแปลง

3. การบันทึกข้อมูล

1. ระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรก (วัน)
2. วัดความสูงของต้นเป็นเซนติเมตร เมื่อวันออกดอกแรก
3. วัดขนาดทรงพุ่มเป็นเซนติเมตร เมื่อวันดอกแรกบาน
4. ขนาดของดอกแรกบานเป็นเซนติเมตร โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกของดอกแรกบาน โดยสุ่มวัดต้นละ 3 ดอก
5. ขนาดดอกเฉลี่ย
6. จำนวนดอกต่อต้น
7. จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธี Duncan’s Multiple test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

5. สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง เดือน เมษายน 2560 รวมเป็นระยะเวลา 4 เดือน

ผลการทดลอง

1. ระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรก

ระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 37.61 - 42.61 วัน โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรกนานที่สุดเท่ากับ 42.61 วัน รองลงมาคือ การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว ซึ่งมีระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรกเฉลี่ยเท่ากับ 41.39 และ 40.44 วัน ตามลำดับ ส่วนการไม่พรางแสงมีระยะเวลาตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงวันออกดอกแรกเร็วที่สุดเท่ากับ 37.61 วัน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

2. ความสูงวันออกดอกแรก

ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นเมื่อเริ่มออกดอกแรกอยู่ในช่วง 19.89 - 25.56 เซนติเมตร โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินมีความสูงในวันออกดอกแรกสูงที่สุด เท่ากับ 25.56 เซนติเมตร รองลงมาคือ การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสี

ดำ ซึ่งมีความสูงวันออกดอกแรกเท่ากับ 24.92 และ23.20 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการไม่พรางแสงมีความสูงวันออกดอกแรกน้อยที่สุด เท่ากับ19.89 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

3. ขนาดทรงพุ่มวันออกดอกแรก

จากการทดลองวัดขนาดของทรงพุ่มวันออกดอกแรก พบว่ามีขนาดของทรงพุ่มอยู่ในช่วง 17.97 - 19.47 เซนติเมตร โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำมีขนาดทรงพุ่มที่ใหญ่ที่สุด เท่ากับ 19.47 เซนติเมตร รองลงมาคือ การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการไม่พรางแสง ซึ่งมีขนาดทรงพุ่มเท่ากับ 18.85 และ 18.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินมีขนาดของทรงพุ่มในวันออกดอกแรกน้อยที่สุด เท่ากับ 17.97 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Days to first flowering, Plant height and canopy at first flowering.

Treatments	Days to first flowering (days)	Plant height at first flowering (cm)	Canopy at first flowering (cm)
Control	37.61	19.89	18.63
Green colored shading net	40.44	24.92	18.85
Black colored shading net	41.39	23.20	19.47
Blue colored shading net	42.61	25.56	17.97
Mean	40.51	23.39	18.73
CV(%)	6.94	9.52	9.37
Pr (> F)	0.07	0.77	0.26

4. ขนาดของดอกแรกบาน

จากการทดลองพบว่า ขนาดของดอกแรกบานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.18 - 8.34 เซนติเมตร โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียวมีขนาดของดอกแรกบานขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 8.34 เซนติเมตร รองลงมา คือ การไม่พรางแสง และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ซึ่งมีขนาดของดอกแรกบานเท่ากับ 7.76 และ7.21 ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน มีขนาดของดอกแรกบานเล็กที่สุดเท่ากับ 7.18 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียวมีขนาดของดอกแรกบาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่พรางแสง แต่แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน ดังแสดงใน Table 2

5. ขนาดดอกเฉลี่ย

ขนาดของดอกเฉลี่ย มีอยู่ในช่วง 6.00 - 7.16 เซนติเมตร โดยการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียวมีขนาดดอกเฉลี่ยขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 7.16 เซนติเมตร รองลงมาคือ การไม่พรางแสง และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ซึ่งมีขนาดของดอกเฉลี่ย เท่ากับ 6.79 และ6.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินมีขนาดของดอกเฉลี่ย น้อยที่สุดเท่ากับ 6.00 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการไม่พรางแสง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับ การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน ดังแสดงใน Table 2

6. จำนวนดอกต่อต้น

จำนวนดอกต่อต้นตั้งแต่วันออกดอกแรกจนถึงอายุ 90 วัน พบว่าจำนวนดอกต่อต้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.89 - 46.06 ดอกโดยการไม่พรางแสงมีค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 46.06 ดอกรองลงมาคือการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ซึ่งมีจำนวนดอกต่อต้นเท่ากับ 41.17 และ16.39 ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน มีจำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 14.89 ดอก เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าการไม่พรางแสงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว, การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน ดังแสดงใน Table 2

7. จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น

ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมีอยู่ในช่วง 7.17 – 15.56 กิ่ง โดยการไม่พรางแสงมีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 15.56 กิ่ง รองลงมาคือ คือ การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ซึ่งมีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นเท่ากับ 15.06 และ7.72 ตามลำดับ ส่วนการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 7.17 กิ่ง เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าการไม่พรางแสงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 กับการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว แต่แตกต่างกับการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน ดังแสดงใน Table 2

Table 2 The flower size at first flowering, the average flower size, the number of flower per plant and the number of branches per plant

Treatment	The flower size at first flowering (cm)	The average flower size (cm)	The number of flower per plant	The number of branches per plant
Control	7.76[ab]	6.79[a]	46.06[a]	15.56[a]
Green colored shading net	8.34[a]	7.16[a]	41.17[b]	15.06[a]
Black colored shading net	7.21[b]	6.12[b]	16.39[c]	7.72[b]
Blue colored shading net	7.18[b]	6.00[b]	14.89[c]	7.17[b]
Mean	7.62	6.52	29.63	11.37
CV(%)	5.34	3.42	8.07	8.47
Pr (> F)	0.03	0.00	0.00	0.00

วิจารณ์ผล

จากการทดลองนี้พบการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองในลักษณะที่แตกต่างกันของแต่ละการพรางแสงซึ่งพบว่าความสูงของต้นดาวเรืองไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ แต่ถ้าดูจากค่าเฉลี่ยพบว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินมีความสูงของต้นมากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ส่วนการไม่พรางแสงมีความสูงของต้นน้อยที่สุด การที่ไม่พรางแสงมีความสูงน้อยกว่าการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงอาจเนื่องจากการใช้ตาข่ายสีต่างๆ สามารถพรางแสงได้ซึ่งแสงมีผลต่อการทำงานของฮอร์โมนออกซินที่มีผลต่อความสูงของต้น ออกซินเป็นส่วนที่สร้างจากใบอ่อนหรือปลายยอดแล้วเคลื่อนที่ผ่านลำต้นลงสู่ราก มีการเคลื่อนที่ หนีแสง เมื่อได้รับความเข้มแสงมากเกินไปจะยับยั้งออกซิน จึงทำให้ต้นที่อยู่กลางแจ้งมีความสูงน้อย และต้นที่อยู่ในร่มจะมีลำต้นยืดยาวกว่า (พูนพิภพ, 2551) ส่วนขนาดของทรงพุ่มวันออกดอก พบว่า การพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ มีขนาดทางพุ่มมากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงสีเขียว ส่วนการพรางแสงสีน้ำเงินมีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุด เนื่องมาจากแสงเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้ได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อการเจริญเติบโตทั้งทางตรงและทางอ้อม ถ้ามีความเข้มของแสงมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นดังนั้นพืชที่ได้รับแสงอย่างเต็มที่ก็จะสามารถสร้างอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตได้มากกว่าก็จะสามารถนำมาสร้างใบ ดอก ผล (นภัทร และไชยยันต์, 2560) จนทำให้มีจำนวนใบและขนาดทรงพุ่มที่มากกว่าพืชที่ได้รับแสงน้อยกว่า ส่วนจำนวนกิ่งก็เช่นเดียวกันจากการทดลองพบว่าการไม่พรางแสงและการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว รองลงมาคือการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ และสีน้ำเงินตามลำดับ ส่วนจำนวนดอกต่อต้นนั้นการไม่พรางแสงมีจำนวนดอกต่อต้นมากที่สุด รองลงมาคือการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียว และการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ส่วนการพราง

แสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงินพบจำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุด สอดคล้องกับงานทดลองของ ณัฐกุล และเบญญา (2558) พบว่าต้นที่ปลูกใต้ตาข่ายพรางแสงสีน้ำเงิน มีจำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุด แตกต่างจากวิธีการอื่น $P < (0.05)$ ส่วนดาวเรืองที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงสีแดง และไม่พรางแสง มีจำนวนดอกต่อต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เท่ากับ 28.2 และ 28.6 ดอกต่อต้นตามลำดับ เนื่องมาจากการเพิ่มแสงสีน้ำเงิน ส่งผลให้มีการสร้างตาดอกลดลง เมื่อเทียบกับการให้แสงสีแดงร่วมกับแสง สีน้ำเงินของหลอด LED การที่พืชที่อยู่กลางแจ้งมีจำนวนดอกต่อต้นสูงเป็นผลมาจากพืชได้รับความเข้มแสงมากพอและได้รับแสงในทุกความยาวคลื่น จึงได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้พืชมีอาหารสะสมเพื่อการกระตุ้นการเกิดตาดอกได้ (Jeong *et al.*, 2014)

สรุป

1. การไม่พรางแสงและการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีเขียวมีขนาดดอกแรกบาน ขนาดดอกเฉลี่ยและจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุด

2. การไม่พรางแสงให้จำนวนดอกต่อต้นมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จักรภัทร ผ่องโอภาส. 2555. **เกษตรมหาสารคามขยายองค์ความรู้เกษตรกรปลูกดาวเรืองเผยแพร่วงกว้าง.** MGR Online. แหล่งที่มา: http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID =9550000026478, 14 กุมภาพันธ์ 2560.

ณัฐกุล บุญวงศ์ และเบญญา มะโนชัย. 2558. **อิทธิพลของคุณภาพแสงต่อสารต้านอนุมูลอิสระและลูทีนในดอกดาวเรือง.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. 159 หน้า.

นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. 2560. **ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช.**ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์. 176 หน้า.

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2551. **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 3 บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จากัด, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์, ชุลีพร เตชะศีลพิทักษ์, ชัญญา ทิพานุกะ, ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย และ สมเกียรติ รัดมาน. 2548. **ไม้ดอกไม้ประดับ จังหวัดนนทบุรี.** กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. กรุงเทพฯ. 149 หน้า.

Jeong, S. W., S. W. Hogewoning and W. V. Ieperen. 2014. Responses of supplemental blue on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. **Scientia Horticulturae** 165: 69-74.

การสกัดพืชและสมุนไพรด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์

Extraction of Plants and Herbs using Pulsed Electric Field

อาทิตย์ ยาวุฑฒิ[1*] พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์[1] สาคร ปันตา[1] จักรรินทร์ ถิ่นนคร[1]และ สมศักดิ์ วรรณชัย[1]

Artit Yawootti[1*], Pisit Wimonthanasit[1], Sakorn Panta[1], Jakkarin Thinnakorn[1] and Somsak Wannachai[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นสำหรับการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์สกัดสารจากพืชและสมุนไพรชนิดต่าง ๆ โดยไฟฟ้าแรงดันสูง และกระแสสูง ช่วงพัลส์สั้นๆใช้กระตุ้นเซลล์ของพืชและสมุนไพร ได้แก่ หญ้าหวาน ลำไย ขิง พริก ไพล มะกรูด มะแขว่น กะเพรา ยี่หร่า ปอสา อัญชัน เตยหอม ว่านสาวหลงและเห็ดถั่งเช่า ที่ระดับพลังงาน 5,000 และ 10,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร ทำให้ผนังเซลล์รั่ว และสารภายในเซลล์หลุดออกมาที่ของเหลวได้แก่น้ำกลั่น หรือเอทานอล 95% ที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า มีการตรวจสอบเบื้องต้นกับตัวแปรอุณหภูมิ ค่าความนำไฟฟ้า ค่าผลรวมทั้งหมดของของแข็งที่ละลายในของเหลว และค่าความหวาน ที่ได้ระหว่างกระบวนการสกัดด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ ที่ช่วงระยะเวลาสกัดเดียวกัน ผลการทดสอบพบว่าค่าตัวแปรทั้งหมดแปรผันตรงกับระยะเวลาสกัด โดยเอทานอลใช้เวลาในการสกัดสั้นและสามารถสกัดรงควัตถุจากพืชและสมุนไพรได้ดีกว่าน้ำกลั่น ในขณะที่น้ำกลั่นสามารถดึงสารสีม่วงของอัญชันได้ดีกว่าเอทานอล การทดสอบสกัดสารจากพืชและสมุนไพรด้วยเทคนิคไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์นี้ ช่วยลดระยะเวลาของการสกัดให้สั้นลงกว่าการสกัดแบบทั่วไปโดยแช่ตัวอย่างพืชและสมุนไพรในตัวทำละลายจากหลายวันเหลือเพียงไม่ถึงระดับชั่วโมง

ABSTRACT

This paper is a preliminary test for plants and herbs extraction with high pulsed electric field. Plants and herbs for this extraction include *Dimocarpus longan* Lour., *Capsicum annuum* L., *Zingiber officinale* Roscoe, *Amomum biflorum*, *Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston, *Cuminum cyminum*, *Ocimum tenuiflorum* L., *Pandanus amaryllifolius* Roxb., *Citrus hystrix* DC., *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, *Cordyceps militaris* (L.) Fr., *Clitoria ternatea* L., *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Hér. ex Vent., and *Stevia rebaudiana* Bertoni. This experiment used 5 and 10 kV/cm in electric field in break cell and getting substances inside the cell in distilled water or ethanol. The preliminary verification used a temperature, conductivity, and total dissolved solid, as well as the sweetness from pulse electric field (PEF) extraction during the same period. The results show that all of the variables are increasing and dependent on extracting time. Ethanol gets a substance and green color more than distilled water, but the violet color of pea flower is more by distilled water. This PEF extraction technique has a short extracting time when comparing with the original extraction.

Key Words: PEF Extraction, Plants Extraction, Herbs Extraction

* Corresponding author; e-mail address: YArtit@rmutl.ac.th

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 50300

[1]Faculty of Engineering, Rajamankala University of Technology Lanna, Chiangmai 50300

คำนำ

การสกัดเพื่อนำสารออกจากเซลล์พืชหรือสมุนไพรนั้นอาจทำได้หลายวิธี เช่นวิธีการฝน (sanding) การชง (infusion) การต้ม (decoction) การตุ๋น (digestion) การหมัก (maceration) รวมถึงกระบวนการกลั่นสารหอมระเหยด้วยความร้อน โดยการใช้แต่ละวิธีนั้นขึ้นกับชนิดของสารสกัดในพืช คุณสมบัติการทนความร้อนและชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ ทั้งนี้แต่ละวิธีที่กล่าวถึงล้วนเป็นการทำลายผนังเซลล์ของพืชนำสารภายในเซลล์ออกมา (อาทิตย์และพิสิษฐ์, 2560) การสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีสกัดเย็นที่นิยมใช้ในการสกัดสารจากพืชและสมุนไพร แต่วิธีดังกล่าวใช้เวลานานหลายชั่วโมงหรือหลายวัน (ลลิตาและคณะ, 2560; พันธุ์ทิพย์และณภัทร, 2560; เกสรีและคณะ, 2559) เทคนิคการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์หรือ Pulsed Electric Field (PEF) ถูกประยุกต์ใช้ในการสกัดสารจากพืชด้วยหลักการจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง กระแสสูง เป็นจังหวะพัลส์ระยะเวลาสั้นๆ ระดับไมโครวินาทีที่สามารถทำให้ผนังเซลล์พืชรั่วและได้สารภายในเซลล์ออกมาอย่างรวดเร็ว มีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในการสกัดพืชหลากหลายชนิดที่พบว่าใช้ระยะเวลาในการสกัดที่สั้นกว่า และได้ปริมาณสารสกัดที่มากกว่าวิธีดั้งเดิม (Nerijus *et al.*, 2015) มีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ หรือเครื่อง PEF สำหรับงานสกัดสารจากพืชในประเทศไทย (อาทิตย์และคณะ, 2560) และมีการพัฒนาเครื่องสกัดสารจากพืชแบบพกพา (PEFmobile) ให้มีขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม เหมาะสำหรับการเคลื่อนย้ายและนำไปใช้ในภาคสนามได้ง่าย (อาทิตย์และคณะ, 2560; อาทิตย์และพิสิษฐ์, 2560) บทความนี้เป็นการรวบรวมผลการทดสอบใช้เครื่อง PEFmobile สกัดสารจากพืชและสมุนไพรชนิดต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่อง PEFmobile ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ในงานสกัดสารได้จริง สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องและยาวนาน และได้รูปแบบของการสกัดสารจากพืชที่เหมาะสมทั้งด้านเวลา อัตราส่วนพืชและตัวทำละลาย รวมถึงชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสกัดพืชชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันและเป็นการเผยแพร่เทคโนโลยี การใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในงานสกัดสารจากพืชให้เป็นที่รู้จักในวงกว้าง เพื่อประโยชน์ต่อเกษตรกรในการแปรรูปและสร้างมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พืชและสมุนไพรที่ใช้สกัด

พืชและสมุนไพรที่สกัดด้วยเทคนิค PEF ในบทความนี้ประกอบด้วย **ลำไย** (*Dimocarpus longan* Lour) โดยใช้ส่วนของเมล็ด เมล็ดมีสีดำเป็นมัน และเนื้อล่อนเมล็ด ในเมล็ดลำไยมีปริมาณโปรตีนรวม 6.5% ปริมาณไขมันรวม1.94% และปริมาณเยื่อใยรวมเป็น 8.33% ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จริงเป็น 3,365 kcal/kg. ในเปลือกหุ้มเมล็ดของลำไยมีปริมาณแทนนินสูง **พริก** (*Capsicum annuum* L.) พริกมีสารสำคัญคือ Capsaicin และสารอื่นที่ให้ความเผ็ดได้แก่ Dihydrocapsaicin, Nordihydrocapsaicin, Homodihydrocapsaicin และ Homocapsaicin **ขิง** (*Zingiber officinale* Roscoe) เหง้าใต้ดินมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารสำคัญได้แก่ Zingiberene, Zingiberol, bisabolene และ Camphene นอกจากนี้ยังมีน้ำมัน (Oleo - Resin) ในปริมาณสูง เป็นส่วนที่ทำให้ขิงมีกลิ่นฉุน และมีรสเผ็ด ส่วนประกอบสำคัญในน้ำมันได้แก่ Gingerol, Shogaol, Zingerine และสารจำพวกฟีนนอลิค มีคุณสมบัติเป็นยากัดบูด กันหืน ใช้ใส่ในน้ำมันหรือไขมัน เพื่อป้องกันการบูดหืน **ว่านสาวหลง** (*Amomum biflorum)* เป็นพันธุ์ไม้ที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ในตำรายาไทยพบว่า ช่วยขับลมในลำไส้ ทุกส่วนสามารถนำมาต้มใช้อาบน้ำเพื่อบำรุงผิวพรรณ ช่วยให้สดชื่นทั้งยังมีการนำมาใช้เป็น

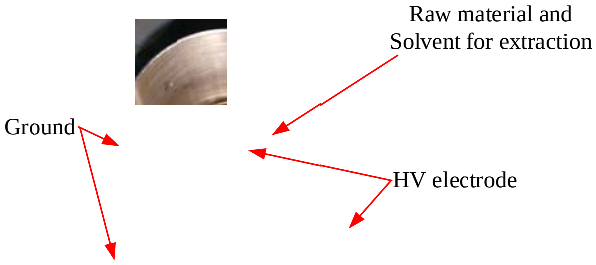
ส่วนประกอบในตำรับยาหอม (สนั่น และกชกร 2557) **มะแขว่น** [*Zanthoxylum limonella* (Dennst.) Alston] เป็นพืชสมุนไพร สกุลเดียวกับพริกไทยเสฉวน ผลและใบใช้เป็นเครื่องเทศชูรสอาหาร โดยสามารถผลใช้ผลสดหรือแห้งหรือทั้งสองอย่างปรุงรสอาหาร เช่น ลาบ หลู้ แกง และอาหารพื้นเมืองและอาหารท้องถิ่นอื่น ๆ มะแขว่นมีรสชาติเผ็ด กลิ่นหอมฉุน มีสรรพคุณทางยาคือสามารถแก้หวัดได้ **ยี่หร่า** (*Cuminum cyminum*) มีน้ำมันระเหยง่ายเรียกน้ำมันยี่หร่า (Cumin Oil) ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอม น้ำหอม เครื่องดื่มและยาขับลม สารสกัดด้วยเอทานอลจากผลและเมล็ดยับยั้งการเจริญและการงอกของถั่วเขียวผิวดำได้ **กะเพรา** (*Ocimum tenuiflorum* L.) มีสรรพคุณ บำรุงธาตุไฟธาตุ ขับลมแก้ปวดท้องอุจจาระ แก้ลมตานซาง แก้จุกเสียด แก้คลื่นเหียนอาเจียน แก้โรคบิด และขับลม เมื่อนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยการต้มกลั่นจะได้น้ำมันหอมระเหย 0.08-0.10 % **เตยหอม** (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) เป็นพุ่มเล็ก ขึ้นเป็นกอ ลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเป็นใบเดี่ยวยาว เรียงสลับเวียนเป็นเกลียวขึ้นไปจนถึงยอด **มะกรูด** (*Citrus hystrix* DC.) เป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นและกิ่งมีหนามยาวเล็กน้อย ใบสีเขียวแก่พื้นผิวใบเรียบเกลี้ยง เป็นมัน มีกลิ่นหอม สรรพคุณเป็นยาบำรุงหัวใจ ขับลมในลำไส้ แก้แน่นท้องจุกเสียด กระทุ้งพิษ แก้ฝีภายในและแก้เสมหะเป็นพิษ **ตะไคร้** [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] เป็นพืชล้มลุก ความสูงประมาณ 4-6 ฟุต ใบยาวเรียว ปลายใบมีขนหนาม ลำต้นรวมกันเป็นกอ มีกลิ่นหอม ดอกออกเป็นช่อยาว มีดอกเล็กฝอยเป็นจำนวนมาก ตะไคร้เป็นพืชที่สามารถนำส่วนต้นหัวไปประกอบอาหาร และจัดเป็นพืชสมุนไพร โดยทั้งลำต้นสามารถใช้เป็นยารักษาโรคหืด แก้ปวดท้อง ขับปัสสาวะและแก้อหิวาตกโรค หรือทำเป็นยาทานวดก็ได้ และยังใช้รวมกับสมุนไพรชนิดอื่นรักษาโรคได้ เช่น บำรุงธาตุ เจริญอาหาร และขับเหงื่อ **เห็ดถั่งเช่าสีทอง** [*Cordyceps militaris* (L.) Fr.] สารสกัดจากถั่งเช่ามีฤทธิ์ขยายหลอดเลือด กระตุ้นสมรรถภาพการทำงานของต่อมหมวกไต เสริมภูมิต้านทานให้กับผู้ป่วยโรคไต (ลดจำนวนครั้งของการฟอกไต) สมานแผลจากโรคเบาหวาน ลดการเติบโตของเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง Cordycepin เป็นสารสกัดจากถั่งเช่าที่พบได้มากในบริเวรส่วนหัวของเห็ดที่ยังไม่ได้มีการหลังสปอร์ มีสรรพคุณช่วยสกัดกั้นกิจกรรมของไซโตไคน์ในเซลล์มะเร็งช่วยให้ผู้ป่วยมีโอกาศรอดที่เพิ่มมากขึ้น, การเพิ่มความสามารถของระบบภูมิคุ้มกัน Corticosterone, ช่วยเพิ่มประสิทธิ์ภาพการทำงานของไตและช่วยในเรื่องของระบบทางเดินหายใจ **อัญชัน** (*Clitoria ternatea* L.) ใช้ชโลมเส้นผมทำให้ดกดำเงางามเนื่องจากมีสาร Anthocyanin ซึ่งช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้ดีมากขึ้น **ปอสา** [*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Hér. ex Vent.] นอกจากเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษสาแล้ว สารสกัดเอทานอลจากใบปอสามีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านอนุมูลอิสระ **หญ้าหวาน** หรือ **สเตเวีย** (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ส่วนของใบให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลถึง 10-15 เท่า แต่ไม่ก่อให้เกิดพลังงาน (0 แคลอรี/กรัม) สารสกัดหญ้าหวานมีชื่อว่า สตีวิโอไซด์ (*stevioside*) เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่า 200-300 เท่าของน้ำตาล จึงเป็นพืชที่ได้นำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม การแพทย์ ยาสมุนไพร และเครื่องดื่ม (พืชและสมุนไพร, 2560)

2. เครื่องสกัดสารจากพืชแบบพกพา

เครื่องสกัดสารจากพืชแบบพกพา หรือ PEFmobile (Figure 1) ขนาดกำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ น้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม (อาทิตย์และคณะ, 2560) ใช้หลักการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับพื้นฐาน 220 โวลต์, 50 เฮิรตซ์ แปลงเป็นกระแสตรง 24 โวลต์ ก่อนที่จะแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 20,000 โวลต์ ด้วยหม้อแปลงฟลายแบค (flyback transformer) ที่มีการควบคุมการขับสวิตช์แบบซีกเดียว (unipolar drive) จากนั้นเก็บสะสม

พลังงานไว้ที่ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 x 10^{-6} ฟารัด และใช้ช่องว่างหมุนจ่ายพัลส์ (อาทิตย์และพิสิษฐ์, 2560) จ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงจากตัวเก็บประจุให้ห้องสกัดที่บรรจุพืชหรือสมุนไพรบดละเอียดตาม Figure 1 (b) ห้องสกัดหรือแชมเบอร์ (chamber) เป็นทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม (coaxial) โดยแกนกลางภายในทำจากสแตนเลสตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ต่อกับขั้วไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ (high voltage pulse) และผิวกระบอกเป็นสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 มิลลิเมตร ต่อกับขั้วกราวนด์ (ground) มีช่องว่างภายในระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับ 20 มิลลิเมตร พืชหรือสมุนไพรที่ใช้สกัดจะต้องมีขนาดเล็ก หรือสับบดละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับของเหลวที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าหรือตัวทำละลาย ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เอทานอล 95% และน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย การสกัดแต่ละครั้งสามารถบรรจุพืชหรือสมุนไพรได้ประมาณ 200 กรัม (ตัวอย่างสด) และตัวทำละลายประมาณ 350 มิลลิลิตร (กรณีวัสดุที่เป็นใบไม้ป่นละเอียดจะบรรจุได้น้อยกว่าพืชหรือสมุนไพรที่มีความหนาแน่นมากกว่า) จากการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical Calculate) พบว่าห้องสกัดและเครื่อง PEFmobile ชุดนี้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบพัลส์ที่ความกว้าง 1 x 10^{-6} วินาที มีค่าสูงสุดประมาณ 1,300 แอมป์ (อาทิตย์และคณะ, 2560) เมื่อจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงค่า 10 และ 20,000 โวลต์ จะได้ระดับพลังงานที่ 5,000 และ 10,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร ตามลำดับ โดยพลังงานที่เหมาะสมในการทำให้ผนังเซลล์รั่วจะอยู่ระหว่าง 500 ถึง 5,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร สอดคล้องกับพลังงานระหว่าง 1,000 ถึง 10,000 จูลน์ต่อกิโลกรัม (Nerijus *et al.*, 2015)

(a) PEFmobile of this experimental



(b) Extraction chamber

Figure 1 PEFmobile and Extraction chamber

3. วิธีการสกัดสารจากพืชและสมุนไพรด้วยเทคนิค PEF

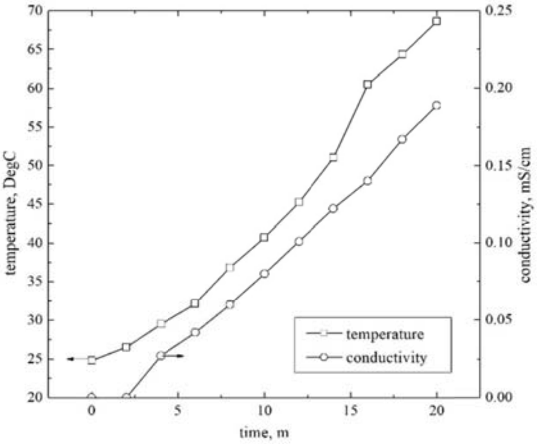
การทดสอบสกัดพืชและสมุนไพร ได้แก่หญ้าหวาน ลำไย ขิง พริก ไพล มะกรูด มะแขว่น กะเพรา ยี่หร่า ปอสา อัญชัน เตยหอม ว่านสาวหลง และเห็ดถั่งเช่า โดยสกัดระหว่างเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน 2560 ในสถานที่ต่าง ๆ ทั้งในและนอกห้องปฏิบัติการ แม้ว่าจะไม่สามารถทำการทดสอบในรูปแบบเดียวกันได้กับพืชหรือสมุนไพรที่นำมาสกัดได้ครบทุกชนิด แต่รักษารูปแบบการสกัดที่เหมือนเดิมให้มากที่สุดโดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระดับ 5,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร ใช้ห้องสกัดชุดเดิม ระยะเวลาสกัดที่ 20 นาที และอัตราส่วนพืชหรือสมุนไพรกับตัวทำละลายดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) กรณีของหญ้าหวานจำเป็นจะต้องใช้ความเข้มสนามไฟฟ้าที่สูงถึงระดับ 10,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร จึงจะได้สารหวาน (Stevioside) ที่วัดค่า Brix ออกมาในระดับเดียวกับวิธีดั้งเดิม พืชใบเช่น ใบมะกรูด ว่านสาวหลง และใบเตยหอมใช้อัตราส่วน 1:3 (m:v) ส่วนดอกอัญชันอบแห้งใช้อัตราส่วน 1:5 (m:v) เนื่องจากเป็นปริมาณสารละลายที่มากพอท่วมวัสดุสกัด ส่วนพืชและสมุนไพรที่ใช้สกัดจะต้องบดละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับสารตัวทำละลายและลดช่องว่างอากาศ การสกัดเริ่มจากการนำวัสดุ

สกัดบรรจุในห้องสกัดจากนั้นบรรจุสารละลายตามลงไปโดยมีการไล่ฟองอากาศและให้สารละลายสัมผัสทั่วพื้นผิววัสดุสกัด จากนั้นจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ที่ความถี่ 1 เฮิรตซ์ บันทึกสีและกลิ่นของสารละลายที่เปลี่ยนไป พร้อมทั้งตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความนำไฟฟ้า และค่า Total Dissolved Solid (TDS) ตลอดช่วงเวลาสกัด 20 นาที (มีการตรวจวัดค่า Brix ในการสกัดหญ้าหวาน) ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำสารสกัดที่ได้ออกมาบรรจุในขวดแก้ว ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS อีกครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบได้แก่เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล รุ่น TM-902C ช่วงการวัด -50 ถึง 1,300 องศาเซลเซียส เครื่อง Conductivity/TDS Meter ที่สามารถตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS ที่เป็นผลรวมทั้งหมดของของแข็งที่ละลายอยู่ในของเหลว และเครื่องวัดค่าความหวาน (hand refractometer) โดยค่าเหล่านี้เป็นการประมาณเบื้องต้นที่สามารถทำได้ทันทีและต้นทุนต่ำ ก่อนที่จะใช้เครื่องมือมาตรฐานเช่นเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) หรือเครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer (GC-MS) ในการตรวจสอบสารสกัดอย่างละเอียดต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ค่าความนำไฟฟ้า และค่า TDS ของเมล็ดลำไย เห็ดถั่งเช่าสีทอง และดอกอัญชัน แสดงในภาพที่ 3 – 5 (Figure 3 – 5) ตามลำดับ มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแปรผันตามระยะเวลาสกัด ซึ่งในระหว่างการสกัดมีพืชและสมุนไพรบางชนิดมีการทำละลายกับตัวทำละลายทันที ในขณะที่บางชนิดจะต้องใช้เวลาสกัดช่วงหนึ่งก่อนที่จะมีสารออกมา เมื่อใช้เวลาสกัดไปได้ประมาณ 5 - 10 นาที เริ่มเกิดฟองอากาศขึ้นบนผิวของของสารละลายอย่างต่อเนื่อง และสารละลายมีการเปลี่ยนสี เช่นสีแดงเมื่อสกัดเมล็ดลำไยหรือสีเหลืองเมื่อสกัดเห็ดถั่งเช่า (ใช้เอทานอล)และสีม่วงเมื่อสกัดดอกอัญชัน (ใช้น้ำกลั่น) พืชและสมุนไพรทั้งหมดให้ค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS สูง เมื่อสกัดด้วยเอทานอล ยกเว้นดอกอัญชันที่ให้ผลดีกับการสกัดด้วยน้ำกลั่นอย่างชัดเจน (มีค่าสูงตั้งแต่ก่อนสกัด) นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดสารจากพืชด้วยเทคนิคไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์ ทำให้เกิดความร้อนจากอุณหภูมิห้องระหว่าง 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นต่อเนื่องไปที่ระดับ 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส ส่วนผลของค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS ยังคงมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามเวลาที่สกัดอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิ แม้ว่าค่าทั้งสองนี้จะแปรผันโดยตรงตามค่าอุณหภูมิ แต่เมื่อนำสารสกัดที่ได้ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 30 องศาเซลเซียส และทำการตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS ใหม่อีกครั้ง พบว่าค่าทั้งสองมีค่าลดลงจากค่าสุดท้ายที่วัด (ที่เวลา 20 นาที) แต่ยังคงเห็นได้ชัดเจนว่ามีปริมาณที่มากที่เกิดจากผลของการสกัด ดังแสดงในตารางที่ 1



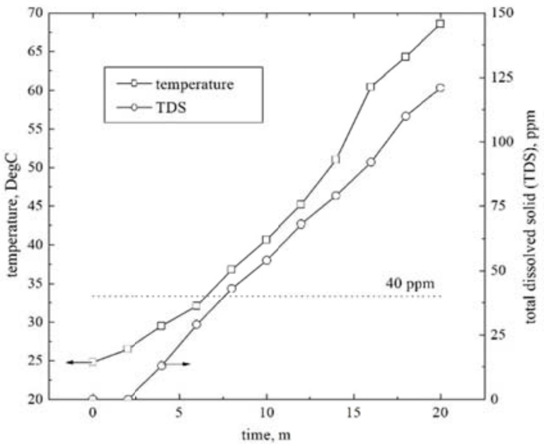
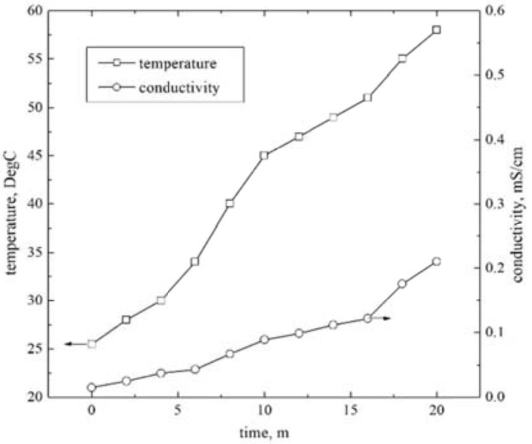


Figure 3 Temperature, Conductivity, and TDS of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) Seeds



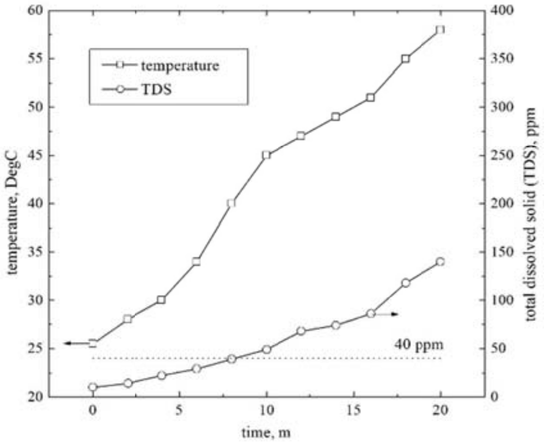


Figure 4 Temperature, Conductivity, and TDS of Cordyceps *militaris*

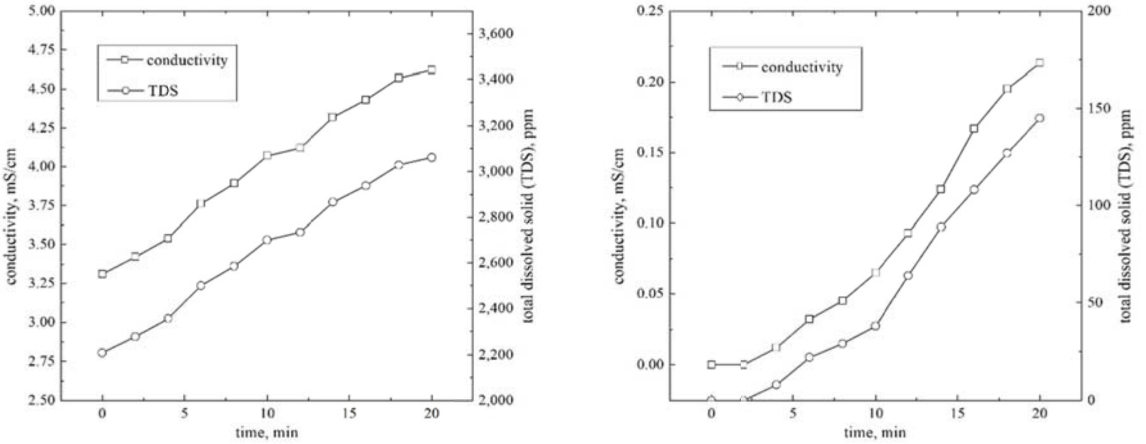
Table 1 Conductivity and TSD of the Plants and Herbs after 20 min in Extracting Time

Plants or Herbs	Solvent	Ratio of Material:Solvent	Conductivity B:F*(mS/cm)	TSD B:F* (ppm)	T (°C)
Dimocarpus longan Lour	95%Ethanol	100g:200ml	0:0.112	0:73	29.2
	95%Ethanol	200g:300ml	0:0.125	0:83	29.3
Capsicum annuum L.	95%Ethanol	100g:200ml	0.05:0.532	33:356	30.0
Zingiber officinale Roscoe	95%Ethanol	100g:200ml	0.019:0.266	14:177	29.8
	95%Ethanol	200g:300ml	0.02:0.321	13:216	30.2
Amomum biflorum	95%Ethanol	100g:300ml	0:0.166	0:109	29.5
Zanthoxylum limonella	95%Ethanol	100g:200ml	0.03:0.526	23:352	29.6
Cumin Leaf	95%Ethanol	100g:200ml	0.01:0.583	8:387	29.5
Ocimum tenuiflorum L.	95%Ethanol	100g:200ml	0.011:1.062	8:713	29.4
Pandanus amaryllifolius	95%Ethanol	100g:300ml	0:0.317	0:209	29.7

Citrus hystrix DC. Leaf	95%Ethanol	100g:300ml	0:0.216	0:143	29.6
Cymbopogon citratus (DC.)	95%Ethanol	100g:300ml	0:0.325	0:216	30.3
Cordyceps militaris (L.) Fr.	95%Ethanol	100g:200g	0.015:0.111	10:74	30.2
Clitoria ternatea L.	95%Ethanol	50g:250g	0:0.124	0:82	30.4
	Water	50g:250g	3.31:5.32	2207:3527	30.3
Broussonetia papyrifera (L.)	P:W:E**	2:2:1:1(Material)**	0.349:0.672	232:446	29.8

* B:F, B is Before Extraction; A is After Extraction

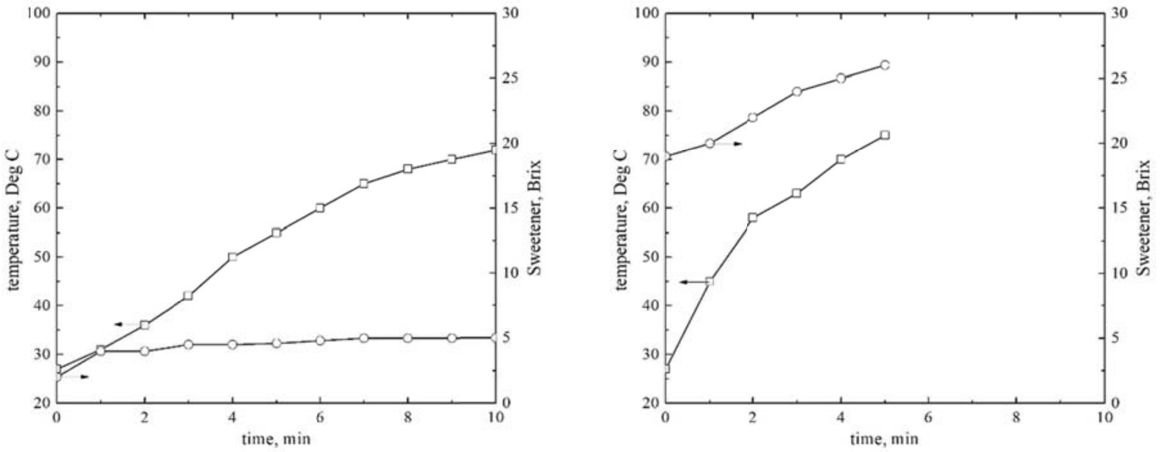
** P is Propylene, W is Water, E is Ethanol (Ratio in the mass)



(a) Water (b) Ethanol

Figure 5 Temperature, Conductivity, and TDS of Pea flower

ส่วนผลการสกัดหญ้าหวานในรูปที่ 6 มีการตรวจสอบค่าความหวานเบื้องต้น พบว่าสารและรงควัตถุออกมามากกับตัวทำละลายที่เป็นเอทานอลมากกว่าน้ำกลั่น สารหวานที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีแช่ในตัวทำละลายน้ำกลั่นนาน 24 ชั่วโมงและวิธีต้มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลานาน 7 ชั่วโมง มีค่า 4.8 Brix เท่ากัน แต่เมื่อใช้วิธีสกัด PEF 10 นาที ได้สารหวานที่ระดับ 5.0 Brix และเมื่อใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% แช่นาน 24 ชั่วโมงและวิธีต้มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลานาน 7 ชั่วโมง มีค่า 20 และ 24 Brix ตามลำดับ ส่วนวิธีสกัดด้วย PEF 10 นาที ได้สารหวานที่ระดับ 23 Brix ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธีการสกัดด้วย PEF ลดระยะเวลาในการสกัดได้มาก นอกจากนี้การใช้สนามไฟฟ้าที่สูงถึงระดับ 10,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร ที่มากกว่าพืชและสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ยังเป็นผลทำให้เกิดอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เพิ่มจากอุณหภูมิห้องที่ระดับ 27 องศาเซลเซียส ไปที่ระดับ 75 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลาเพียง 10 นาที



(a) Water (b) Ethanol

Figure 6 Temperature, Conductivity, and TDS of Stevia

สรุป

การใช้เครื่องสกัดสารจากพืชแบบพกพาหรือ PEFmobile สำหรับสกัดพืชและสมุนไพรซึ่งมาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่แตกต่างกัน โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% และการใช้น้ำกลั่นเปรียบเทียบในพืชบางชนิด เครื่องสกัดอาศัยหลักการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูง กระแสสูง แบบพัลส์ที่ความถี่ 1 เฮิรตซ์ ความกว้างพัลส์ประมาณ 1×10^{-6} วินาที สนามไฟฟ้าระดับ 5,000 โวลต์ต่อเซ็นติเมตร ใช้เวลาในการสกัด 20 นาที การทดสอบสกัดพืชและสมุนไพรทุกชนิดพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสกัดต่อเนื่อง แปรผันตรงตามเวลา สอดคล้องกับค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS ที่มีการเพิ่มขึ้นต่อเนื่องเช่นกัน แม้ว่าค่าอุณหภูมิจะส่งผลโดยตรงต่อการวัดค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS แต่เมื่อสารสกัดที่ได้มีอุณหภูมิคงที่เท่ากันประมาณ 30 องศาเซลเซียส สามารถเห็นความแตกต่างตามชนิดของพืชและสมุนไพรแต่ละแบบ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อัตราส่วนของเหลวที่มากกว่า ได้ค่าความนำไฟฟ้าและค่า TDS ที่น้อยกว่าด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอขอบคุณอาจารย์รัชณีภรณ์ อิ่นคำ อาจารย์ชินานาฏ วิทยาประภากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณคุณฉัตรนิธิศวร์ จันทาพูน และทีมงานแบรนด์เครื่องหอม Artisan Valley และขอขอบคุณผู้ประกอบการถั่งเช่าสีทองเมืองแพร่ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ พืชและสมุนไพรในการสกัด

เอกสารอ้างอิง

เกสรี กลิ่นสุคนธ์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, ประภัสสร รักถาวรและลลิตา คชารัตน์. 2559. การศึกษาคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดดอกกล้วยไม้สกุลหวายบางชนิด. **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 54. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 849 – 856.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์และณภัทร พุทธิเมธากุล. 2560. ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากลำพู ลำพูทะเล และลำแพน. **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 55. สาขาประมง. 883 – 891.

พืชและสมุนไพร. วิกิพีเดีย. สารานุกรมเสรี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://th.wikipedia.org/. (28 พ.ย. 2560).

ลลิตา คชารัตน์, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, ประภัสสร รักถาวร, เกสรี กลิ่นสุคนธ์, และ วีระศรี เมฆตรง. 2560. ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่อสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของพลับฝาด (*Diospyros kaki*). **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 55. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. 817 – 824.

สนั่น ศุภธีรสกุล และ กชกร มุสิกพงษ์. 2557. ผลต่อการผ่อนคลายในอาสาสมัครของน้ำมันหอมระเหยจากว่านสาวหลง. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.** ปีที่ 17(2) กรกฎาคม – ธันวาคม. 17 – 25.

อาทิตย์ ยาวุฑฒิ จักรรินทร์ ถิ่นนครและพิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์. 2560. **การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์สกัดสารเคมีจากพืชแบบพกพา**. การประชุมวิชาการประจำปี 2560. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 7 – 8 ธันวาคม 2560.

อาทิตย์ ยาวุฑฒิและพิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลลาล้านนา. **วิธีการ ระบบและอุปกรณ์สกัดสารเคมีจากพืชด้วยสนามไฟฟ้าแบบพัลส์**. สิทธิบัตรเลขที่คำขอ 1701003124. กรมทรัพย์สินทางปัญญา.

L. Nerijus, B. Ramune, S. Saulius, V. Pranas, P. Gianpiero, and F. Giovanna. 2015. Pulsed electric field-assisted juice extraction of frozen/thawed blueberries. **Zemdirbyste-Agriculture**, 102 (1) : 59 – 66.

สาขาสัตว์

Subject: Animals

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

อิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกร

Effect of Freeze-Thawed on Shear Force and Citrate Synthase Enzyme Activity of Pork Meat

ทิพย์ระวี ติ๊บปาละ[1] อัจฉรา ขยัน[1*] และ ชัยวัฒน์ บุญแก้ววรรณ[1]

Tiprawee Tippala[1], Autchara Kayan[1*] and Chaiwat Boonkaewwan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกร โดยใช้เนื้อสันนอกสุกร (*Longissimus dorsi*) จำนวน 20 ตัวอย่าง จากผลการศึกษาพบว่า เนื้อสุกรสด (Fresh meat) มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) (25.62 และ 12.43 N ตามลำดับ) (P<0.001) ส่วนค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสที่วัดได้จากของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อของเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (0.338 µmol/ml/min) มีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อของเนื้อสุกรสด (0.105 µmol/ml/min) (P<0.01) จึงอาจสรุปได้ว่า การแช่แข็ง-การทำละลายเป็นกระบวนการที่ส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทส

ABSTRACT

The objective of present study was to investigation the effect of freeze-thawed on shear force and citrate synthase activity of pork meat. Pork loin muscle (*longissimus dorsi*) 20 samples were analyzed. The results showed that fresh meat had higher shear force value than freeze-thawed meat (25.62 and 12.43 N, respectively) (P<0.001). Meanwhile, the activity of citrate synthase which measure on meat exudates from freeze-thawed meat (0.338 µmol/ml/min) was higher than the activity of citrate synthase which measure on meat exudates from fresh meat (0.105 µmol/ml/min) (P<0.01). Therefore, the freeze-thawed process has influenced on shear force value and activity of citrate synthase.

Keywords: freeze-thawed, shear force value, citrate synthase, pork meat

* Corresponding author; e-mail address: fagrark@ku.ac.th

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Animal science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

เนื้อสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียได้ง่าย อีกทั้งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุในการเก็บรักษาและความสดของเนื้อ เช่น อุณหภูมิในการเก็บรักษา ออกซิเจนในอากาศ เอนไซม์ ความชื้น แสงสว่าง และเชื้อจุลินทรีย์ (Zhou *et al.*, 2010) จึงมีการนำวิธีถนอมอาหารหลายรูปแบบมาใช้ในการถนอมเนื้อสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุในการเก็บรักษาเนื้อให้ยาวนานขึ้น (Lawrie and Ledward, 2006) วิธีการถนอมเนื้อสัตว์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การแช่แข็ง (Freezing) เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถเก็บรักษาเนื้อได้เป็นระยะเวลานาน และควบคุมคุณภาพเนื้อได้ (Pietrasik and Janz, 2009)

อย่างไรก็ตาม การแช่แข็งจะทำให้เกิดการสร้างผลึกน้ำแข็งขึ้นภายในเซลล์กล้ามเนื้อ ส่งผลให้โครงสร้างของเซลล์เกิดความเสียหาย ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ (Leygonie *et al.*, 2012a) และยังส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง (Water-holding capacity) (Lagerstedt *et al.*, 2008) เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์มากยิ่งขึ้น (Kim *et al.*, 2013) รวมถึงส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) และความนุ่มของเนื้ออีกด้วย (Chen *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2013; Leygonie *et al.*, 2012b; Qi *et al.*, 2012) ซึ่งความนุ่มเป็นลักษณะที่สำคัญในการยอมรับการบริโภคเนื้อสัตว์ของผู้บริโภค (Dransfield, 1994) นอกจากนี้กระบวนการแช่แข็งและการทำละลายยังส่งผลให้ไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ที่อยู่ภายในเซลล์เกิดความเสียหาย ส่งผลให้เกิดการหลั่งของเอนไซม์ที่อยู่ภายในไมโตคอนเดรียออกสู่ไซโตพลาซึม (Cytoplasm) และไหลออกจากเซลล์เมื่อเซลล์เกิดความเสียหายจากผลึกน้ำแข็ง เอนไซม์ที่อยู่ภายในไมโตคอนเดรียจึงสามารถใช้เพื่อจำแนกเนื้อแช่แข็งและเนื้อสดได้ (Hamm, 1979) จากรายงานพบว่ามีการนำเอนไซม์ซิเตรตซินเทส (Citrate synthase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ภายในไมโตคอนเดรีย และเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาระหว่างอะซิติลโคเอ (Acetyl-CoA) กับออกซาโลอะซิเตต (Oxaloacetate) ได้เป็นซิเตรต (Citrate) และโคเอนไซม์เอ (CoA-SH หรือ CoA) ในขั้นตอนแรกของการเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) (Mayes and Bender, 2003) มาใช้ในการจำแนกระหว่างเนื้อสด (Fresh meat) กับเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) โดยพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ ซิเตรตซินเทสที่วัดได้จากเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายมีค่ามากกว่าเนื้อสด เนื่องจากไมโตคอนเดรียเกิดความเสียหายจากการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง และถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่คงที่ จะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นอย่างซ้ำๆ ส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างของเซลล์และไมโตคอนเดรียได้มากกว่าเดิม (Šimoniová *et al.*, 2013) และจากการสำรวจพบว่ามีการติดฉลากสินค้าเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายเป็นเนื้อที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายอย่างผิดกฎหมาย เนื่องจากมูลค่าทางการตลาดที่สูงกว่า จึงมีการนำวิธีและเทคนิคต่างๆ มาใช้เพื่อการจำแนกระหว่างเนื้อที่ไม่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายกับเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายขึ้น เช่น เทคนิคทางเอนไซม์ เทคนิคทางด้านดีเอ็นเอ เทคนิคทางด้านสเปคโตรสโคปิค เทคนิคทางด้านไบโออิมเมจ และการประเมินทางประสาทสัมผัส เป็นต้น เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพ (Ballin and Lametsch, 2008)

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกร ซึ่งการศึกษานี้อาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและหาแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์ เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

สุกรที่ใช้ในการศึกษาเป็นสุกรสายพันธุ์ทางการค้าซึ่งเป็นลูกผสม 3 สายพันธุ์ [Duroc × (Large White × Landrace)] เพศเมีย จำนวน 20 ตัว สุกรทั้งหมดถูกฆ่าที่อายุ 6 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 106 ± 8.39 กิโลกรัม โดยทำการฆ่าตามแบบมาตรฐานสากล จากนั้นเก็บตัวอย่างเนื้อจากกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ตำแหน่งซี่โครงที่ 10-11 เพื่อนำมาศึกษาอิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกร แบ่งตัวอย่างเนื้อสุกรออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 เนื้อสุกรสด (Fresh meat) เป็นกลุ่มตัวอย่างเนื้อสุกรที่ได้มาจากโรงฆ่าสัตว์ จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และกลุ่มที่ 2 เนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการนำตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มาผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 ^{o}C เป็นเวลา 6 เดือน และทำละลายที่ 4 ^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

นำตัวอย่างเนื้อสุกรสด (Fresh meat) และเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) มาวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยนำตัวอย่างเนื้อสุกรบรรจุลงในถุงพลาสติก และนำไปต้มในน้ำเดือด โดยให้เนื้อสุกรมีอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 75 ^{o}C จากนั้นนำมาตัดตามความยาวเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.27 cm จำนวน 6 ซ้ำต่อตัวอย่าง วัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (Stable Micro System; TA.XT Plus, England) ใช้ใบมีดชนิด V-shape cutting blade และใช้ความเร็วในการตัดเท่ากับ 200 มม.ต่อนาที (Van Oeckel *et al.,* 1999)

การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทส

นำของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อ (Meat exudates) ที่ได้จากเนื้อสุกรสด (Fresh meat) และเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) มาตรวจวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทส โดยใช้วิธีสเปคโตรโฟโตเมทริค (Spectrophotometric) ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 nm หลังจากการเติมสารรีเอเจนต์จำเพาะที่ได้จากชุดทดสอบ Sigma Aldrich enzyme set (Sigma-Aldrich, Schenelldorf, Germany) (Šimoniová *et al*., 2013)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าแรงตัดผ่านเนื้อและค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสของเนื้อสุกรสด (Fresh meat) และเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) โดยใช้ตัวทดสอบสถิติแบบ Paired t-test (var. 9.2, SAS Inst., Cary, NC) โดยพิจารณาความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

จากผลการศึกษาพบว่า เนื้อสุกรสด (Fresh meat) มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) (25.62 และ12.43 N ตามลำดับ) (P<0.001) ดังแสดงใน Figure 1 ซึ่งการลดลงของค่าแรงตัดผ่านเนื้ออาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการสร้างผลึกน้ำแข็งขึ้นภายในเซลล์กล้ามเนื้อในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง จึงส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อ เส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดความเสียหาย รวมถึงเกิดการเสียสภาพของโปรตีน (Protein denaturation) (Qi *et al.*, 2012; Sriket *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (Drip loss) ของเนื้อสุกรสด และการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (Thawing loss) ของเนื้อสุกรแช่แข็ง อาจส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ เนื่องจากกล้ามเนื้อมีน้ำเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ทั้งในเซลล์และนอกเซลล์ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อโครงสร้างของเซลล์ จึงอาจส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005) ซึ่งจากการเสียสภาพของโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อที่มีสาเหตุมาจากกระบวนการแช่แข็งและการทำละลาย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อมากขึ้น และยังส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อจับกันด้วยแรงที่อ่อนลง (Xia *et al.*, 2009) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง อย่างไรก็ตามพบว่ามีการศึกษาที่ให้ผลตรงกันข้ามกับการศึกษานี้ โดยพบว่าเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่ากลุ่มเนื้อสุกรสด และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผ่านวัฏจักรการแช่แข็ง-การทำละลายหลายรอบ (Chen *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2013) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำหลังจากการทำละลาย ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวมากยิ่งขึ้น จึงทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น (Leygonie *et al.*, 2012b)

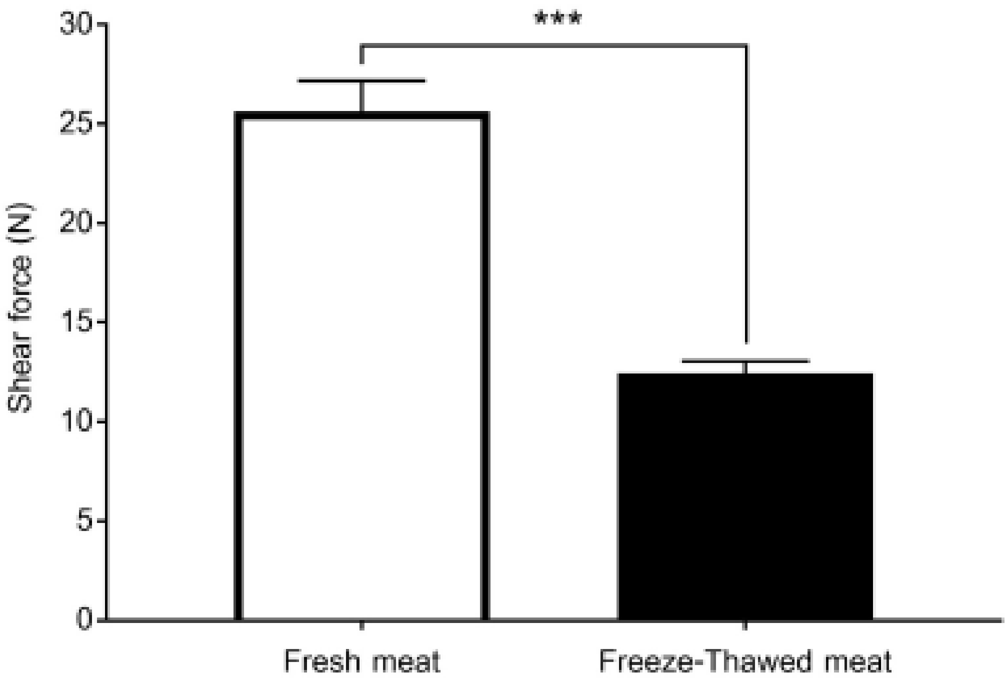


Figure 1 Effect of freeze-thawed on shear force value. ***: P<0.001

อิทธิพลของการแช่แข็ง-การทำละลายต่อค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทส

เอนไซม์ซิเตรตซินเทส เป็นเอนไซม์ที่อยู่ภายในไมโตรคอนเดรีย และค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพสำหรับบอกปริมาณของไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อลายได้ (Vigelsø *et al.*, 2014) ซึ่งจากผลการศึกษาดังแสดงใน Figure 2 พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสที่วัดได้จากของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อของเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย (Freeze-thawed meat) มีค่าเท่ากับ 0.338 µmol/ml/min ซึ่งสูงกว่าค่าที่วัดได้ในของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อของเนื้อสุกรสดที่มีค่าเท่ากับ 0.105 µmol/ml/min ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Šimoniová *et al.* (2013) โดยพบว่ากระบวนการแช่แข็งเนื้อจะส่งผลให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสเพิ่มมากขึ้น และยังพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสก็เพิ่มขึ้นเช่นกันในระหว่างการแช่เย็น และจะยิ่งเพิ่มมากขึ้นหากระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น ส่วนในเนื้อแช่แข็งพบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากไมโตคอนเดรียเกิดความเสียหาย จากการเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง และถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่คงที่ จะก่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นอย่างซ้ำๆ และส่งผลทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างของเซลล์และไมโตคอนเดรียได้มากกว่าเดิม ดังนั้นถ้าหากไมโตคอนเดรียเกิดความเสียหายมาก ก็จะส่งผลให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่จากการศึกษาของ Pipek *et al.* (2014) พบว่าค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสระหว่างเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายและเนื้อสุกรแช่เย็นมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการแช่แข็ง-การทำละลายเป็นกระบวนการที่ทำให้ไมโตคอนเดรียและเซลล์เกิดความเสียหาย จึงส่งผลต่อการหลั่งของเอนไซม์อื่นๆ ที่อยู่ภายในไมโตคอนเดรียให้ไหลออกนอกเซลล์ด้วยเช่นกัน (Fernández *et al.*, 1999; Škorpilová *et al.*, 2014)

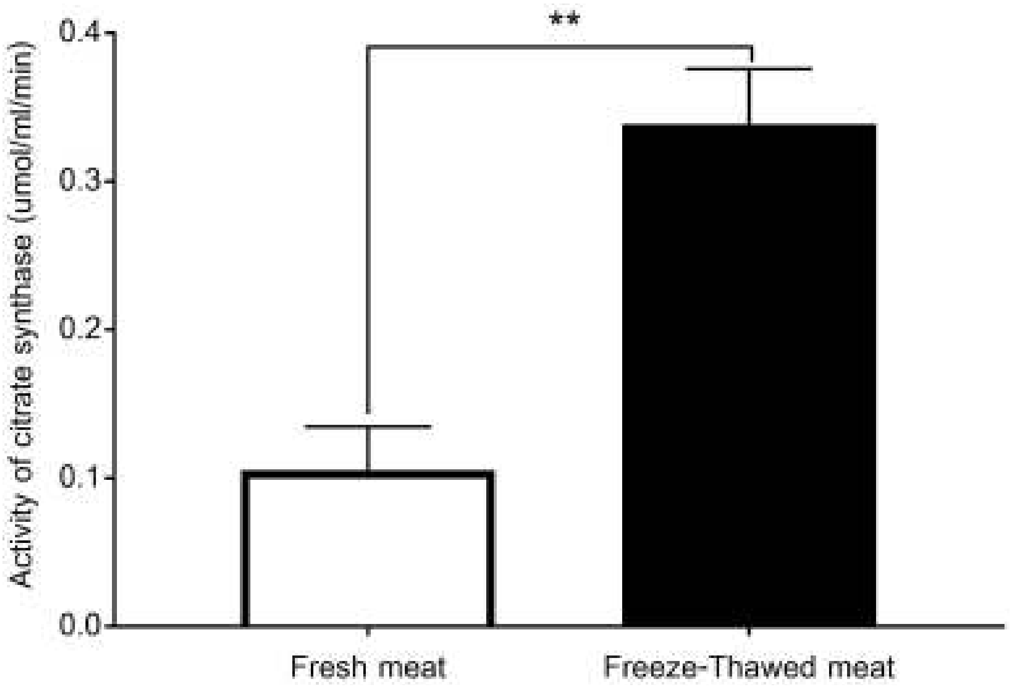


Figure 2 Effect of freeze-thawed on citrate synthase activity. **: $P<0.01$

สรุป

จากผลการศึกษาพบว่า เนื้อสุกรสดมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลาย ในขณะที่ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ซิเตรตซินเทสที่วัดได้จากของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นเนื้อของเนื้อสุกรที่ผ่านการแช่แข็ง-การทำละลายมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดได้จากเนื้อสุกรสด

เอกสารอ้างอิง

Ballin, N.Z. and R. Lametsch. 2008. Analytical methods for authentication of fresh vs. thawed meat – A review. **Meat sci.** 80: 151-158.

Chen, T.H., Y.P. Zhu, M.Y. Han, P. Wang, R. Wei, X.L. Xu and G.H. Zhou. 2017. Classification of chicken muscle with different freezeethaw cycles using impedance and physicochemical properties. **J. Food Eng.** 196: 94-100.

Dransfield, E. 1994. Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness. **Meat sci.** 36: 105-121.

Fernández, M., S. Mano, G.D.G. Fernando, J.A. Ordóñez and L. Hoz. 1999. Use of b-hydroxyacyl-CoA-dehydrogenase (HADH) activity to differentiate frozen from unfrozen fish and shellfish. **Eur. Food Res. Technol.** 209: 205-208.

Hamm, R. 1979. Delocalization of Mitochondrial Enzymes During Freezing and Thawing of Skeletal Muscle, pp. 191-204. *In* O.R. Fennema, eds. **Proteins at low temperatures**. Washington, DC.

Huff-Lonergan, E. and S.M. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Sci.** 71: 194-204.

Kim, G.D., E.Y. Jung, H.J. Lim, H.S. Yang, S.T. Joo and J.Y. Jeong. 2013. Influence of meat exudates on the quality characteristics of fresh and freeze-thawed pork. **Meat Sci.** 95: 323-329.

Lagerstedt, A., L. Enfalt, L. Johansson and K. Lundstrom. 2008. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef M. longissimus dorsi. **Meat Sci.** 80: 457-461.

Lawrie, R.A. and D.A. Ledward. 2006. **Lawrie's meat science.** 7th ed. Woodhead Publishing Limited, England.

Leygonie, C., T.J. Britz and L.C. Hoffman. 2012a. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. **Meat Sci.** 91: 93-98.

__________. 2012b. Meat quality comparison between fresh and frozen/thawed ostrich *M. iliofibularis*. **Meat Sci.** 91: 364-368.

Mayes, P.A. and D.A. Bender. 2003. The Citric Acid Cycle: The Catabolism of Acetyl-CoA, pp. 130-135. *In* R.K. Murray, D.K. Granner, P.A. Mayes and V.W. Rodwell, eds. **Harper's Illustrated Biochemistry**. 26th ed. McGraw-Hill Companies, USA.

Pietrasik, Z. and J.A.M. Janz. 2009. Influence of freezing and thawing on the hydration characteristics, quality, and consumer acceptance of whole muscle beef injected with solutions of salt and phosphate. **Meat Sci.** 81: 523-532.

Pipek, P., A. Šimoniová and T. Škorpilová. 2014. Detection of meat freezing using mitochondrial enzymes and changes during storage, pp. 494-497. *In* **60th International Congress of Meat Science and Technology.** 17-22rd August 2014, Punta del Este, Uruguay.

Qi, J., C. Li, Y. Chen, F. Gao, X. Xu and G. Zhou. 2012. Changes in meat quality of ovine longissimus dorsi muscle in response to repeated freeze and thaw. **Meat Sci.** 92: 619-626.

Škorpilová, T., A. Šimoniová, B. Rohlík and P. Pipek. 2014. Differentiation between Fresh and Thawed Chicken Meat by the Measurement of Aconitase Activity. **Czech J. Food Sci.** 32: 509-513.

Šimoniová, A., B. Rohlík, T. Škorpilová, M. Petrová and P. Pipek. 2013. Differentiation between fresh and thawed chicken meats. **Czech J. Food Sci.** 31: 108–115.

Sriket, P., S. Benjakul, W. Visessanguan and K. Kijroongrojana. 2007. Comparative studies on the effect of the freeze–thawing process on the physicochemical properties and microstructures of black tiger shrimp (Penaeus monodon) and white shrimp (Penaeus vannamei) muscle. **Food Chem.** 104: 113-121.

Van Oeckel, M.J., N. Warnants and Ch.V. Boucqué. 1999. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. **Meat Sci.** 53: 259-267.

Vigelsø, A., N.B. Andersen and F. Dela. 2014. The relationship between skeletal muscle mitochondrial citrate synthase activity and whole body oxygen uptake adaptations in response to exercise training. **Int. J. Physiol. Pathophysiol. Pharmacol.** 6: 84-101.

Xia, X., B. Kong, Q. Liu and J. Liu. 2009. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze–thaw cycles. **Meat Sci.** 83: 239-245.

Zhang, M., F. Li, X. Diao, B. Kong and X. Xia. 2017. Moisture migration, microstructure damage and protein structure changes in porcine longissimus muscle as influenced by multiple freeze-thaw cycles. **Meat Sci.** 133: 10-18.

Zhou, G.H., X.L. Xu and Y. Liu. 2010. Preservation technologies for fresh meat: A review. **Meat Sci.** 86: 119–128.

อิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนและความนุ่มของเนื้อแพะ

Influence of Breeds and Muscle Types on Enzyme Calpains Activity and Meat Tenderness of Goat Meat

ฉัตรชัย ศรีเพิ่ม[1*] นันทนา ช่วยชูวงศ์[1] จันทร์พร เจ้าทรัพย์[2] เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ[1] และราชศักดิ์ ช่วยชูวงศ์[1]

Chatchai Sriperm[1*], Nantana Chauychuwong[1], Chanporn Chaosap[2], Keatisak Soisuwan[1] and Ratchasak Chauychuwong[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนและความนุ่มของเนื้อแพะ สุ่มตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก กล้ามเนื้อใบพายและกล้ามเนื้อลูกมะพร้าวจากแพะพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้และแพะลูกผสมสามสายเลือด (บอร์ x ซาเนน x พื้นเมือง) เพศผู้ ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์และชนิดของกล้ามเนื้อแพะไม่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปน ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและความยาวซาร์โคเมียร์ ($p>0.05$) แต่เนื้อแพะพื้นเมืองมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่าแพะลูกผสมสามสาย ($p<0.01$) ชนิดกล้ามเนื้อมีผลต่อคุณภาพเนื้อโดยกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงสุด รองลงมาเป็นกล้ามเนื้อใบพายและกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว ($p<0.01$) ความยาวซาร์โคเมียร์ของกล้ามเนื้อลูกมะพร้าวและกล้ามเนื้อสันนอกยาวกว่ากล้ามเนื้อใบพาย ($p<0.01$) นอกจากนี้กล้ามเนื้อใบพายมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว ($p<0.01$)

ABSTRACT

The study of influence of breeds and muscle types on enzyme calpains activity and meat tenderness of goat meat. The samples of *Longissimus dorsi* (LD), *Infraspinatus* (IF) and *Vastus lateralis* (VL) muscles were collected from Thai indigenous (TI) goat and crossbred (CB) goat (Boer x Sanan x Native). The results showed that breeds and muscle types had no effect on enzyme calpains activity, shear force value and sarcomere length, but TI goat had larger muscle fiber diameter than the CB goat ($p<0.01$). The LD muscle had higher shear force value than IF and VL muscles ($p<0.01$). Sarcomere length of the VL and LD muscles were longer than the IF muscle ($p<0.01$). The IF muscle had larger muscle fiber diameter than LD and VL muscles ($p<0.01$).

Key Words: muscle types, enzyme calpains, meat tenderness, goat meat

* Corresponding author; e-mail address: siam_4403@hotmail.com

[1] ภาคสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช 80110

[1] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammrat 80110

[2] สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[2] Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

คำนำ

ปัจจุบันเนื้อแพะจัดเป็นเนื้ออีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมของผู้บริโภค เนื้อแพะได้รับการยอมรับว่าเป็นเนื้อที่มีคุณภาพทางโภชนาการที่ดี (Webb *et al*., 2005) มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเนื้อโค 50-65 เปอร์เซ็นต์ และต่ำกว่าเนื้อแกะ 42-59 เปอร์เซ็นต์ (Addrizzo., 2002) แต่ปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกเนื้อของผู้บริโภคคือความนุ่มของเนื้อ โดยผู้บริโภคยอมที่จะซื้อเนื้อที่มีความนุ่มในราคาที่แพงกว่าเนื้อที่เหนียว (Boleman *et al*., 1997) ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อมีหลายประการ เช่น พันธุ์ เพศ ระบบการเลี้ยง และโครงสร้างของกล้ามเนื้อ โดยปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อลักษณะทางชีวภาพ (biological characteristics) ของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เช่น ปริมาณคอลลาเจน ไขมัน เอนไซม์และลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อมีผลต่อความนุ่มและรสชาติของเนื้อในสัตว์หลายชนิด (Klont *et al*., 1998) นอกจากนี้ความนุ่มของเนื้อ ยังเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่ทำการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อภายหลังสัตว์ตาย เอนไซม์คาลเปน (calpains) ซึ่งเป็นเอนไซม์กลุ่ม Endogenous Proteolysis มีบทบาทสำคัญต่อความนุ่มของเนื้อหลังสัตว์ตาย (Koohmaraie, 1992) โดยเอนไซม์คาลเปนที่พบในเส้นใยกล้ามเนื้อ มีอยู่ 2 รูป คือ calpain I และ calpain II หรือ μ-calpains และ m-calpains เอนไซม์นี้จะทำงานเมื่อถูกกระตุ้นด้วย Ca^{2+} และทำปฏิกิริยาได้ดีในสภาพเป็นกลาง (Li *et al*., 2004) โดย m-calpain จะถูกกระตุ้นด้วย Ca^{2+} ปริมาณสูง (1-2mM) และ μ-calpains จะถูกกระตุ้นด้วย Ca^{2+} ปริมาณต่ำ (50-100 μM) เอนไซม์คาลเปนจะอยู่บริเวณ Z-line ของเส้นใยกล้ามเนื้อ การทำงานของเอนไซม์คาลเปนจะทำให้เกิดการแตกหักของ Tropomyosin และ Titin (connectin) โดยหลังจากการทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนแล้วเอนไซม์คาลเปนจะเกิดการสลายตัว (autolysis) ไป (จันทร์พร, 2554)

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งที่จะทำการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อที่มีต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนและความนุ่มของเนื้อแพะที่ยังมีการคึกษาและวิจัยอยู่น้อย เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปปรับปรุงพัฒนาคุณภาพเนื้อแพะต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสามชนิดจากแพะพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้และแพะพันธุ์ลูกผสมสามสายเลือด (50%บอร์ X 25%ซาเนน X 25%พื้นเมืองภาคใต้) เพศผู้ พันธุ์ละ 10 ตัว ที่ผ่านการขุนด้วยอาหารข้นและอาหารหยาบ เป็นเวลา 120 วัน น้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 17.67 ± 2.28 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการขุน ทำการฆ่าชำแหละแพะสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อจากซากซีกซ้ายของแพะ โดยเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi* ; LD) ตำแหน่งซี่โครงที่ 12 - 13 กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinatus* ; IF) และกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว (*Vastus lateralis* ; VL) ภายหลังสัตว์ตาย 2 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์คาลเปน Calpain 1 (μ-calpain) และCalpain 2 (m-calpain) ในเนื้อ การวิเคราะห์หาเอ็นไซม์ Calpain Activity ด้วย Casein Zymography ตามวิธีการของ (Arther and Mykle., 2000) โดยคำนวณความเข้มของแถบสว่างด้วยโปรแกรม Image Lab 5.1 และศึกษาความนุ่มของเนื้อ โดยนำตัวอย่างไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถุงที่บรรจุตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกไปทำให้เย็น โดยการแช่ในน้ำแบบให้น้ำไหลผ่านนาน 30 นาที จนกระทั่งได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อลดลงเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส จึงนำเนื้อออกจากถุง ซับน้ำที่ผิวเนื้อให้แห้ง นำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่เย็นแล้วมาตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 1×3×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวอย่างละ 5 ชิ้น จากนั้นนำตัวอย่างไปทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force value) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงตัดผ่านเนื้อแบบ Warner Bratzler ตามวิธีการของ (Boccard *et al*., 1981) และศึกษาลักษณะโครงสร้างทางด้านจุลภาคของเนื้อที่เกี่ยวข้องกับความนุ่ม ได้แก่ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber diameter) ตามวิธีการของ (Tuma *et al*., 1962) และวัดความยาวซาร์โคเมียร์ (sarcomere length) ของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยเครื่องมือ Helium-Neon Laser ตามวิธีการของ (Cross *et al*., 1981)

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อต่อการทำงานของเอมไซม์คาลเปน

การทำงานของเอมไซม์คาลเปน ในการทดลองครั้งนี้วิเคราะห์โดยอาศัยเทคนิคทางอิเล็คโตรโฟรีซีส แบบ Native Gel ซึ่งวัดการทำงานของเอนไซม์คาลเปน จากความเข้มของแถบสว่างที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีนเคซีนในเจลอะครีลาไมด์ ถ้าเกิดแถบแสงสว่างมากแสดงว่าเอนไซม์คาลเปนทำงานมากด้วย จากการทดลองในครั้งนี้ พบแถบสว่างของกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกันของแถบสว่างด้านบน (calpain 1) และแถบสว่างด้านล่าง (calpain 2) ของเจลที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนเคซีนของเอนไซม์ Calpain 1 และเอนไซม์ Calpain 2 ของตัวอย่างที่เก็บประมาณ 2 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย ดังแสดงใน (Figure 1)

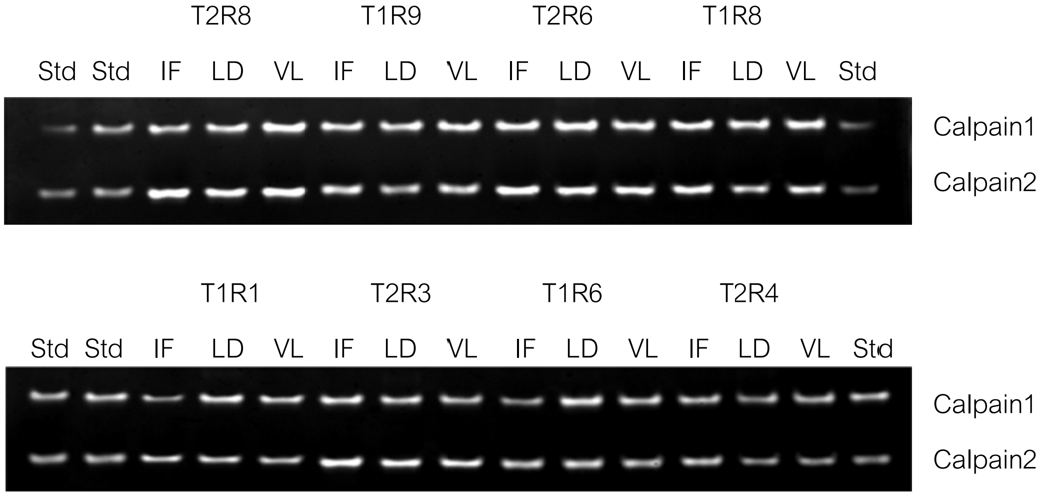


Figure1 Zymogram enzyme activity calpain1 and calpain2 in muscle (IF ; *Infraspinatus*), (LD ; *Longissimus dorsi*) , (VL= *Vastus lateralis*) of goat meat

ผลการศึกษาการทำงานของเอนไซม์คาเปน (calpain activity) ที่คงเหลืออยู่ในกล้ามเนื้อของแพะพื้นเมืองและแพะลูกผสม (Table 1) พบว่าพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ calpain 1 และ เอนไซม์ calpain 2 ของเนื้อแพะ (P>0.05) และไม่พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนทั้งสองชนิด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ อภิชญา (2559) พบว่าระดับการทำงานของเอนไซม์ calpain 1 และ เอนไซม์ calpain 2 ของกล้ามเนื้อแพะลูกผสมพันธุ์บอร์ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายไม่แตกต่างกัน และในส่วนของกล้ามเนื้อสันนอกยังสอดคล้องกับ จันทร์พร (2556) รายงานว่า การทำงานของเอนไซม์ calpain ในกล้ามเนื้อสันนอกของแพะ ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงหลังการฆ่า โดยพบ calpain 1 ที่เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหลังการฆ่า มีความเข้มของแสงสว่าง calpain 1 มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์นี้มีการทำงานมากคือทำการย่อยสลายโปรตีนได้มาก

Table 1 Effect of enzyme calpain1 and calpain2 in muscle of goat meat

Item	calpain 1 activity[1]	calpain 2 activity[1]
Breed		
Thai indigenous	$1.01x10^8±1.56x10^7$	$9.92x10^7±1.74x10^7$
Boer x Sanan x Native	$1.02x10^8±1.54x10^7$	$9.90x10^7±1.72x10^7$
Muscle type		
Infraspinatus	$1.02x10^8±1.56x10^7$	$9.84x10^7±1.76x10^7$
Longissimus dorsi	$1.01x10^8±1.58x10^7$	$9.94x10^7±1.76x10^7$
Vastus lateralis	$1.01x10^8±1.56x10^7$	$9.96x10^7±1.73x10^7$
p-value		
Breed	0.9660	0.9712
Muscle type	0.9938	0.9784
Breed x Muscle type	0.9987	1

[1](units / 100 milligram of meat)

อิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อ

ผลการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อ (Table 2) พบว่าพันธุ์ไม่มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อและความยาวซาร์โคเมียร์ แต่พบว่าเนื้อแพะพื้นเมืองมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่าแพะลูกผสมสามสาย (p<0.01) คือ 46.68 และ 39.30 micron ตามลำดับ ด้านอิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อ พบว่ามีผลต่อทุกลักษณะที่ศึกษา โดยกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงสุด รองลงมา คือ กล้ามเนื้อใบพายและกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว (p<0.01) เท่ากับ 3.95, 3.35และ2.75 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนความยาวซาร์โคเมียร์ พบว่ากล้ามเนื้อลูกมะพร้าว(1.63 micron) และกล้ามเนื้อสันนอก (1.58 micron) ยาวกว่ากล้ามเนื้อใบพาย (1.44 micron) (p<0.01) กล้ามเนื้อใบพายมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า (45.89 micron) กล้ามเนื้อสันนอก (39.33 micron) และกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว (43.39 micron) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) ไม่พบปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อต่อขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ความยาวซาร์โคเมียร์และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ สอดคล้องกับ อภิชญา (2559)

ศึกษาขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อในแพะลูกผสมพันธุ์บอร์ พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่ากล้ามเนื้อใบพาย และยังพบว่าความยาวซาร์โคเมียร์ของกล้ามเนื้อสันนอกยาวกว่ากล้ามเนื้อใบพาย การศึกษาครั้งนี้พบว่าแพะทดลองมีความยาวซาร์โคเมียร์ของเนื้อสันนอกเท่ากับ 1.58 ไมครอน ซึ่งตรงกับ Mckeith *et al.* (1979) รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกแพะมีความยาวซาร์โคเมียร์ 1.58 ไมครอน

Table 2 Muscle fiber diameter, Sarcomere length and Shear force value of goat meat

Item	Shear force (kg)	Muscle fiber diameter (micron)	Sarcomere length (micron)
Breed			
Thai indigenous	3.21	46.68^{a}	1.56
Boer x Sanan x Native	3.49	39.30^{b}	1.54
Muscle type			
Infraspinatus	3.35^{b}	45.89^{b}	1.44^{b}
Longissimus dorsi	3.95^{a}	39.33^{a}	1.58^{a}
Vastus lateralis	2.75^{c}	43.39^{a}	1.63^{a}
p-value			
Breed	0.2047	0.0001	0.5226
Muscle type	0.0002	0.0008	0.0006
Breed x Muscle type	0.8810	0.4963	0.5772

$^{a, b, c}$ Least squares means within the same column with different superscripts differ significantly

สรุป

ผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อของแพะไม่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์คาลเปนทั้งเอนไซม์คาลเปน 1 และเอนไซม์คาลเปน 2 ซึ่งสอดคล้องกับการที่แพะพื้นเมืองและแพะลูกผสมมีความนุ่มหรือค่าแรงตัดผ่านเนื้อและมีความยาวซาร์โคเมียร์ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งพันธุ์และชนิดกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยแพะพื้นเมืองมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่าแพะลูกผสม และกล้ามเนื้อใบพายมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่ากล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อลูกมะพร้าว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2554. เทคโนโลยีการฆ่าสัตว์. โครงการตำรา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2556. รายงานการวิจัย ผลของการบ่มที่มีผลต่อการละลายได้ของคอลลาเจน การทำงานของเอ็นไซม์คาลเปนและคุณภาพเนื้อแพะลูกผสมพันธุ์บอร์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อภิชญา พึ่งสุข. 2559. อิทธิพลของชนิดกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อแพะลูกผสมพันธุ์บอร์. วิทยานิพนธ์, สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Addrizzo, J.R. 2002. Use of Goat Milk and Goat Meat as Therapeutic Aids in Cardiovascular Diseases. เข้าถึงได้จาก http://www.clemson.edu/agronomy/goat /.html 6 ตุลาคม 2558.

Arther, J.S.C., and L. Mykles. 2000. Calpain Zymography with casein or fluorescein isothiocyanate casein. In Calpain methods and protocols. J. S. ELce. ed. Humana Press Inc., Totoma, NJ. 343 p.

Boccard, R., L. Buchter, E. Casteels , E. Cosentino, E. Dransfield, D.E. Hood, R. L. Joseph, D. B. MacDougall, D.N. Rhodes, B.J. Tinbergen and C. Touraille. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef productions experiments. Livestock Production Science, 8 : 385 - 397.

Boleman, S.J., S.L. Boleman, R.K. Miller, J.R. Taylor, H.R. Cross, T.L. Wheeler, M. Koohmaraie, S.D. Shackelford, M.F. Miller, R.L. West, D.D. Johnson and J.W. Savell. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science 75 : 1521-1524.

Cross, H.R., R. L. West and T.R. Dutson, 1981. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef Semitendinosus muscle. Meat Science 5 : 266 – 266.

Klont, R.E., L. Brocks and G. Eikelenboom. 1998. Muscle fibre type and meat quality. Meat Science 49 : 219-229.

Koohmaraie, M. 1992. Effect of pH, temperature, and inhibitors on autolysis and Catalysis activity of bovine skeletal muscle μ-calpain. Journal of Animal Science 70 : 3071-3080.

Li, H., V. F. Thompson, and D. E. Goll. 2004. Effects of autolysis on properties of μ-and m-calpain. Biochim. Biophys. Acta. 1691 : 91-103.

McKeith, F. K., J.W. Savell, G.C. Smith, T.R. Durson and M. Shelton. 1979. Palatability of goat meat from carcasses electrically stimulated at four different stages during the slaughter-dressing sequence. Journal of Animal Science 49 : 972 - 978.

Tuma, H.J., J. H. Venale, P.R. Wuthier and R. L. Henrickson. 1962. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. Journal of Animal Science 21 : 33-36.

Webb, E.C., N. H. Casey and L. Simele. 2005. Goat meat quality. Small Ruminant Research 60 : 153-166.

ชีววิทยาและผลของสารกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนของแมลงหวี่ขน (Diptera: Psychodidae)

Biology and Effect of Insecticides on Larvae of Moth Files (Diptera: Psychodidae)

รัชกรศ์ แสงอำไพ[1*] เบญจคุณ แสงทองพราว[1] และ จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์

Ratchakorn Sangumphai[1*],Benjakhun Sangtongpraow[1] and Jaruwat Thowthampitak[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและชีววิทยาของแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำเสียเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลและผลของสารเคมีกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนแมลงหวี่ขน โดยทดสอบกับ Temephos 1% w/w (ทรายจีพีโอ-1 ®) ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1 กรัม/น้ำ 1 ลิตร และ Diflubenzuron 20% w/w (เอ็กซ์โซธอร์®) ความเข้มข้น 0, 7.5, 37.5, 75 และ 105 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ ในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบแมลงหวี่ขน 2 ชนิดคือ *Clogmia albipunctata* Williston และ *Psychoda* sp. วงจรชีวิตของ *C. albipunctata* จากระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลา 19.87 ± 2.85 วัน ระยะไข่ ตัวอ่อน และดักแด้ใช้เวลา 2.00 ± 0.00, 13.37 ± 2.62 และ 2.91 ± 0.51 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยเพศเมียและเพศผู้มีอายุ 4.02 ± 2.83 และ 2.06 ± 0.71 วัน ตามลำดับ แมลงหวี่ขนเพศเมียสามารถวางไข่ได้ 180.10 ± 92.62 ฟอง ส่วน Temephos ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขน ส่วน Diflubenzuron ทุกความเข้มข้นพบเปอร์เซ็นต์การตายเท่ากับ 100% ที่ 10 วันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้น Diflubenzuron สามารถใช้ในการกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขนได้

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the species and biology of moth flies that were found in drain of Bangkok Metropolitan Region and effect of insecticides on moth fly larvae. Temephos 1% w/w (Sai GPO-1®) at concentrations of 0, 0.1, 0.5 and 1 g/L and Diflubenzuron 20% w/w (Exothor®) at concentrations of 0, 7.5, 37.5, 75 and 105 g/L were applied in laboratory with 5 replications per treatment. The results found that 2 species of moth flies was *Clogmia albipunctata* Williston and *Psychoda* sp. The life cycle of *C. albipunctata* from egg to adult stage was 19.87±2.85 days. The egg, larval and pupal stage took 2.00±0.00, 13.37±2.62 and 2.91±0.51 days, respectively. The longevity of adult female and male were 4.02±2.83 and 2.06±0.71 days, respectively. The fecundity of female was 180.10±92.62 eggs/ female. Temephos concentration at 0.1, 0.5 and 1 g/L had no effect on percent mortality of moth fly larvae. Diflubenzuron at all concentrations gave 100% mortality and non-significant at 10 days ($p<0.05$). Thus, Diflubenzuron can use to control the larvae of moth fly.

Key Words: moth flies, insecticides, effect,

* Corresponding author; e-mail address: **rck.supi@hotmail.com**

[1]ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ในปัจจุบันประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วความต้องการด้านอาหารจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประเทศไทยมีทรัพยากรธรรมชาติที่สมบูรณ์และมีพื้นฐานเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีผลผลิตด้านการเกษตร เป็นปริมาณมากซึ่งนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร ประกอบกับประเทศไทยมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตด้านการเกษตร ทำให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตอาหารในภูมิภาคอาเซียน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2558)จากสถิตการส่งออกสินค้าอาหารที่สำคัญของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2557 สินค้าประเภทเนื้อสัตว์แปรรูปเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่าสูงเป็นอันดับที่ 8 ของสินค้าส่งออกทั้งหมด ธัญพืชเป็นอันดับที่ 10 ปลาและอาหารทะเลเป็นอันดับที่ 15 อาหารแปรรูปเป็นอันดับที่ 16 และอาหารประเภทอื่น ๆ เป็นอันดับที่ 17 ของสินค้าส่งออกที่สำคัญ สำหรับรายการของสินค้าเกษตรและอาหารที่สำคัญและมูลค่าการส่งออกสูง ได้แก่ ข้าว อาหารทะเลสด/แช่เย็น/แช่แข็ง/กระป๋อง/แปรรูป ไก่สด/แช่เย็น/แช่แข็ง/แปรรูป ผักแลผลไม้สด/แช่เย็น/แช่แข็ง/แปรรูป เป็นต้น มีกำลังการผลิตประมาณ 3 ล้านตันต่อปีมีมูลค่าการส่งออกถึง 8,767 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี 2557 ซึ่งนับได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิต/ผู้ส่งออกที่มีศักยภาพในกลุ่มสินค้าดังกล่าว (สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ กรุงเฮก, 2558)

เมื่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยเติบโตขึ้น ทำให้มีจำนวนโรงงานผลิตอาหารเพิ่มมากขึ้นด้วย ปัญหาที่ตามมาคือ ของเสียจากโรงงานผลิตอาหารในรูปของน้ำเสียและกากของเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์จำนวนมาก และสารอินทรีย์เหล่านี้หากไม่มีระบบการจัดการที่ดีจะสะสมและกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงหลายชนิด เช่น แมลงสาบ มด และแมลงวัน เป็นต้น แมลงเหล่านี้เป็นแมลงที่สำคัญมาก นอกจากจะมีโอกาสปะปนไปในบรรจุภัณฑ์แล้ว ยังเป็นแมลงที่อาจก่อโรคมาสู่คนได้อีกด้วย แมลงเหล่านี้จึงถูกให้ความสำคัญในการหาวิธีป้องกันกำจัดเป็นอันดับต้นๆ มีการคิดค้นหาเทคนิคใหม่ๆในการกำจัดที่มีประสิทธิภาพ แต่มีแมลงอีกชนิดหนึ่งที่ถูกมองข้ามและมักพบอยู่ในของเสียจากโรงงานหรือของเสียจากชุมชนเช่นกันคือ แมลงหวี่ขน(Moth flies หรือ Drain flies)

แมลงหวี่ขนจัดอยู่ในอันดับ Diptera วงศ์ Psychodidae มีชื่อสามัญว่า Moth flies หรือ Drain flies ชนิดที่พบได้ทั่วโลกคือ*Clogmia albipunctata* Williston ตัวเต็มวัยของแมลงชนิดนี้ชอบอาศัยอยู่ในที่ร่มเย็นบริเวณใกล้น้ำ ที่พักน้ำเสีย ท่อระบายน้ำ หรือในห้องน้ำทั่วไป ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในวัตถุที่เน่าเปื่อยชื้นแฉะหรือในน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ตัวอ่อนกินซากอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร (Yates,2014) แมลงชนิดนี้ไม่มีรายงานว่าเป็นพาหะนำโรคมาสู่คนและสัตว์ เพียงแต่ทำความรำคาญให้กับมนุษย์เมื่อมาเกาะอยู่ตามสถานที่สำคัญ หรือในที่พักอาศัย แต่ในโรงงานอุสาหกรรมนั้นเป็นปัญหาอย่างมาก เนื่องจากถ้ามีการปะปนของแมลงหวี่ขนลงไปในบรรจุภัณฑ์อาหารแล้ว จะสร้างความเสียหายให้แก่โรงงานอุสาหกรรมได้ ทั้งในเชิงคุณภาพของสินค้าและความสะอาดของโรงงาน ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลชนิดและชีววิทยาของแมลงหวี่ขนที่สร้างปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันวิธีการป้องกันกำจัดจะเน้นไปที่การรักษาความสะอาด และการใช้สารเคมีกำจัดแมลงฉีดพ่นตัวเต็มวัย แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารมีข้อกำจัดในการใช้สารเคมีกำจัดแมลงฉีดพ่นในตัวอาคาร จึงต้องหาวิธีในการกำจัดแมลงหวี่ขนวิธีอื่นๆ ทดแทน

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและชีววิทยาของแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำเสียเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลและผลของสารเคมีกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนแมลงหวี่ขนในท่อระบายน้ำ โดยข้อมูลที่ได้

จะนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขนในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารบ้านเรือนและลดผลกระทบจากการใช้สารเคมีกำจัดแมลงฉีดพ่นภายในตัวอาคาร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาชนิดและชีววิทยาแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

1.1 การเก็บตัวอย่างและการเพาะเลี้ยงแมลงหวี่ขนในห้องปฏิบัติการ

สุ่มเก็บตัวอย่างแมลงหวี่ขนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยสำรวจตามท่อน้ำทิ้ง ท่อระบายน้ำที่พักน้ำเสียของแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร การเก็บตัวอย่างทำโดยใช้ตะแกรงตาถี่ตักน้ำพร้อมตะกอนซากอินทรีย์ในท่อมาใส่ในถาดพลาสติกสีขาว แยกเอาตัวอ่อนและดักแด้ของแมลงหวี่ขนโดยใช้ปากคีบมาเลี้ยงต่อในห้องปฏิบัติการของภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร โดยมีใบอนุญาตการใช้สัตว์ทดลองเพื่องานวิทยาศาสตร์เลขที่ U1-02250-2558 จากนั้นบันทึกสถานที่และวันที่เก็บในแต่ละแหล่ง

นำตัวอ่อนและดักแด้ของแมลงหวี่ขนที่เก็บได้ในแต่ละแหล่งมาแยกใส่ในจานรองกระถางต้นไม้ดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร ที่มีน้ำจากแหล่งที่เก็บตัวอย่างเดิมสูงประมาณ 1 เซนติเมตรจากก้นจาน แหล่งละ 1 จาน จากนั้นนำไปแยกเลี้ยงในกรงเลี้ยงแมลงตาข่ายตาถี่ขนาด 40x40 เซนติเมตร รอให้ตัวเต็มวัยของแมลงหวี่ขนออกจากดักแด้ เก็บตัวอย่างแมลงหวี่ขนโดยใช้ขวดน็อคแมลง จัดรูปร่างและอบให้แห้ง จากนั้นทำการจำแนกชนิดภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป ศึกษาสัณฐานวิทยาภายนอกของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียและบันทึกภาพตัวอย่างแมลงหวี่ขนด้วยกล้องดิจิตอล

1.2 การศึกษาชีววิทยาของแมลงหวี่ขน

นำตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียของแมลงหวี่ขนแต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในข้อ 1.1แยกใส่กรงตาข่ายตาถี่ขนาด 40x40 เซนติเมตร จำนวน 10 คู่ ภายในกรงตาข่ายมีจานรองกระถางต้นไม้ดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5เซนติเมตร ใส่น้ำจากท่อน้ำทิ้งสูงประมาณ 1 เซนติเมตรจากก้นจาน สังเกตพฤติกรรมการผสมพันธุ์ และพฤติกรรมการวางไข่ จากนั้นปล่อยให้ไข่ฟักเป็นตัวอ่อน จึงแยกตัวอ่อนมาใส่ขวดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร 1 ตัว/ขวด จำนวน 100 ตัว ใส่น้ำพอท่วมตัวอ่อน ให้อาหารปลาเป็นอาหารแก่ตัวอ่อน จดบันทึกระยะเวลาในการเจริญเติบโตแต่ละระยะ วัยของตัวอ่อนสังเกตจากการลอกคราบ

การศึกษาความสามารถในการวางไข่ (fecundity) ของแมลงหวี่ขนเพศเมีย ทำได้โดยนำตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียใส่ในกรงตาข่ายตาถี่ขนาด 40x40 เซนติเมตร จำนวน 10 คู่ เมื่อแมลงหวี่ขนผสมพันธุ์กันแล้วแยกเพศเมียในขวดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร ใส่น้ำเล็กน้อย ปล่อยให้แมลงหวี่ขนวางไข่จนกระทั่งแมลงหวี่ขนตัวนั้นตาย นับจำนวนไข่ทั้งหมดที่วาง

2. การศึกษาผลของสารเคมีกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนของแมลงหวี่ขน

ทำการเพาะเลี้ยงแมลงหวี่ขนตามวิธีในข้อ 1.1 เมื่อตัวอ่อนของแมลงหวี่ขนเจริญเติบโตถึงวัยที่ 4 จึงนำมาใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไปและเพาะเลี้ยงลูกน้ำยุงลายบ้านโดยนำไข่ยุงลายบ้านใส่ลงในน้ำประปาที่ขังทิ้งไว้ 2 วัน เมื่อไข่ฟัก ให้อาหารปลาเป็นอาหาร เมื่อลูกน้ำเจริญเติบโตถึงวัยที่ 4 จึงนำมาทดสอบต่อไป

การศึกษาผลของสารเคมีกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนแมลงหวี่ขนวัยที่ 4 โดยใช้ตัวอ่อนจำนวน 500 ตัว แยกใส่จานแก้ว petri dish จำนวน 10 ตัว/ จาน ทดสอบกับสารเคมีกำจัดแมลงดังนี้

1) Temephos 1% w/w (ทรายจีพีโอ-1 ®) กลุ่ม Organophosphate ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1 กรัม/น้ำ 1 ลิตร ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำบันทึกการตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขนทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการเปรียบเทียบโดยทดสอบกับลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* วัยที่ 4 จำนวน 10 ตัว/ จาน ที่ความเข้มขัน 0.1 กรัม/ น้ำ 1 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ จำนวน 5 ซ้ำ

2) Diflubenzuron 20% w/w (เอ็กซ์โซธอร์®) กลุ่ม Insect growth regulatorความเข้มข้น 0, 7.5, 37.5, 75 และ 105 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ บันทึกการตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขนทุกๆ 1 วัน จนกว่าตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายทั้งหมด

ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียสจากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์การตายมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dancan's

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิดและชีววิทยาแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

จากการศึกษาชนิดของแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล พบแมลงหวี่ขนจำนวน 2 ชนิด คือ *Clogmia albipunctata* Williston (Figure 1A) และ *Psychoda* sp. (Figure 1B) ส่วนใหญ่ที่พบสร้างปัญหาในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นชนิด *C. albipunctata* ส่วน *Psychoda* sp. พบน้อยมาก

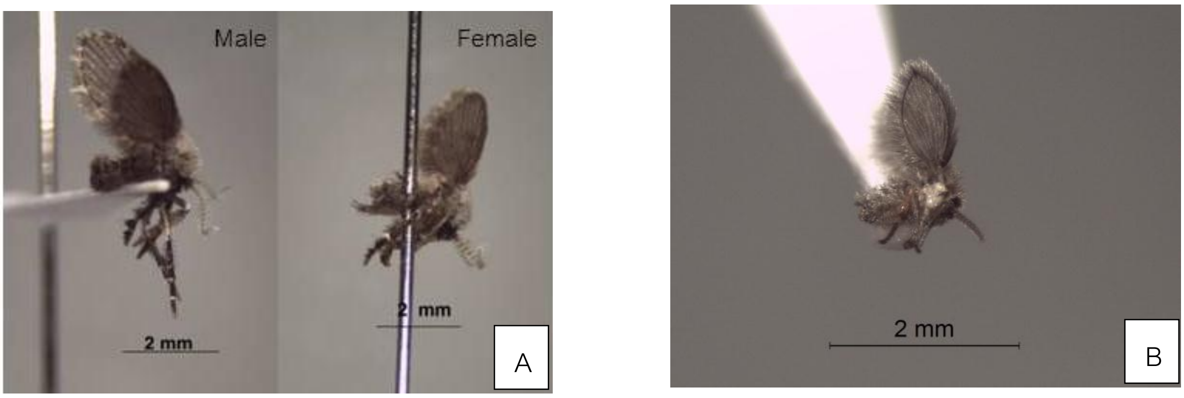


Figure 1 Adults of Moth flies that found in drain of Bangkok Metropolitan Region, A) *Clogmia albipunctata* Williston and B) *Psychoda* sp.

วงจรชีวิตของ *C. albipunctata* จากระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 19.87 ± 2.85 วัน (Figure 2) ช่วงอยู่ระหว่าง 11 – 36 วัน ตัวเต็มวัยวางไข่ที่บริเวณผิวน้ำ ระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 2.00 ± 0.00 วัน ระยะตัวอ่อนมี 4 วัย ตัวอ่อนวัยที่ 1, 2, 3 และ 4 ใช้เวลาเฉลี่ย 2.25 ± 0.57 วัน 2.20 ± 0.69 วัน 2.24 ± 0.85 วัน และ 6.17 ± 2.16 วัน ตามลำดับ รวมระยะตัวอ่อนใช้เวลาเฉลี่ย 13.37 ± 2.62 วัน ช่วงอยู่ระหว่าง 8 – 20 วัน ระยะดักแด้ใช้เวลาเฉลี่ย 2.91 ± 0.51 วัน ช่วงอยู่ระหว่าง 2 – 4 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียมีอายุเฉลี่ย 4.02 ± 2.83 วัน ช่วงอยู่ระหว่าง 1 – 7 วัน และเพศผู้มีอายุเฉลี่ย 2.06 ± 0.71 วัน ช่วงอยู่ระหว่าง 1 – 4 วัน

จากข้อมูลวงจรชีวิตของแมลงหวี่ขน *C. albipunctata* ในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Drees and Owens (2015) ที่พบว่าไข่ของแมลงหวี่ขน *C. albipuctata* ฟักภายใน 48 ชั่วโมง ส่วนการศึกษาของ Sehgal*et al*. (1997) ที่เลี้ยงแมลงหวี่ขน *C. albipunctata* ในห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียสพบว่า ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนรวมทั้ง 4 วัย ใช้เวลา 16-17 วัน และระยะดักแด้ใช้เวลา 5-6 วัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นเพราะในการศึกษาครั้งนี้เลี้ยงแมลงหวี่ขนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จึงทำให้แมลงหวี่ขนมีการเจริญเติบโตเร็วกว่า

จากการศึกษาความสามารถในการวางไข่ (fecundity) ของแมลงหวี่ขน *C. albipunctata* พบว่า แมลงหวี่ขนเพศเมียมีความสามารถในการวางไข่เฉลี่ย 180.10 ± 92.62 ฟองต่อเพศเมีย 1 ตัว ช่วงอยู่ระหว่าง 64-367 ฟอง ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Simões*et al*. (1997) ที่ได้รายงานว่าแมลงหวี่ขนเพศเมียมีความสามารถในการวางไข่ 200 ถึง 300 ฟอง ต่อเพศเมีย 1 ตัว จากการสังเกตพฤติกรรมการวางไข่พบว่า เพศเมียจะวางไข่หลังจากผสมพันธุ์แล้ว 1 วัน และไข่จะถูกวางที่บริเวณผิวน้ำ

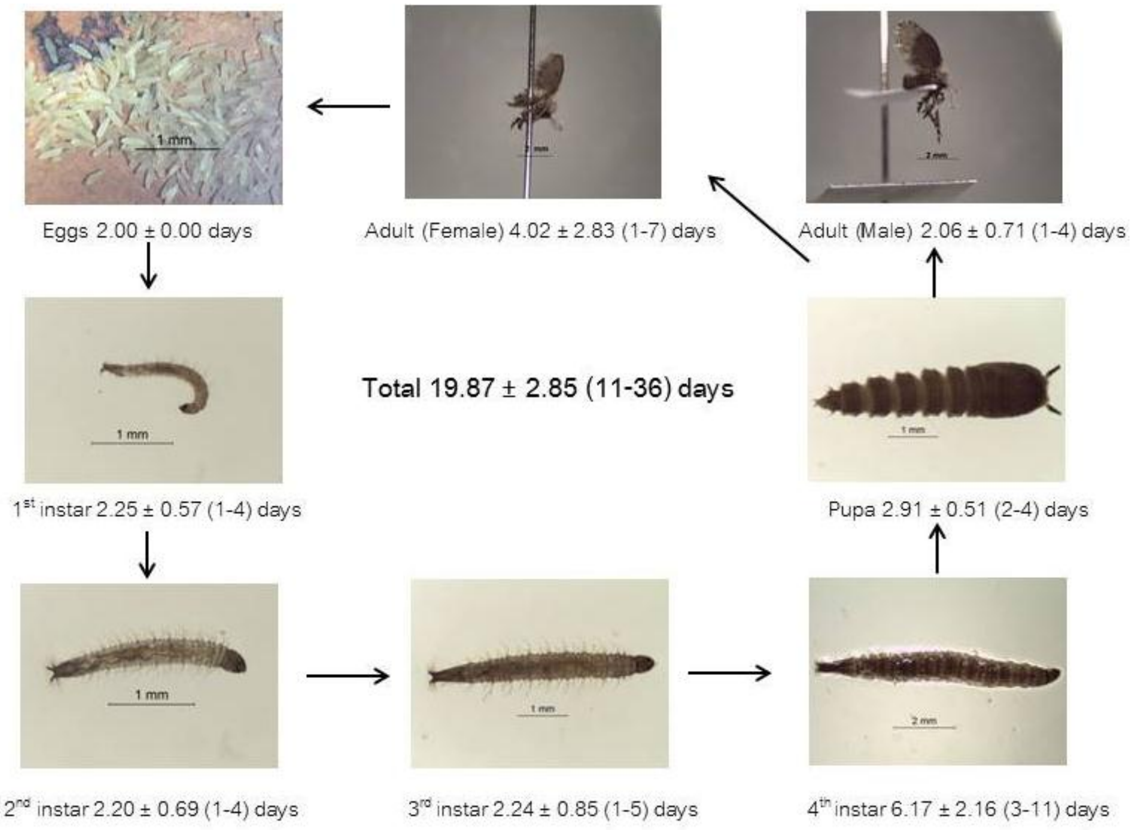


Figure 2 The life cycle of *Clogmia albipunctata* Williston

ผลของสารเคมีกำจัดแมลงต่อตัวอ่อนแมลงหวี่ขน

จากการศึกษาผลของสารเคมีกำจัดแมลง Temephos 1% w/w ที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.5 และ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ต่อเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขน *C. albipunctata* วัยที่ 4 พบว่า ทุกความเข้มข้นไม่สามารถทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายได้ และที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายเพียง 4% ที่เวลา 18 ชั่วโมง และ 6% ที่เวลา 24 ชั่วโมง (Table 1) ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์การตายที่ต่ำ

มากเมื่อเปรียบเทียบกับลูกน้ำยุงลายบ้าน เมื่อใช้ความเข้มข้นเพียง 0.1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ ทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านตาย 100% ที่เวลา 12 ชั่วโมง

Table1 Mortality (%) of *Clogmia albipunctata* Williston larvae when submitted to different concentrations of Temephos 1% w/w in the laboratory

Time (hrs)	Mortality (%) in difference concentrations (mean ± SD)				
	Control	Temephos 0.1 g/L	Temephos 0.5 g/L	Temephos 1 g/L	Temephose 0.1 g/L on *Aedes aegypti* larvae
1	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	22.00 ± 1.10
6	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	96.00 ± 0.55
12	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00
18	0.00 ± 0.00a [1/]	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	4.00 ± 0.89a	100.00 ± 0.00
24	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	6.00 ± 1.67b	100.00 ± 0.00

[1/] Means within a row followed by the same letter are not significant at 5% level by Dancan's

จากการศึกษาผลของสารยับยั้งการเจริญเติบโต Diflubenzuron 20% w/w ที่ความเข้มข้น 0, 7.5, 37.5, 75 และ 112.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ต่อตัวอ่อนแมลงหวี่ขน *C. albipunctata* วัยที่ 4 พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขนเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และไม่มีการตายในชุดควบคุม พบเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขน 100% ในทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่เวลา 10 วัน โดยความเข้มข้นที่ 112.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตาย 100 % เร็วที่สุดใน 9 วัน และที่ความเข้มข้น 75 และ 112.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายสูง 80-90% ที่เวลา 7 วัน สูงกว่าที่ความเข้มข้น 7.5 และ 37.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แตกต่างจากความเข้มข้นที่ 7.5 และ 37.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่ทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตาย 60% (Table 2) จากการศึกษาของ Ahmed *et al*. (2016) พบว่า Diflubenzuron สามารถใช้กำจัดลูกน้ำยุงได้ดีรองจาก Diafenthiuron แต่ยังไม่มีรายงานการใช้ Diflubenzuron กับตัวอ่อนแมลงหวี่ขน

Table2 Mortality (%) of *Clogmia albipunctata* Williston larvae when submitted to different concentrations of Diflubenzuron 20% w/w in the laboratory

Time	Mortality (%) in difference concentrations (mean ± SD)				
(days)	control	7.5 g/L	37.5 g/L	75 g/L	112.5 g/L
1	0.00 ± 0.00a[1/]	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	6.00 ± 1.79a
2	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	4.00 ± 1.09a	22.00 ± 3.85b
3	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a	2.00 ± 0.89a	16.00 ± 2.28b	34.00 ± 3.03c
4	0.00 ± 0.00a	12.00 ± 2.61a	18.00 ± 1.67ab	34.00 ± 3.03c	50.00 + 4.47c
5	0.00 ± 0.00a	36.00 ± 4.15b	34.00 ± 2.28b	50.00 ± 3.16bc	68.00 ± 3.29c
6	0.00 ± 0.00a	50.00 ± 3.46b	58.00 ± 2.19b	62.00 ± 0.89b	80.00 ± 3.16c
7	0.00 ± 0.00a	64.00 ± 1.79b	66.00 ± 1.79b	88.00 ± 0.89c	90.00 ± 2.00c
8	0.00 ± 0.00a	74.00 ± 1.09b	84.00 ± 7.28b	90.00 ± 2.00cd	98.00 ± 0.89d
9	0.00 ± 0.00a	88.00 ± 1.67b	94.00 ± 1.09bc	98.00 ± 0.89c	100.0 ± 0.00d
10	0.00 ± 0.00a	100.00 ± 0.00b	100.00 ± 0.00b	100.00 ± 0.00b	100.0 ± 0.00b

[1/] Means within a row followed by the same letter are not significant at 5% level by Dancan's

สรุป

จากการศึกษาชนิดของแมลงหวี่ขนที่พบในท่อระบายน้ำในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล พบแมลงหวี่ขนจำนวน 2 ชนิด คือ *Clogmia albipunctata* Williston และ *Psychoda* sp. วงจรชีวิตของ *C. albipunctata* จากระยะไข่จนถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 19.87 ± 2.85 วัน ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะดักแด้ใช้เวลาเฉลี่ย 2.00 ± 0.00, 13.37 ± 2.62 และ 2.91 ± 0.51 วัน ตามลำดับ ตัวเต็มวัยเพศเมียและเพศผู้มีอายุเฉลี่ย 4.02 ± 2.83 และ 2.06 ± 0.71 วัน ตามลำดับ แมลงหวี่ขนเพศเมียมีความสามารถในการวางไข่เฉลี่ย 180.10 ± 92.62 ฟองต่อเพศเมีย 1 ตัว Temephos 1% w/w ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ไม่สามารถทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายได้ 100% ส่วน Diflubenzuron 20% w/w ที่ความเข้มข้น 7.5, 37.5, 75 และ 112.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนแมลงหวี่ขนเท่ากับ 100% ที่ 10 วันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยความเข้มข้นที่ 112.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตาย 100 % เร็วที่สุดใน 9 วัน และที่ความเข้มข้น 75 และ 112.5 กรัมต่อน้ำ1 ลิตร ทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตายสูง 80-90% ที่เวลา 7 วัน สูงกว่าที่ความเข้มข้น 7.5 และ 37.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่ทำให้ตัวอ่อนแมลงหวี่ขนตาย 60% ดังนั้น Diflubenzuron สามารถใช้ในการกำจัดตัวอ่อนแมลงหวี่ขนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์เบญจคุณ แสงทองพราว ที่ให้คำปรึกษาตลอดการทดลอง และขอขอบคุณภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่สนับสนุนให้ใช้ห้องทดลอง

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ กรุงเฮก.2558. **อุตสาหกรรมอาหารทะเลของไทยและสินค้าอาหารทะเลของไทยในตลาดยุโรป**. แหล่งที่มา: http://www.ditp.go.th/contents_attach/93868/93868.pdf. 6 กรกฎาคม 2559.

ศิริพร ยงชัยตระกูลและคณะ. 2546. **รายงานการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการลดปัญหาโรคไข้เลือดออกด้วยทรายทีมีฟอส**. สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2558. **อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม.** แหล่งที่มา: http://www.kasikornbank.com/SME/Documents/KSMEAnalysis/IndustrySolution_FoodsAndBeverages_2015.pdf. 6 กรกฎาคม 2559.

B. Drees and J. Owens. 2015. Drain flies Modified from a publication. **Entfact.** 615. University of Kentucky.

Sehgal, S., Simões, L. &Jurand, A. 1977. Effects of caffeine on growth and metamorphosis of moth flyTelmatoscopusalbipunctatus(Diptera, Psychodidae). — **EntomologiaExperimentalis et Applicata** 21(2): 174–181.

Simões, L., Jurand, A. &Sehgal, S. 1977. Cell differentiation during the ontogeny of larval salivary glands of the fly, Telmatoscopusalbipunctatus. — **Journal of Insect Physiology**23: 843–854.

Mohamed Ahmed Ibrahim Ahmed and Christoph Franz Adam Vogel. 2016. The role of octopamine receptor agonists in the synergistic toxicity ofcertain insect growth regulators (IGRs) in controlling Dengue vector *Aedesaegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito. **ActaTropica.** 155: 1-5.

Yates and Mark. 2000. Moth Flies. **Pest Control.** 68(4) : 77.

สาขาสัตว์

Subject: Animals

ภาคโปสเตอร์

Poster Presentation

Detection of Total Immunoglobulin G in swine serum by Direct Sandwich ELISA

Orawan Boodde[1*] Wilairat Chumsing[1] Sudtisa Laopiem[1] Pattra Moonjit[1] Alongkot Boonsoongnern[1] Pichai Jirawattanapong[1] Nuttavut Rattanavanichrojn[1] and Pariwat Poolperm[1]

ABSTRACT

This research was aimed for development of Direct Sandwich ELISA for detection of total immunoglobulin G (Total IgG) in pig sera, Using IgG specific antibodies of pigs that are not labeled with the enzyme, these sera were used to coat micro plates, tested with various level of IgG standard concentration of 1000 ng / ml, 333.3 ng / ml, 111.1 ng / ml, 37 ng / ml, 12.3 ng /ml, 4.1 ng / ml and 0 ng / ml and serum pigs (n = 55), laboratorial process were repeated 3 times. The results exhibited OD of IgG standard were 2.386, 1.492, 0.774, 0.5, 0.375, 0.3., 0.2 and 0.16 accordingly, results of pigs sera were measured amount of total IgG in each group at 2 weeks (25.76 mg / ml), 4 weeks (33.13 mg / ml), 8 weeks (19.15 mg / ml) 10 weeks (37.04 mg / ml) 14 (18.53 mg / ml) and 18 weeks (13.94 mg / ml) and sows (25.76 mg / ml), the result of accuracy test of the method showed the covariance (CV) of each group was 1.34, 2.31, 3.38, 1.57, 1.27, 6.44, and 4.01, respectively. Results revealed that Direct Sandwich ELISA accomplished for determination of IgG in pig sera.

Key Words: Direct Sandwich ELISA, Total IgG

[*]Corresponding author; e-mail address; fvetorb@ku.ac.th

[1]Department of Farm Resource and Production Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Kamphaeng San Campus, Nakhon Pathom, 73140

INTRODUCTION

Immunoglobulin G (IgG) is the main and most abundant immunoglobulin found in blood circulation of human and animals. (Tizard, 2000) High concentration of IgG mostly found in blood serum. IgG has the important role in biological function to protect animals from infection, virus, fungus and bacteria. It is required by several mechanism such as extracellular fluid in agglutination, opsonization activated the complement system resulting in eliminating pathogen.

IgG subclasses varied by animal species. (Fongerean and Dansset, 1980). In some farmed animals, IgG subclass had been described; bovine has 3 subclasses and found main component IgG in milk and saliva. Swine IgG contains five subclasses, designated 1-4 (IgG1, IgG2a, IgG2b. IgG3 and IgG4). (Bourne *et al*, 1971; Tizard, 1996).IgG passed via maternal immunity, facilitate protective immunity. Total IgG is also essential in diagnostic procedure for both human and animals. Detection level and concentration usually performed by Enzyme Linked Immuno Absorbent Assay (ELISA) is one of technique to measure total IgG. (Crowther, J.R. 2000.) Despite of using chromatographic technique which is expensive and skill personnel. The objective of this research was aimed to develop Direct Sandwich ELISA technique for detection of total immunoglobulin G (Total IgG) in pig sera for disease control, herd health evaluation and management.(Leman, 1992) The principle of Direct Sandwich ELISA is demonstrated in Figure 1.

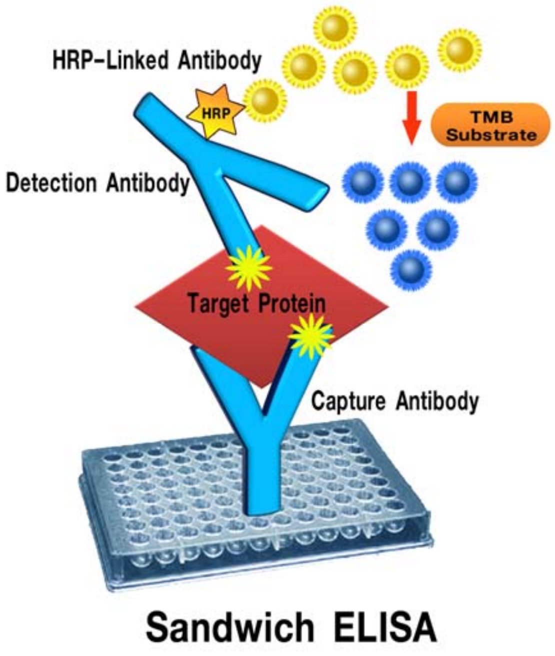


Figure 1 Schematic view of principle of Direct Sandwich ELISA

MATERIALS AND METHODS

1. Direct Sandwich ELISA Assay

The 96 well plates (micro plate) (MAXISORB NUNCE®) was coated with 100µl diluted Goat anti swine IgG; Fc region (Bio-Rad, USA) with Coating buffer (0.05M Carbonate-bicarbonate buffer; pH.9.6. The final concentration of each plate was 1µg/ml. Plates were incubated overnight at 4 °C then washed 1 time with 0.15M Phosphate buffered saline containing 0.05% Tween 20 (PBST).Blocking steps were done using 100µl 5% skim milk at 37°C 1 hr. Blocking reagents were removed and substituted with various level IgG standard (Purified Pig IgG, Bio-Rad, USA) at the following concentration of 1000 ng / ml, 333.3 ng / ml, 111.1 ng / ml, 37 ng / ml, 12.3 ng /ml, 4.1 ng / ml and 0 ng /ml. Each standard wells were duplicated, plates were incubated at 37°C 1hr, washed 3 times with PBST. Goat anti swine IgG HRP labelled ratio 1:8000 with Phosphate Buffer Saline (PBS) by volume were added 100µl per well and incubated for 1hr at 37°C, washed 4 times with PBST. The 100µl TMB substrates (KPL®) were added in each well and incubate for 15 min at room temperature. Stop reaction with 0.1% Sodium dodecyl sulfate (SDS). The Optical Density (OD) was measured at 650 nm by ELISA reader (Tecan™, Switzerland). The OD of each duplicated standard were plotted for linear chart, equation was used for calculation of total IgG in pig sera.

2. Total amount IgG of Pig Sera Measuring with Direct Sandwich ELISA

The tested pig sera sample total number of 55 (n=55), divided into sow (n=25) and piglet group (n=30). Piglets were grouped by age (2, 4, 8, 10, 14, 18 weeks).Total amount IgG of pig sera were tested by Direct Sandwich ELISA. The pig sera were using in substitution of Standard sera as mentioned above, sera were diluted at 1:3,000,000 with PBS. Plates were incubated at 37°C 1hr, washed 3 times with PBST. Goat anti swine IgG HRP labelled at 1:8000 with PBS were added and incubated for 1hr at 37°C and washed 4 times with PBST. The 100µl TMB substrates were added in each well and incubate for 15 min at room temperature. Stop reaction with 0.1% SDS. The OD was measured at 650 nm by ELISA reader. OD were analyzed under equation for total IgG concentration. All samples were repeated 3 times by Direct Sandwich ELISA assay. OD from each samples were analyzed with statistical analysis obtained Mean, standard deviation (SD) and covariance (CV) by Microsoft Excel program®.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Direct Sandwich ELISA and Standard Curve Contribution

The standard curve from linear chart indicated the total IgG concentration for standard representative samples of 1000 ng / ml, 333.3 ng / ml, 111.1 ng / ml, 37 ng / ml, 12.3 ng /ml, 4.1 ng / ml and 0 ng /ml. Sequentially the mean OD value of the standard in this research were 2.386, 1.492, 0.774, 0.5, 0.375, 0.3. 0.2 and 0.16.The equation related to the chart that had been used for calculated total IgG concentration in studied sera are $y=198.91x^2-62.922x + 10.736$ ($R^2 = 0.9979$) as shown in Figure 2.

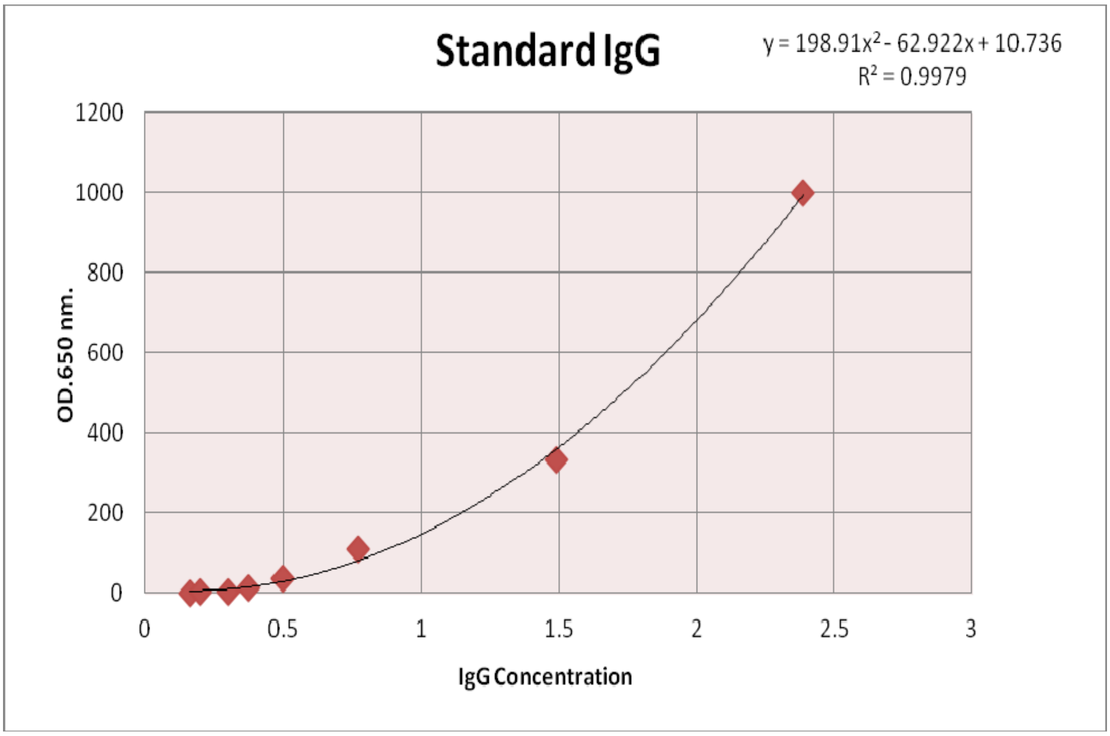


Figure 2 The contributed standard curves points are 1000 ng/ml, 333.33 ng/ml, 111.11 ng/ml, 37.03 ng/ml, 12.34 ng/ml, 4.11 ng/ml and 1.37 ng/ml, this representative standard was generated by using pig purified IgG.

2. IgG of Pig Sera Measured by Direct Sandwich ELISA

The tested pig sera from 55 samples derived from sows and piglets at different age group (2, 4, 8, 10, 14, 18 weeks) were calculated and compared consequently. The piglets IgG concentration in average or Mean value ($\bar{x}$) by age group were 25.76 mg/ml, 33.13 mg/ml, 19.15 mg/ml, 37.04 mg/ml, 18.53 mg/ml and 13.94 mg/ml correspondingly. Besides, sows group had total IgG concentration in average by Mean value of 25.76 mg/ml. Results revealed that total IgG concentration in piglets group are different in each age groups. The highest total IgG was found in piglet at age of 10 weeks (37.04 mg/ml). The sharp drop of concentration was detected from topmost

age group piglets' age of 14 and 18 weeks. However, result of this research corresponded to information reported the total IgG in pig serum amount of 17-29 mg/ml (Tizard, 1982). The accuracy of the Direct Sandwich ELISA was confirmed by repeated laboratorial methods 3 times, Statistic analysis of covariance found (% CV) among sows group and among piglets' group were slightly difference. This led to evaluate the accuracy of method. (Table 1). Variation of %CV between each micro plates in the same piglet group of age were 1.34, 2.31, 3.38, 1.57, 1.27, 6.44 and 4.01.

Table 1 Total IgG of pig sera plotted by different age group tested by Direct Sandwich ELISA

Type/ Age	Total IgG					
(week)	Plate 1	Plate 2	Plate 3	Mean	S.D.	CV%
2	44.73	45.88	46.13	45.58	0.610	1.34
4	32.22	33.09	34.09	33.13	0.764	2.31
8	18.3	19.28	19.87	19.15	0.648	3.38
10	36.26	37.2	37.66	37.04	0.583	1.57
14	18.2	18.72	18.68	18.53	0.236	1.27
18	13.62	13.03	15.16	13.94	0.898	6.44
Sow	24.52	27.05	25.72	25.76	1.033	4.01

CONCLUSION

Total concentration IgG of sows and piglets group were detected by Direct Sandwich ELISA compared to the standard representatives. The range of IgG concentration in piglets group was approximately 13-25 mg/ml and 76 mg/ml. Therefore, it would be markedly important data for herd health evaluation in pig. Covariance of the studied method ranged 1.27-6.44 %, accomplished by triple tests per sample. It is acceptable and advantageous for routine laboratory purpose. It could reduce cost of commercial test kits demand.

ACKNOWLEDGEMENT

We are thankful to Project of Immune Detection for Swine Disease by ELISA technique, Department of Farm Resource and Production Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University for cooperation and support.

REFERENCES

Bourne, F.J. 1973. The immunoglobulin system of the sucking pig. ***Proc. Nutr.Soc.*** 32: 205.

Crowther, J.R. 2000. The ELISA Guidebook. **In Methods in Molecular Biology** 149: 17-22.

Fongerean, M. and J. Dansset. 1980. **Progress in Immunology IV**. Academic Press, London.

Leman, A.D., B.E., Mengeling, W.L., D, Allaire, S., Taylor, D.J. 1992. **Diseases of swine.7th ed.** Iowa State University Press, Iowa. 495-496

Tizard, I.R. 1982. **Veterinary immunology: An Introduction. 2thed.** W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo.

Tizard, 1996. **Veterinary immunology: An Introduction. 5thed.** W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo.

Tizard, I.R. 2000. **Veterinary immunology: An Introduction. 6thed.** W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo.

ความจำเพาะของโมโนจีเนียนบนซี่เหงือกปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

Specificity of Monogenean Gill Parasites on Common Carp (*Cyprinus carpio*) from Chatuchak Market, Chatuchak, Bangkok

การัณยภาส กิตติวัฒน์หิรัญ[1] และ วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล[1*]

Karunyapas Kittiwathirun[1] and Watchariya Purivirojkul[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนที่พบบนเหงือกปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 เก็บตัวอย่างเดือนละ 30 ตัว เป็นระยะเวลา 12 เดือน จากตัวอย่างปลาทั้งหมด 360 ตัว พบปลาคาร์ฟที่มีปรสิตจำนวน 204 ตัว คิดเป็นร้อยละ 56.67 จัดจำแนกชนิด คำนวณค่าความชุกชุม และค่าความหนาแน่นเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่ามีปรสิตโมโนจีเนียนทั้งหมด 2 สกุล 3 ชนิด โดยมีค่าความชุกชุมของการติดเชื้อปรสิตโมโนจีเนียนแต่ละชนิด ได้แก่ *Dactylogyrus extensus* 47.78 %, *Dactylogyrus* sp.1 12.78% และ *Gyrodactylus* sp. 18.61% และความหนาแน่นของ *Dactylogyrus* sp.1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.39 ต่อปลาหนึ่งตัว จากการศึกษาฤดูกาลการระบาดของโมโนจีเนียน ใน *C. carpio* พบว่า *C. carpio* มีการติดเชื้อปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนมากที่สุดในเดือนกันยายนและติดเชื้อได้น้อยที่สุดในเดือนเมษายน โดย *D. extensus* พบปริมาณสูงกว่าโมโนจีนชนิดอื่นๆ ในแต่ละเดือน ยกเว้นในเดือนกรกฎาคมที่พบ *Dactylogyrus* sp.1 สูงสุด และเดือนกันยายนพบ *Gyrodactylus* sp. สูงสุด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้พบว่า *D. extensus* เป็นปรสิตโมโนจีนชนิดเด่นที่พบในปลาคาร์ฟ

ABSTRACT

This study investigated monogenean gill parasites on farmed common carp (*Cyprinus carpio*) from Chatuchak Market, Chatuchak district, Bangkok. Fish specimens were collected for 12 months (30 fish/month) during October 2016 to September 2017. A total number of 360 common carps was investigated and 204 fish or 54.7% were found to be infested with parasites. The gill parasites were dislodged and prepared for identification. Three species of monogeneans were identified. The prevalence (%) of *Dactylogyrus extensus* was 47.78 %, *Dactylogyrus* sp.1 was 12.78% and *Gyrodactylus* sp. was 18.61%. Additionally, *Dactylogyrus* sp.1 was highest mean intensity as 14.39 individuals/fish. Seasonality of monogenean infestation in *C. carpio* was also studied, the highest of monogenean infestation was found in September 2016 while the lowest of infestation was found in April 2017. Moreover, *D. extensus* was frequently found in every month comparing with other species of monogene excepted in July 2017 that *Dactylogyrus* sp.1 was highest number and September 2017 that *Gyrodactylus* sp. was highest number. This study indicated that *D. extensus* was dominant parasitic monogeneans species in *C. carpio*.

Key Words: Parasite, *Cyprinus carpio*, Monogenean

* Corresponding author; e-mail address: fsciwyp@ku.ac.th

[1] หน่วยปฏิบัติการวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะด้านการจัดระบบ และนิเวศวิทยาของสัตว์ ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Animal Systematics and Ecology Speaciality Research Unit, Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bang Khen Campus, Bangkok, 10900

คำนำ

ปลาคาร์ฟจัดเป็นปลาสวยงามชนิดหนึ่ง ที่นิยมนำมาเลี้ยงเพื่อ ความเป็นสิริมงคล รวมไปถึงการทำธุรกิจ เพาะเลี้ยงปลาคาร์ฟเพื่อการส่งออก ซึ่งร้อยละ 50 อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลที่เหลือกระจายอยู่ใน จังหวัดอื่นๆ เช่น ราชบุรี สุพรรณ นครปฐม เชียงใหม่ สงขลา เป็นต้น ตลาดปลาสวยงาม เขตจตุจักร นั้นเป็น ศูนย์กลางการค้าปลาคาร์ฟแหล่งใหญ่ มีการรวบรวมปลาคาร์ฟไว้หลากหลายสายพันธุ์ ทั้งปลาที่เพาะพันธุ์ใน ประเทศ ปลาที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยปัญหาของการเลี้ยงปลาคาร์ฟในปัจจุบัน คือการติดเชื้อปรสิตใน กลุ่มโมโนจีเนียน (monogenean) แม้ว่าการติดเชื้อปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนจะไม่รุนแรง และอาจไม่ทำให้ปลาตาย อย่างรวดเร็ว (วุฒิชัย และ ธีรวุฒิ, 2557) แต่การเข้าเกาะของปรสิตกลุ่มนี้ทำให้อวัยวะส่วนที่ถูกเกาะอาศัยนั้น เกิดบาดแผล นำไปสู่การติดเชื้ออื่นๆ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัสได้ (วัชริยา, 2556) ส่งผลทำให้ระบบ ภูมิต้านทานของปลาลดลง (กมลพร, 2517; Thoney and Hargis, 1991) ปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียน ที่เกาะบริเวณ เหงือกปลา จะส่งผลทำให้ปลาหายใจถี่ เนื่องจากมีการระคายที่เหงือก มีการหลั่งเมือกมากขึ้น ช่องเหงือก เปิดกว้าง เหงือกบวม สีซีด (Yin and Sproston, 1948; Cameron, 1958) และลอยขึ้นสูงผิวน้ำ เป็นต้นเหตุทำให้ ประชากรปลาคาร์ฟลดลง (Chandler and Read, 1961) สร้างความเสียหายต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาคาร์ฟ อย่างมาก

ดังนั้นการศึกษาปรสิตในกลุ่มโมโนจีเนียนจึงควรมีการศึกษากันอย่างต่อเนื่องเพื่อทราบข้อมูลชนิดของ ปรสิตภายนอกในปลาคาร์ฟ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการรักษา ควบคุม และป้องกันโรคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 ตัว เป็นระยะเวลา 12 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2560 นำตัวอย่างปลามาชั่งน้ำหนัก (กรัม) และวัดความยาว (เซนติเมตร) แล้วนำมาตรวจหา ปรสิตภายนอกกลุ่มโมโนจีเนียน โดยตัดซี่เหงือกใส่ในจานเพาะเชื้อที่มีน้ำสะอาด แล้วนำไปตรวจหาปรสิตภายใต้ กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่ำ เก็บตัวอย่างปริสิตโดยใช้น้ำยา Ammonium picratumg lycerine แทรกผ่าน เพื่อทำให้โมโนจีเนียนคงรูปและใสขึ้น บันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกข้อมูลชนิดและปริมาณของ ปรสิตที่พบ

การจำแนกชนิดปรสิต

ปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียน ใช้เอกสารของวัชริยา (2556); Poor and Chuss (1987); Chinabut and Lim (1994); Turgut *et al*. (2006); Koyun (2011); Karakisi and Seda (2012); Ozturk and Ozer (2014); Molnar (n.d.)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นับจำนวนปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนแล้วหาค่าความชุกชุม และความหนาแน่นเฉลี่ยตามวิธีของ Margolis *et al*. (1982)

ค่าความชุกชุม หมายถึง ค่าเปอร์เซ็นต์ของปลาที่พบปรสิต

$$\text{ความชุกชุม (\%)} = \frac{\text{จำนวนปลาที่ตรวจพบปรสิตชนิดนั้นๆ}}{\text{จำนวนปลาทั้งหมดที่ทำการตรวจ}} \times 100$$

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย หมายถึง จำนวนปรสิตที่พบต่อปลาหนึ่งตัว

$$\text{ความหนาแน่นเฉลี่ย} = \frac{\text{จำนวนทั้งหมดของปรสิตที่พบชนิดนั้นๆ}}{\text{จำนวนปลาที่พบปรสิตชนิดนั้นๆ}}$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนที่พบบนเหงือกปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 เป็นระยะเวลา 12 เดือน นำมาตรวจหาปริสิตที่บริเวณซี่เหงือก พบปลาที่มีปรสิตจำนวน 204 ตัว จากตัวอย่างปลาทั้งหมด 360 ตัว คิดเป็นร้อยละ 56.67 มีค่าความชุกรวมของการติดเชื้อปรสิตโมโนจีเนียนทั้ง 3 ชนิด คิดเป็น *Dactylogyrus extensus* 47.78 %, *Dactylogyrus* sp.1 12.78% และ *Gyrodactylus* sp. 18.61% และความหนาแน่นของ *Dactylogyrus sp.1* มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.39 ต่อปลาหนึ่งตัว (Table 1) เมื่อนำซี่เหงือกของ *C. Carpio* มาทำการศึกษาเราจะพบว่า ที่บริเวณซี่เหงือกของ *C. carpio* จะพบ *Dactylogyrus* sp.และ *Gyrodactylus* spp. เกาะอยู่ ทำให้ซี่เหงือกเชื่อมรวมติดกันตลอดความยาวของซี่เหงือกซึ่งส่งผลทำให้เนื้อเยื่อเหงือกมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณปลายกิ่งเหงือกมีการรวมกัน เมื่อพบว่ามีการเข้าเกาะของโมโนจีเนียนนั้นจะพบว่าที่บริเวณซี่เหงือกจะมีลักษณะบวมแดง ซึ่งง่ายต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง พบว่าซี่เหงือกของ *C. carpio* ที่ไม่พบโมโนจีเนียนนั้น จะมีการติดเชื้อแบคทีเรีย หรือติดเชื้อรา ที่บริเวณซี่เหงือกของปลา จึงอาจส่งผลให้มีพื้นที่ผิวที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง ประสิทธิภาพและการทำงานของซี่เหงือกก็ลดน้อยลง (สมาน และคณะ, 2544) ก่อให้เกิดการตายของปลาคาร์ฟในการเพาะเลี้ยงได้

Table 1 The prevalence and intensity of parasites on Common Carp (*Cyprinus carpio*) from Chatuchak Market, Chatuchak, Bangkok

Parasites	Site of infestation	Prevalence (%)	Mean intensity
Dactylogyrus extensus	gill filament	47.78	13.79
Dactylogyrus sp.	gill filament	12.78	14.39
Gyrodactylus sp.	gill filament	18.61	13.33

ปรสิตโมโนจีเนียนที่พบมีทั้งหมด 2 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ *Dactylogyrus extensus*, *Dactylogyrus* sp.1 และ *Gyrodactylus* sp. (Figure1) โดย *Dactylogyrus* spp. เป็นปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียน ตรวจพบบริเวณซี่เหงือกของ *C. carpio* มี copulatory organ เป็นอวัยวะยึดเกาะสำหรับผสมพันธุ์ ออกลูกเป็นไข่ (oviparous) มีต่อมไข่แดงกระจายตลอดความยาวของลำไส้ ส่วนโอพิสแฮพเตอร์ ประกอบด้วย anchor, transverse bar มี hooklets โดยรอบจำนวน 14-16 อัน ลำไส้ประกอบด้วยแขนงย่อย 2 แขนง (วัชริยา, 2556) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้พบ *Dactylogyrus* 2 ชนิด ได้แก่ *D. extensus* คิดเป็นร้อยละ 60.40, *Dactylogyrus* sp.1 คิดเป็นร้อยละ 16.40 ของปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนทั้งหมดที่พบใน *C. carpio* ส่วนโมโนจีเนียนสกุล *Gyrodactylus* sp. ออกลูกเป็นตัว (viviparous) ไม่มีต่อมไข่แดงหรือมีการพัฒนาน้อย โอพิสแฮพเตอร์ประกอบด้วย anchor, dorsal bar, ventral bar มีขอหนามบริเวณขอบของโอพิสแฮพเตอร์ 16 อัน ลำไส้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแขนงย่อย 2 แขนง พบ *Gyrodactylus* sp. คิดเป็นร้อยละ 22.70 ของปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนทั้งหมดที่พบใน *C. carpio*

Figure 1 Three monogene species were found in the cultured common carps from Chatuchak Market, Chatuchak, Bangkok including *Dactylogyrus extensus* (A), *Dactylogyrus* sp.1 (B) and *Gyrodactylus* sp. (C)

โดยปรสิตโมโนจีเนียนที่ตรวจพบจากซี่เหงือกของ *C. carpio* มีรูปร่างคล้ายกระสวย แบน ยาว ด้านหน้าสุดมีเฮดออร์แกน (head organ) 3 คู่ มีจุดตา (eye spot) 2 คู่ ลำไส้แยกออกเป็น 2 แขนง ทอดตามความยาวของลำตัว มีโคพูลาทอรีออร์แกน (copulatory organ) เป็นอวัยวะยึดเกาะสำหรับผสมพันธุ์ โอพีสแฮพเตอร์ (opishaptor) ประกอบด้วยสมอ (anchor) 2 คู่ มีแท่งตามขวางมีลักษณะคล้ายกับแท่งกระดูก 2 ชิ้น คือ dorsal bar และ ventral bar แสดงให้เห็นว่าปรสิตในกลุ่มโมโนจีเนียนมีความจำเพาะต่อปลาเจ้าบ้านค่อนข้างสูง ซึ่งจะพบโมโนจีเนียนชนิด *Dactylogyrus* sp ,และ *Gyrodactylus* sp.เป็นโมโนจีเนียนที่พบใน *C. carpio* ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบ *D. extensus* ใน *C. carpio* ซึ่งยังไม่เคยมีการรายงาน *C. carpio* ชนิดนี้ในของประเทศไทย เคยมีรายงานการพบโมโนจีเนียน ในวงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) ในประเทศไทยพบโมโนจีเนียนทั้งหมด

5ชนิด ในสกุล *Dactylogyrus* ได้แก่ *D. protozysron, D. hamatus, D.puntioplites, D. kamang*,และ *D. thailandensis* (Chinabut and Lim, 1994) เคยมีรายงานการศึกษาการติดเชื้อปรสิตใน *C. carpio* ในต่างประเทศ พบว่ามีการติดเชื้อของโมโนจีเนียน ในกลุ่ม *D. extensus* และ *D. vastator* มากที่สุดในกลุ่ม *C. carpio* ซึ่งสอดคล้องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีโมโนจีเนียนในสกุล *Dactylogyrus* แต่สามารถระบุชนิดได้เพียงชนิดเดียว คือ *D. extensus* แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบโมโนจีเนียน 2 ชนิด ที่มีลักษณะแตกต่างจากเอกสารที่นำมาใช้ในการจัดจำแนกชนิด คือ *Dactylogyrus* sp.และ *Gyrodactylus* sp. ทั้งนี้ต้องรอการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา และทางชีววิทยาโมเลกุลให้แน่ชัดอีกครั้ง

จากการศึกษาฤดูกาลและการระบาดของโมโนจีเนียน ใน *C. carpio* ค่าความชุกชุมและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของโมโนจีเนียนจะมีการติดเชื้อปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนมากที่สุด ในช่วงปลายฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนกันยายนจนถึงเดือนมกราคม และต่ำสุดในช่วงฤดูร้อน คือช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน (Figure 2)

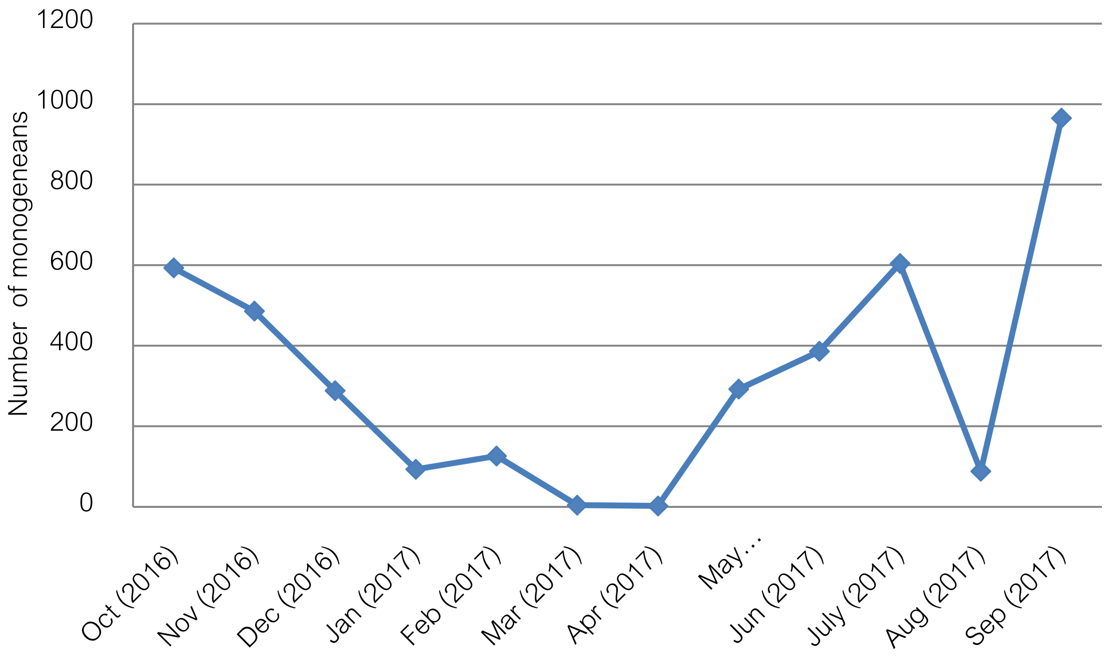


Figure 2 The number of monogeneans on common Carp (*Cyprinus carpio*) in each month

โดยพบ *Dactylogyrus extensus* มากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม คิดเป็นร้อยละ 25.00 และตรวจพบน้อยที่สุดในช่วงเดือนที่เมษายนคิดเป็นร้อยละ 0.08 ส่วน *Dactylogyrus* sp.1 พบมากที่สุดช่วงเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 39.88 และพบน้อยจนถึงไม่พบโมโนจีเนียนชนิดนี้ ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายนคิดเป็นร้อยละ 0.00-0.30 ในขณะที่ *Gyrodactylus* sp. พบสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน คิดเป็นร้อยละ 44.4 และพบน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคมคิดเป็นร้อยละ 1.57 ส่วนเดือนตุลาคม ธันวาคม มกราคม มีนาคม และเมษายน ไม่พบโมโนจีเนียนชนิดนี้บนซี่เหงือกปลาคาร์ฟ (Figure 3) จากข้อมูลข้างต้นใน จะพบว่า *D. extensus* พบปริมาณสูงกว่าโมโนจีนชนิดอื่นทุกเดือน ยกเว้นในเดือนกรกฎาคมที่พบ *Dactylogyrus* sp.1 สูงสุด และเดือนกันยายนพบ *Gyrodactylus* sp. สูงสุด (Figure 3)

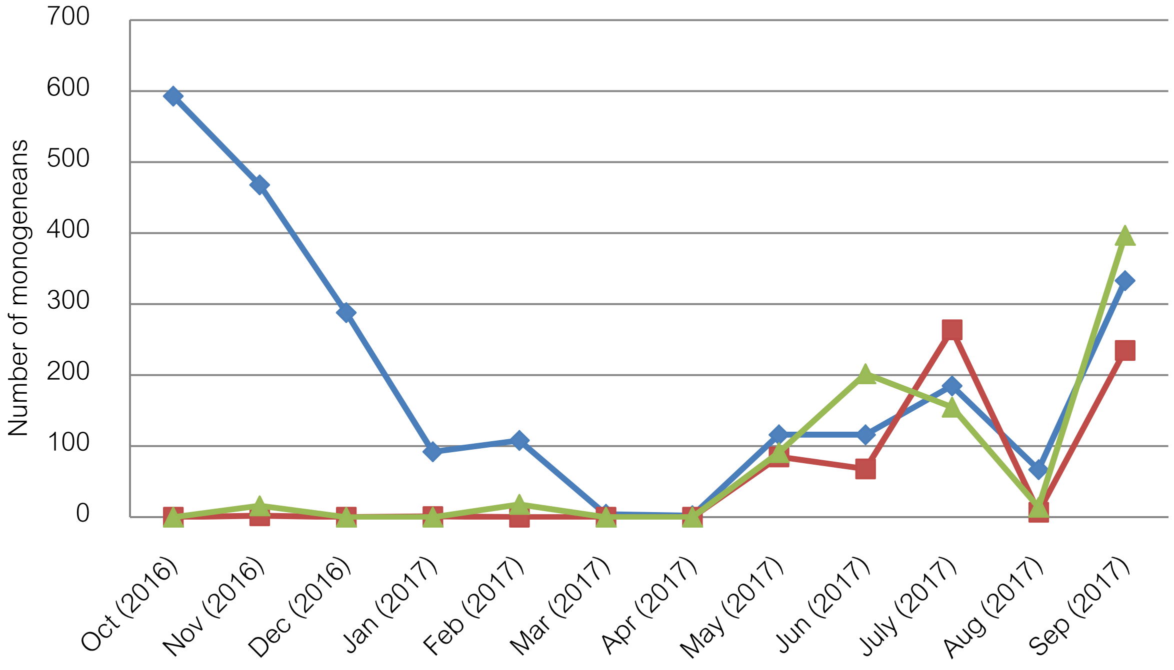


Figure 3 The number of *Dactylogyrus extensus* (blue line), *Dactylogyrus* sp. (red line) and *Gyrodactylus* sp. (gleen line) on common Carp (*Cyprinus carpio*) in each month

จากการศึกษาเรื่องของฤดูกาลและการกระจายตัวของโมโนจีเนียน C. carpio จะพบว่าในแต่ละเดือนจะมีการระบาดของโมโนจีเนียนไม่เท่ากัน โดยพบปริมาณของโมโนจีนต่ำในเดือนเมษายน และปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน หลังจากนั้นระดับความรุนแรงจะค่อยๆลดน้อยลงไปจนน้อยสุดในเดือนเมษายน โดยจากการศึกษาพบว่าในเรื่องของฤดูกาลอาจจะมีผลกระทบต่อการเจริญของปรสิตในกลุ่มโมโนจีเนียนซึ่งในเดือนเมษายนที่มีจำนวนโมโนจีเนียนน้อยสุดอาจจะเป็นเพราะเรื่องของอุณหภูมิของประเทศไทยในช่วงเดือนเมษายนนั้น อุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี ซึ่งจากการสังเกตุการเจริญของปรสิตนั้นสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดทั้งปี ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการศึกษาปรสิตในปลาคาร์ฟ (*C. carpio*) ในประเทศตุรกี พบ *Dactylogyrus extensus* (Monogenea) และจากการรายงานก่อนหน้านี้พบว่าในกลุ่มปลา Cyprinidae ใน *C. carpio* พบว่ามีการกระจายตัวได้ตลอดทั้งปี และจะพบมากที่สุด ในฤดูหนาว 84% (Turkay and Ozer, 2014) ซึ่งโดยปกติแล้วในการเพาะเลี้ยงปลาคาร์ฟ จะมีการควบคุมอุณหภูมิและคุณภาพของน้ำ ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงอยู่แล้ว ส่วนสาเหตุที่ส่งผลทำให้โมโนจีเนียนที่พบใน *C. carpio* สามารถเจริญได้ดีในช่วงเดือนกันยายนที่มีฝนตกตลอดทั้งเดือน ซึ่งไม่ใช่ฤดูหนาวของประเทศไทย อาจเป็นเพราะช่วงฤดูของประเทศไทยในปัจจุบันนั้น ไม่สามารถแยกช่วงฤดูได้แน่ชัดจากแต่ละเดือนในรอบปี อาจจะส่งผลทำให้โมโนจีเนียนที่เกาะอยู่บนซี่เหงือกของปลาคาร์ฟเจริญเติบโตได้ดี ในช่วงที่มีอุณหภูมิน้อยในช่วงเดือนกันยายน ที่มีฝนตกตลอดทั้งเดือน

สรุป

การศึกษาปรสิตกลุ่มโมโนจีเนียนที่พบบนเหงือกปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) จากตลาดจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร พบปลาที่มีปรสิตจำนวน 204 ตัว จากปลาตัวอย่างทั้งหมด 360 ตัว คิดเป็นร้อยละ 56.67 ผลการศึกษาพบมีปรสิตโมโนจีเนียนทั้งหมด 2 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ *Dactylogyrus extensus*, *Dactylogyrus sp* ,และ *Gyrodactylus sp.* นอกจากนี้ยังพบว่าโมโนจีเนียนใน *C. carpio* สามารถกระจายตัวมากที่สุดในช่วงเดือนกันยายนที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ และการกระจายตัวจะค่อยๆ ลดลงไปจนการกระจายตัวน้อยที่สุดในเดือนเมษายน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี ซึ่งจากข้อมูลในเรื่องของการกระจายตัวของปรสิตในกลุ่มโมโนจีน สามารถนำไปใช้ในการจัดการและควบคุมโรคปลาคาร์ฟในการเพาะเลี้ยงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และหน่วยปฏิบัติการวิจัยเชี่ยวชาญเฉพาะด้านการจัดระบบ และนิเวศวิทยาของสัตว์ ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ U1-01892-2558

เอกสารอ้างอิง

กมลพร ภวภูตานนท์. 2517. มารู้จักโรคปลากันเถอะ. **กสิกร** 47(3): 24-225.

วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล. 2556. **ปรสิตวิทยาของสัตว์น้ำ** พิมพ์ ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วุฒิชัย ทองบำรุง และ ธีรวุฒิ เลิศสุทธิชวาล. 2557. ปรสิตโมโนจีเนียนที่พบในปลานิลแดงที่เลี้ยงในกระชังบริเวณแม่น้ำตาปีจังหวัดนครศรีธรรมราช. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี** 16(1): 32-40.

สมาน แก้วไวยุทธ, นิตยา เลาหะจินดา, สุปราณี ชินบุตร และ ประไพสิริ สิริกาญจน. 2544. พยาธิสภาพของเหงือกปลาปลาไซพรินิดที่เกิดจากปรสิตปลิงใส. น. 103-109. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 (สาขาวิทยาศาสตร์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Cameron, T.W. 1958. **Parasites and Parasitism**. John Wiley and Sons, Inc., New York. 420 p.

Chandler, A.C. and C.P. Read. 1961. **Introduction to Parasitology**. 10th ed., John Wiley and Sons. Inc., New York. 822 p.

Chinabut, S. and L.H.S. Lim. 1994. Five New Species of *Dactylogyrus diesing*,1850 (Monogenea) From *Puntioputes protozysron* (Bleeker) (Cyprinidae) of Thailand. **Raffles Bulletin of Zoology** 42(4): 885-892.

Karakisi, H. and S. Demir. 2012. Metazoan parasites of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) From Tahtali Dam Lake (Izmir). **Turkiye Parazitol Derg** 36: 174-177.

Koyun, M. 2011. Seasonal distribution and ecology of some *Dactylogyrus* species infecting *Alburnus alburnus* and *Carassius carassius* (Osteichthyes: Cyprinidae) from Porsuk River, Turkey. **African Journal of Biotechnology** 10(7): 1154-1159.

Molnar, K. n.d. Data on the parasite fauna of the European common carp *Cyprinus carpio carpio* and Asian common carp *Cyprinus carpio haematopterus* support an Asian ancestry of the species. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society** 2(4): 391-400.

Ozturk, T. and A. Ozer. 2014. Monogenean fish parasites, their host preferences and seasonal distributions in the Lower Kizilirmak Delta (Turkey). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 14: 367-378.

Poor, D.W. and J.C. Chuss. 1987. *Dactylogyrus extensrs* Mueller and van cleave ,1932 and *Dactylogyrus vostotor* nybelin, 1924O of common carp *Cyprinus corpio* L. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists.** Z(t): 15-17.

Thatcher, V.E. and D.C. Kritsky. 1983. Neotropical Monogenoidea. 4. Linguadactyloides brinkmanni gen. et sp.n. (Dactylogyridae: Lingua- dactyloidinae subfam. n.) with observations on its pathology in a Brazilian freshwater fish, Colossoma macropomum (Cuvier). **Proceedings of the Helminthological Society of Washington** 50: 305-311.

Turgut, E., A. Shinn and R. Wootten. 2006. Spatial Distribution of *Dactylogyrus* (Monogenan) on the gills of the host fish. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 6: 93-98.

Yin, W.Y. and N.G. Sproston. 1948. Studies on the monogenetic trematodes of China, Part 1-5. **Sinensia** 19(1-6): 57-85.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

Subject: Veterinary Medicine

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

ความสัมพันธ์ค่าแอนติบอดีไวรัสพิษสุนัขบ้ากับเพศ อายุ จำนวนครั้งและระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้า

Relationship between Rabies Virus Antibody levels and Sex, Age, Number of and Duration after Rabies Vaccinations

องอาจ เลาหวินิจ[1*]และ สุรพงษ์ วงศ์สุทธาวาส[2]

Ong-Ard Lawhavinit[1*], and Suraphong Wongsutthawart[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้ากับเพศ อายุ จำนวนครั้งการฉีดวัคซีน และระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า ในสุนัขเมืองพัทยา จำนวน 124 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 65 ตัว เพศเมีย 59 ตัว ทำการเจาะเลือดและส่งตรวจหาค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า โดยวิธี Fluorescent Antibody Virus Neutralization Test (FAVN test) ผลการศึกษาพบว่า เพศและระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีน ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการตอบสนองของระดับแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า แต่อายุและจำนวนครั้งที่ฉีดวัคซีน จะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อระดับแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า และยังพบว่าสุนัขที่มีอายุมากกว่า13 ปี มีค่าเฉลี่ยระดับแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าสูงสุดถึง 16.2±21.4 IU/mg และต่ำสุดในสุนัขอายุน้อยกว่า 3 ปี มีค่าเฉลี่ยแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าที่ 3.9±8.2 IU/mg และสุนัขที่ได้รับวัคซีนจำนวน 5 ครั้ง จะมีค่าเฉลี่ยแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าสูงสุด 29.6±18.9 IU/mg และค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนครั้งในการฉีดวัคซีนอย่างมีนัยสำคัญ

ABSTRACT

The objective of this study has been a purpose to study the relationship of rabies virus antibody to sex, age, number of vaccinations and the duration after the rabies' vaccination in Pattaya City. 124 dogs were 65 males, and 59 females. Fluorescent Antibody Virus Neutralization Test (FAVN test) was used to detect rabies virus antibody. The resulted showed that, sex and duration after vaccination had no significant effect against the rabies virus antibody. However, the age and number of vaccinations have a significant effect on the rabies virus antibody. It was also found that dogs older than 13 years, which had the highest rabies virus antibody as 16.2 ± 21.4 IU/mg and the lowest in dogs less than 3 years had an average rabies virus antibody as 3.9 ± 8.2 IU/mg. Five times vaccinated had the highest rabies virus antibody as 29.6 ± 18.9 IU/mg. Rabies virus antibody are positively correlated with the number of vaccinations significantly.

Key Words :Sex, Age, Number of vaccinations, Duration after vaccination

* Corresponding author; e-mail address: fvetonl@ku.ac.th

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]กลุ่มสัตวแพทย์ สำนักงานสาธารณสุข เมืองพัทยา

[1]Department of Veterinary Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]Veterinary Divisions, Public Health Office, Pattaya City

คำนำ

โรคพิษสุนัขบ้าหรือโรคกลัวน้ำ เกิดจากเชื้อไวรัสชื่อ เรบี่ส์ไวรัส (Rabies Virus) มีรูปร่างคล้ายกระสุนปืน เมื่อเชื้อนี้เข้าสู่ร่างกายคนหรือสัตว์ จะเดินทางไปตามเส้นประสาทเข้าสู่สมอง ที่สำคัญเมื่อเกิดอาการขึ้นจะไม่สามารถรักษาให้หายได้ ต้องเสียชีวิตทุกราย แต่โรคนี้สามารถป้องกันได้ และสามารถทำให้หมดไปจากคนและสัตว์เลี้ยง อย่างไรก็ตามในหลายประเทศ ยังพบมีผู้เสียชีวิตในพื้นที่ที่ควบคุมโรคพิษสุนัขยังไม่ได้ และในปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) กลุ่มสหวิชาชีพทั่วโรคได้ร่วมกันก่อตั้งองค์กรเพื่อการควบคุมโรคพิษสุนัขบ้า (Global Alliance for Rabies Control) มีการกำหนดให้มีวันป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าโลกขึ้นในเดือนกันยายน เพื่อกระตุ้นให้ประชาชนตื่นตัวต่อการควบคุมป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า และมีความรู้ความเข้าใจในการเลี้ยงสุนัขที่ดี ปัจจุบันองค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (OIE) ได้กำหนดให้วันที่ 28 กันยายนของทุกปี เป็นวันป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าโลกและเพิ่มมาตรการเร่งด่วนในการสร้างจิตสำนึกเกี่ยวกับโรคพิษสุนัขบ้าให้กับประชาชนทั่วไป โดยการเพิ่มการตรวจสอบการติดเชื้อ และการดำเนินการตรวจการตอบสนองอย่างรวดเร็วในสัตว์พาหะโดยเฉพาะสุนัข เพื่อการให้ข้อมูลที่จำเป็นและให้สุนัขได้รับการฉีดวัคซีนในเวลาที่เหมาะสม (WHO, 2010) และจากการเปิดเผยของกรุงเทพมหานคร พบว่าปัจจุบันมีสุนัขและแมวที่มีเจ้าของ จะเป็นโรคพิษสุนัขบ้ามากกว่าร้อยละ 40 (มติชน, 23 เมย 2558) ดังนั้นการที่จะทำการกวาดล้างโรคพิษสุนัขบ้าให้หมดไปจากประเทศไทยในปี พ.ศ. 2563 (คศ. 2020) นั้น จะต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชนในพื้นที่ จึงจะสำเร็จลงได้ เนื่องด้วยเมืองพัทยา เป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญมากของประเทศไทย แต่ก็ยังพบมีการระบาดของโรคพิษสุนัขบ้าอย่างต่อเนื่อง กลุ่มสัตวแพทย์ เมืองพัทยา จึงถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อทำการควบคุมโรคพิษสุนัขบ้า และเก็บข้อมูลการตรวจคัดกรองสุนัขในเขตชุมชน เพื่อให้การทำวัคซีนโรคพิษสุนัขบ้ามีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามหน่วยงานในพื้นที่ยังจำเป็นต้องมีข้อมูล ปัจจัยที่มีผล หรือมีความสัมพันธ์ต่อการสร้างภูมิคุ้มกันในสุนัขอีกมาก การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ที่จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง และนำมาตรวจหาค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า เพื่อศึกษาความสัมพันธ์การสร้างแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสโรคพิษสุนัขบ้ากับปัจจัยเรื่อง เพศ อายุ จำนวนครั้ง และระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีนพิษสุนัขบ้า เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้นี้ มาปรับใช้ในการให้บริการทำวัคซีนกับสุนัขอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีเป้าหมายที่จะพยายามกำจัดให้โรคพิษสุนัขบ้าหมดไปจากเมืองพัทยาภายในปี 2563

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บเลือดสุนัขตัวอย่าง

ทำการเก็บเลือดแบบสุ่มตรวจ จากสุนัขมีเจ้าของที่เคยทำวัคซีนโรคพิษสุนัขบ้า บริเวณหลอดเลือดดำขาหน้า ทำการสอบประวัติบันทึก เพศ อายุ จำนวนครั้งที่ทำวัคซีน และระยะเวลาหลังการทำวัคซีนครั้งสุดท้าย ในเขตเมืองพัทยาและบริเวณโดยรอบเมืองพัทยา ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน 2557 แบ่งเป็นเพศผู้จำนวน 65 ตัว และเพศเมีย 59 ตัว รวมทั้งสิ้น 124 ตัว และทิ้งหลอดเลือดตัวอย่างไว้จนเลือดแข็งตัว ทำการแยกซีรัม โดยปั่นเหวี่ยงที่ 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และนำซีรัมเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอส่งตรวจหาค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าโดยวิธีฟูออเรสเซ็นนิวตราไรเซชั่นแอนติบอดี (Fluorescent Antibody Virus Neutralization Test: FAVN test) ต่อไป

การตรวจฟูออเรสเซ็นนิวตราไรเซชั่นแอนติบอดีพิษสุนัขบ้า (WHO, 2005)

นำตัวอย่างซีรัมไปอุ่นที่อุณหภูมิ 56 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำตัวอย่างซีรัม ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ไปเจือจางความเข้มข้นลดลงในระดับละ 3 เท่า (3 folds dilution) กับสารเจือจาง 100 ไมโครลิตร จนได้ระดับความเจือจางเท่ากับ 729 เท่า หรือจำนวน 6 หลุม แต่ละหลุมมีปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต่อมาให้เตรียมไวรัสสายพันธุ์ CVS-11ความเข้มข้น 100TICD50 ต่อ 50 ไมโครลิตร ที่อุณหภูมิความเย็นในน้ำแข็ง และเติมลงในทุกหลุมๆ ละ 50 ไมโครลิตร รวมเป็นหลุมละ 150 ไมโครลิตร เขย่าเพลทที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส 60 นาที ในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 เมื่อครบเวลาให้เติมเซลล์ชนิด BHK-21 ความเข้มข้น $4x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทุกหลุมๆ ละ 50 ไมโครลิตร นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง ในสภาพคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ครบ เวลาให้เทสารละลายทิ้ง ล้างด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ทุกหลุม เทสารทิ้ง เติมสารอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 ทุกหลุม เทสารทิ้ง และทิ้งให้แห้งในอุณหภูมิห้องนาน 30นาที เติมแอนติบอดีกระต่ายต่อไวรัสพิษสุนัขบ้าที่ติดสารเรืองแสง FIFC (PBS : Conjugate=99:1 เติมสาร Evanse Blue solution ความเข้มข้นร้อยละ 20 อัตราส่วนปริมาตรต่อปริมาตร) ทุกหลุมๆ ละ 50 ไมโครลิตร นำไปเก็บในสภาพไร้แสงด้วยแผ่นอลูมินั่มฟอยด์ ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส 30 นาที เทสารทิ้ง ล้างด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 5 นาที เทสารทิ้ง นำไปดูผลด้วยกล้องอุลตร้าไวโอเลต นับจำนวนเซลล์ที่เรืองแสงและไม่เรืองแสง เปรียบเทียบกับซีรัมมาตรฐาน (OIE) และนำไปคำนวณหาค่าไตเตอร์ตามสูตร Speaman-Karber formula ดังนี้คือ serum titer(IU/ml)=($10^{(\text{serumlogD50Value})}$) x theoretical titer of OIE serum 0.5 IU/ml) หารด้วย ($10^{(\text{logD50 of OIE serum 0.5 IU/Ml})}$) บันทึกผล และนำไปเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างปัจจัยและความสัมพันธ์ทางสถิติ ANOVA และ Pearson Correlation ต่อไป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า กับเพศ อายุ จำนวนครั้ง และระยะเวลาหลังฉีดวัคซีน ผลในตารางที่ 1 แสดงจำนวนและลักษณะทางประชากรของสุนัข พบว่าเป็นตัวอย่างเพศผู้ 65 ตัว (ร้อยละ 52.42) และเพศเมีย 59 ตัว(ร้อยละ 47.58) แบ่งกลุ่มตามอายุ คือ น้อยกว่า 1-3 ปี จำนวน 51 ตัว 4-6 ปี จำนวน 23 ตัว 7-9 ปี จำนวน 19 ตัว 10-12 ปี จำนวน 28 ตัว และ มากกว่า 13 ปี จำนวน 3 ตัว คิดเป็นค่าร้อยละ 41.13, 18.55, 15.32, 22.58, และ 2.42 ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้พบว่า การสร้างแอนติบอดีต่อไวรัสพิษสุนัขบ้าในกลุ่มเพศและระยะเวลาหลังฉีดวัคซีน มีค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งต่างจาก Ahmed และคณะ (1985) ได้รายงานว่าฮอร์โมนเพศจะมีผลต่อต่อมไธมัส และการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น การสร้าง Immunoglobulin M (IgM) และ Immunoglobulin G (IgG) จึงทำให้ระดับภูมิคุ้มกันและการตอบสนองภูมิคุ้มกันในเพศเมียมีระดับและการตอบสนองที่ดีกว่าเพศผู้ อย่างไรก็ตาม การทดสอบครั้งนี้ จะพบว่ากลุ่มอายุและจำนวนครั้งการฉีดวัคซีน มีค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สุนัขอายุตั้งแต่น้อยกว่า 1-3 ปี 4-6 ปี 7-9 ปี 10-12 ปี และมากกว่า 13 ปี มีค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าเท่ากับ 3.9±8.2,10.0±13.6, 8.4±7.1, 6.5±8.1, และ 16.2±21.4 IU/mg ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ HohenEsch และคณะ (2004) ที่รายงานว่าการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในสุนัขอายุมากกว่า 3 ปี มีผลตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าสุนัขอายุน้อย เพราะค่าของเม็ดเลือดพวกลิมโฟไซท์ (Lymphocytes) และเซลล์ทีพวก $CD4^+$ มี ค่าสูงในสุนัขที่โตเต็มที่ แต่พบว่ากิจกรรมการของลิมโฟไซท์กับ

ไมโตเจน (Mitogens) ในกระบวนการภูมิคุ้มกันทางเซลล์ (Cellular Immunity) จะลดลงในสุนัขที่มีอายุมากขึ้น (Gerber และ Brown, 1974; Davila และคณะ, 1992; Greeley และคณะ, 1996, 2001; Kearns และคณะ, 1999; HogenEsch และ Thompson, 2010) เมื่อพิจารณาจากจำนวนครั้งในการฉีดวัคซีน (ตารางที่ 2) พบว่าการฉีดวัคซีนครั้งเดียว จะมีค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าที่น้อยที่สุด (4.0±8.1 IU/mg) แต่จะมีค่ามากที่สุดในกลุ่มที่ฉีดมาแล้ว 5 ครั้ง (29.6±18.9IU/mg) และระยะภายหลังการฉีดวัคซีนมาก่อนน้อยกว่า 1 ปี หรือ 1ปี จะมีค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และพบว่าระดับค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้ามีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นโดยตรงกับจำนวนครั้งการฉีดวัคซีน แต่ไม่สัมพันธ์กับ เพศ อายุ และระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีน (ตารางที่ 3) ดังนั้นผลการศึกษาข้างต้น สามารถบอกได้ว่าเพศและระยะเวลาหลังการฉีดวัคซีน 1 ปี ไม่มีผลต่อระดับค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้า แต่สุนัขช่วงอายุตั้งแต่ 4-6 ปีและ 7-9 ปี และการฉีดวัคซีนหลายครั้ง พบค่าแอนติบอดีต่อเชื้อไวรัสพิษสุนัขบ้าสูงขึ้น ดังนั้นควรทำตามคำแนะนำของ WHO (2010) ในการป้องกันและลดโอกาสของการติดเชื้อโรคพิษสุนัขบ้า โดยการฉีดวัคซีนในสัตว์อย่างต่อเนื่องทุกๆ ปี เพื่อกำจัดโรคพิษสุนัขบ้าให้หมดไป

Table 1 Number and demographic characteristics percentage of sampling dog in Pattaya city.

Characteristics	Details	Number	Percentage
Sex	Male	65	52.42
	Female	59	47.58
Age	<1-3 Years	51	41.13
	4-6	23	18.55
	7-9	19	15.32
	10-12	28	22.58
	>13	3	2.42
Times of vaccination	1	54	43.55
	2	22	17.74
	3	19	15.32
	4	26	20.97
	5	3	2.42
Duration after vaccination	>1 Years	42	33.87
	1 Years	82	66.13

Table 2 Average antibody (Ab) rabies virus titers (IU/ml) to demographic characteristics.

Characteristics	Details	Average Ab titers
Sex	Male	6.4±9.4[a]
	Female	6.8±10.5[a]
Age	<1-3 Years	3.9±8.2[a]
	4-6	10.0±13.6[b]
	7-9	8.4±7.1[b]
	10-12	6.5±8.1[a]
	>13	16.2±21.4[c]
Times of vaccination	1	4.0±8.1[a]
	2	10.4±13.8[a]
	3	8.2±7.0[a]
	4	5.0±4.8[a]
	5	29.6±18.9[b]
Duration after vaccination	>1 Years	7.5±11.2[a]
	1 Years	6.1±9.2[a]

Remark: Same alphabet in group is non-significance different (P>0.5).

Table 3 Pearson Correlation between rabies virus antibody levels and sex, age, number of and duration after rabies vaccinations.

Characteristics		Sex	Age	Time of Vac.	Duration of Vac.	Ab Titers
Sex	Pearson Correlation	1	.055	.046	-.069	.022
	Sig. (2-tailed)		.547	.610	.446	.809
	N	124	124	124	124	124
Age	Pearson Correlation	.055	1	.978**	.174	.162
	Sig. (2-tailed)	.547		.000	.054	.072
	N	124	124	124	124	124
Time of Vac.	Pearson Correlation	.046	.978**	1	.171	.192*
	Sig. (2-tailed)	.610	.000		.058	.033
	N	124	124	124	124	124
Duration of Vac.	Pearson Correlation	-.069	.174	.171	1	.020
	Sig. (2-tailed)	.446	.054	.058		.829
	N	124	124	124	124	124
Ab Titers	Pearson Correlation	.022	.162	.192*	.020	1
	Sig. (2-tailed)	.809	.072	.033	.829	
	N	124	124	124	124	124

Remark: ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * Correlation is significant at the 0.05 level (2-taild)

สรุป

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าเพศและระยะหลังการฉีดวัคซีน ไม่มีผลต่อระดับแอนติบอดีต่อโรคพิษสุนัขบ้า แต่ช่วงอายุสุนัขและจำนวนครั้งการฉีดวัคซีนจะมีผลต่อระดับแอนติบอดีที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการฉีดวัคซีนป้องกันโรคพิษสุนัขบ้าในสุนัข เพื่อป้องกันโรคติดเชื้อจากโรคพิษสุนัขบ้าให้ได้ผลควรฉีดในลูกสุนัข และต้องทำการฉีดต่อเนื่องทุกๆ ปี ที่สำคัญ คือ เจ้าของสัตว์เลี้ยงต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องการฉีดวัคซีน โดยให้ร่วมมือกับหน่วยงานของรัฐอย่างเต็มที่ เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายในการป้องกันโรคพิษสุนัขบ้า และทำให้เมืองพัทยาเป็นพื้นที่ที่ปลอดจากโรคพิษสุนัขบ้าในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเมืองพัทยา ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษา และสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติในการตรวจสอบค่าแอนติบอดีต่อพิษสุนัขบ้า และเจ้าหน้าที่กลุ่มสัตวแพทย์ สำนักงานสาธารณสุข เมืองพัทยาในการเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

มติชน 2558. **สุนัขบ้าถึง 40% มีนาย-กทมจี้เจ้าของดูแล** ฉบับวันที่ 23 เมษายน 2558

Ahmed S. Ansar, W.J. Penhale, and N. Talal. 1985. **Sex hormones, immune responses, and autoimmune diseases. Mechanisms of sex hormone action.** Am. J. Pathol. 121(3): 531–551.

Davila, D.R., Guilmette, R.A., Bice, D.E., Muggenburg, B.A., Swafford, D.S., and Haley, P.J., 1992. **Long-term consequences of 239PuO2 exposure in dogs: persistent T lymphocyte dysfunction.** Int. J. Radiat. Biol. 61, 123–133.

Gerber, J.D., and Brown, A.L., 1974**. Effect of development and aging on the immune response of canine lymphocytes to phytohemagglutinin.** Inf. Immun. 10, 695–699.

Greeley, E.H., Kealy, R.D., Ballam, J.M., Lawler, D.F., and Segre, M., 1996. **The influence of age on the canine immune system.** Vet. Immunol.Immunopathol. 55, 1–10.

Greeley, E.H., Ballam, J.M., Harrison, J.M., Kealy, R.D., Lawler, D.F., and Segre, M., 2001. **The influence of age and gender on the immune system: a longitudinal study in Labrador Retriever dogs.** Vet. Immunol.Immunopathol. 82, 57–71.

HogenEsch, H., Thompson, S., Dunham, A., Ceddia, M., and Hayek, M. 2004. **Effect of age on immune parameters and the immune response of dogs to vaccines: a cross-sectional study.** Veterinary Immunology and Immunopathology, 97, 77-85.

HogenEsch, H., and S. Thompson, 2010. **Effect of Ageing on the Immune Response of Dogs to Vaccines.** J. Comp. Path. Vol. 142, S74-S77

Kearns, R.J., Hayek, M.G., Turek, J.J., Meydani, M., Burr, J.R., Greene, R.J., Marshall, C.A., Adams, S.M., Borgert, R.C., and Reinhart, G.A., 1999. **Effect of age, breed and dietary omega-6 (n-6): omega-3 (n-3) fatty acid ratio on immune function, eicosanoid production, and lipid peroxidation in young and aged dogs.** Vet. Immunol.Immunopathol. 69, 165–183.

WHO, 2005. WHO Expert Consultation on Rabies World HJealth Organization, Geneva. Zalan, E. Wilson, C. Pukitis, D. 1979. **A microtest for the quantitation of rabies virus neutralization antibodies.** J. Biol. Stand. 7, 213-220.

WHO, 2010. **The Immunological Basis for Immunization Series.** Module 17: Rabies.

ชนิดและสัณฐานวิทยาของหนอนพยาธิในลำไส้ไก่พื้นเมืองชำแหละ ในตลาดสด อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ระหว่างเดือน ม.ค.– มี.ค. 2559

Species and Morphology of Intestinal Parasites in Native Chicken Carcasses in Thungsong Fresh Market, Nakhon Si Thammarat Province, January – March 2016

รุจีรัตน์ วรสิงห์[1*] มิ่งขวัญ นิยมจิตร์[1] ปณิธิ ถาวระ[2] และ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี[2]

Ruchirat Worasing[1*] , Mingkwan Niyomjit[1] , Panithi Tavara[2] and Adcharatt Suwanpugdee[2]

บทคัดย่อ

ระหว่างเดือน ม.ค.- มี.ค. 2559 ได้เก็บตัวอย่างลำไส้ไก่พื้นเมืองชำแหละในตลาดสด อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 30 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของหนอนพยาธิในลำไส้ โดยใช้ lactophenol หรือย้อมด้วยสี carmine ผลการตรวจพบหนอนพยาธิจำนวน 28 ตัวอย่างเป็นการติดหนอนพยาธิชนิดเดียว 6 ตัวอย่าง และติดหนอนพยาธิร่วมกัน 2-5 ชนิด 22 ตัวอย่าง หนอนพยาธิจำแนกได้เป็น 8 ชนิดได้แก่ *Heterakis gallinarum* (23), *Ascaridia galli* (7), *Capillaria* sp. (6), *Strongyloides avium* (5), *Raillietina echinobothrida* (18), *Raillietina tetragona* (10), *Choanotaenia Infundibulum* (3) และ*Hymenolepis* sp. (2) พร้อมได้แสดงภาพถ่ายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของหนอนพยาธิที่พบ ผลการศึกษาชี้ว่าไก่พื้นเมืองในพื้นที่นี้มีอัตราการติดหนอนพยาธิสูงและมีหลายชนิด ดังนั้นเกษตรกรควรมีการจัดการฟาร์มที่ดี เพื่อลดอัตราการติดพยาธิและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

ABSTRACT

During January - March 2016, 30 intestines were collected from native chicken carcasses sold at a Thungsong fresh market, Nakhon Si Thammarat province. The objectives were to identify species and to examine morphology of parasites by lactophenol and/or carmine staining. The results showed that 28 intestine were infected of helminthes, 6 was single infection and 22 was mixed infection. Parasites were found at least 8 species; *Heterakis gallinarum* (23), *Ascaridia galli* (7), *Capillaria* sp. (6), *Strongyloides avium* (5), *Raillietina echinobothrida* (18), *Raillietina tetragona* (10), *Choanotaenia Infundibulum* (3) and *Hymenolepis* sp. (2). Taxonomic identification of these parasites was examined under light microscope. This result confirmed that intestinal parasites in native chickens is still prevalent. Parasitic control strategies including deworming program should be informed to reduce parasitic infestations and increase productivity.

Key Words: intestinal parasites, native chickens, Thungsong fresh market, Nakhon Si Thammarat

*corresponding author; 075-77008-9 e-mail address: ruchirat79@hotmail.com

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคใต้ตอนบน ต.ที่วัง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110

[1] Southern Veterinary Research and Development Center (upper southern region), Thungsong, Nakhon Si Thammarat 80110

[2] คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93110

[2] Faculty of Technology and Community Development. Thaksin University, Phattalung Campus 93110

คำนำ

ไก่พื้นเมือง (*Gallus gallus domesticus*) เป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากมีราคาสูง ผู้บริโภคนิยมรับประทานเพราะมีเนื้อแน่น รสชาติดี แต่ปริมาณการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จ. นครศรีธรรมราชเป็นพื้นที่ที่มีการเลี้ยงไก่มากที่สุดในภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 24.33 ของประชากรไก่ทั้งหมดในพื้นที่ภาคใต้ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558) ฟาร์มไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นฟาร์มรายย่อยมีจำนวน 10-40 ตัวต่อฟาร์ม โดยเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติและเสริมอาหารให้เป็นบางครั้ง ขาดการจัดการดูแลที่เหมาะสม ทำให้เกิดโรคและปัญหาทางด้านสุขภาพ (วิจิตร, 2526) โรคพยาธิในทางเดินอาหารเป็นโรคที่สำคัญโรคหนึ่งในไก่พื้นเมืองซึ่งมีโอกาสติดพยาธิได้ง่ายและติดได้หลายชนิดมากกว่าไก่ที่เลี้ยงในฟาร์มเชิงพาณิชย์ พยาธิแต่ละชนิดก่อให้เกิดความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน การติดโรคพยาธิส่วนใหญ่เกิดจากการกินโฮสต์กึ่งกลาง หรือโฮสต์ขนส่งที่อยู่ตามธรรมชาติ นอกจากนี้อาจได้รับไข่หรือตัวอ่อนระยะติดต่อจากการจิกกินอาหารบนพื้นดิน (อาคม, 2552; Hofstad et al.,1978) หนอนพยาธิจะเข้าไปแย่งอาหารทำให้สัตว์ซูบผอม เติบโตช้า ส่งผลให้สุขภาพอ่อนแอ และเกิดการติดเชื้อแทรกซ้อนทำให้มีความรุนแรงมากขึ้น (วณีและสุขใจ, 2550; มานพ, 2559) หนอนพยาธิในลำไส้ไก่ที่พบได้บ่อยและก่อโรคที่สำคัญคือ กลุ่มพยาธิตัวกลมได้แก่พยาธิไส้เดือน (*Ascaridia galli*) พยาธิไส้ตัน (*Heterakis gallinarum*) พยาธิเส้นผม (*Capillaria* spp.) และพยาธิเส้นด้าย (*Strongyloides* spp.) กลุ่มพยาธิตัวตืด ได้แก่ *Raillietina* spp., *Choanotaenia infundibulum*, *Hymenolepis* spp. และ *Amoebotaenia* spp. และกลุ่มพยาธิใบไม้ ได้แก่ พยาธิใบไม้หัวหนาม *Echinostonia* spp. และ *Notocotylus* spp. เป็นต้น (Hofstad et al.,1978) อย่างไรก็ตามหนอนพยาธิเหล่านี้ไม่สามารถติดต่อถึงคนได้

ในประเทศไทยการศึกษาการติดโรคพยาธิในไก่พื้นเมืองยังมีจำนวนน้อย ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเรื่องนี้ในตัวอย่างไก่พื้นเมืองจากการเก็บตัวอย่างจากตลาดสดแห่งหนึ่งใน จ. นครศรีธรรมราช ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ที่เกี่ยวข้องและเกษตรกร และยังเป็นประโยชน์ในเชิงวิชาการในการจัดเก็บเป็นข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของพยาธิเพื่อการจัดทำเป็นคู่มือในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม ปี 2559 ได้ทำการเก็บตัวอย่างลำไส้ไก่พื้นเมืองชำแหละจากตลาดสดแห่งหนึ่งใน อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 30 ตัวอย่าง โดยวิธีเลือกเก็บตัวอย่างตามสะดวก (convenience sampling) ผูกแยกลำไส้แต่ละส่วนคือ duodenum, jejunum, ileum, caecum และ colon ใช้ไซริงค์ขนาด 3 มล ดูด NSS (normal saline solution,0.85 % w/v) ฉีดในลำไส้เพื่อชะล้างเศษอาหารและให้หนอนพยาธิหลุดออก จากนั้นใช้กรรไกรเปิดผ่าลำไส้เก็บหนอนพยาธิที่ยังคงเหลืออยู่โดยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ล้างตัวหนอนพยาธิที่ได้ให้สะอาดด้วย NSS แยกเก็บหนอนพยาธิจากลำไส้แต่ละส่วนในหลอดขนาด 50 มล. ที่มี ethanol 70% จนกว่าจะนำมาจำแนกชนิด หนอนพยาธิจะถูกทำให้ใสโดยใช้ lactophenol หรือนำไปย้อมสีด้วย carmine ส่วนพยาธิที่มีขนาดเล็กไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ จะใช้วิธีขูดผนังลำไส้ (scraping technique) นำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยตรง การทำให้ใสด้วย lactophenol ใช้สำหรับ

หนอนพยาธิตัวกลมขนาดใหญ่และพยาธิตัวตืด โดยนำหนอนพยาธิวางบนสไลด์หยด lactophenol จนทั่วตัว ปิดด้วยcover glass นาน 15 นาที-1 ชม. จนกระทั่งตัวพยาธิใสมองเห็นโครงสร้างภายใน ส่วนการย้อมสี carmine ใช้สำหรับหนอนพยาธิตัวกลมขนาดเล็ก และส่วนปล้องแก่และปล้องสุก (mature and gravid proglottid)ของพยาธิตัวตืด ตามวิธีของอาคม (2541) และ Taira et al.(2003) จำแนกตัวอย่างหนอนพยาธิที่ได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องสว่าง กำลังขยาย 40-1,000 เท่าโดยใช้สัณฐานวิทยาของอาคม (2544) และ Hofstad et al. (1978) และทำการบันทึกผลถ่ายภาพ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาลำไส้ทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ผลพบว่าติดหนอนพยาธิจำนวน 28 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 93.3 เป็นการติดหนอนพยาธิชนิดเดียว 6 ตัวอย่าง (ร้อยละ 20.0) และติดหนอนพยาธิร่วมกัน 2-5 ชนิด 22 ตัวอย่าง (ร้อยละ 73.3) สามารถจำแนกหนอนพยาธิตามกลุ่ม ชนิด จำนวน และร้อยละ โดยเรียงลำดับตามจำนวนชนิดที่พบสูงสุดไปยังต่ำสุดได้ดังนี้คือ กลุ่มพยาธิตัวกลมพบ *Heterakis gallinarum* (23, 76), *Ascaridia galli* (7, 23.3), *Capillaria* sp. (6, 20), *Strongyloides avium* (5, 16.7) กลุ่มพยาธิตัวตืดพบ *Raillietina echinobothrida* (18, 60), *Raillietina tetragona* (10, 33.3), *Choanotaenia infundibulum* (3, 10) และ*Hymenolepis* sp.(2, 6.7) ทั้งนี้ได้แสดงชนิด จำนวนและร้อยละที่พบในลำไส้ส่วนต่างๆตาม Table 1 สำหรับ *H. gallinarum*, *A. galli* และ *Capillaria* spp. มีรายงานการพบหนอนพยาธิเหล่านี้ในไก่พื้นเมืองหลายพื้นที่ของประเทศไทยจากการศึกษาที่ผ่านมาของ จันทนา และอาคม (2536 และ 2540) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ดุจดาว (2558) ที่ จ.ตรัง และกิตติชัย (2550) ในพื้นที่ภาคกลาง โดยความสำคัญของ *H. gallinarum* คือสามารถนำเชื้อโปรโตซัว *Histomonas meleagridis* ก่อให้เกิดโรค Histomoniasis ทำให้ไก่ตายได้ หากติดพยาธิชนิดนี้จำนวนมากผนัง caecum จะเกิดการอักเสบและเป็นตุ่ม Hofstad et al.(1978) การศึกษาครั้งนี้ตรวจพบตัวเต็มวัยของ *S. avium* โดยเทคนิคการขูดผนังลำไส้ ต่างกับรายงานที่ จันทนา และอาคม(2536) ณิชคุณ และคณะ(2556) และดุจดาว (2558) ที่ไม่มีรายงานการตรวจพบพยาธิชนิดนี้ แต่ดุจดาว (2558) ได้รายงานการพบเฉพาะไข่พยาธิเท่านั้น อาจเนื่องจากตัวเต็มวัยจะฝังตัวอยู่ในเยื่อเมือกและมีขนาดเล็กมาก อาจถูกบดบังจากเศษอาหารจึงต้องสังเกตด้วยความระมัดระวัง การติดพยาธิชนิดนี้หากมีในปริมาณมากอาจทำให้ caecum อักเสบและหนาตัวขึ้นและสัตว์จะถ่ายเป็นมูกเลือด (Hofstad et al.,1978) ในส่วนของ jejunum พบชนิดของหนอนพยาธิมากที่สุด 6 ชนิด โดยพบ *R. echinobothrida* มากที่สุด รองลงมาคือ *R. tetragona* สำหรับ *R. echinobothrida* พบในลำไส้ส่วนต้นทุกส่วนเช่นเดียวกับการศึกษาของจันทนา และอาคม (2540) ได้รายงานการพบพยาธิตัวตืดสองชนิดนี้เช่นกัน นอกจากนี้มีรายงานการพบ *Raillietina* spp. ในไก่พื้นเมืองในหลายพื้นที่ของประเทศไทยในอัตราที่แตกต่างกันโดย จันทนา และอาคม (2536) สุวรรณี และคณะ (2546) กิตติชัย (2550) ณิชคุณ และคณะ (2556) แต่รายงานทั้งหมดไม่ได้จำแนกชนิด และไม่ได้รายงานการพบ *C. infundibulum* ต่างกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบตัวเต็มวัย *C. infundibulum* ในลำไส้ส่วนต้น ส่วนณิชคุณ และคณะ (2556) พบไข่พยาธิชนิดนี้ในไก่พื้นเมืองใน จ.พัทลุง อาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่ที่ทำการศึกษาที่อยู่ใกล้เคียงกัน และมีนกที่มีอยู่ตามธรรมชาติเป็นตัวนำโรค (Premaalatha. et al.,2014; Buttet et al. 2014) ความสำคัญการติดหนอนพยาธิชนิดนี้คือถ้ามีจำนวนมากจะไปขัดขวางการย่อยและการดูดซึมอาหาร เกิดการอักเสบอย่างรุนแรงที่ลำไส้ (มานพ,2559) สำหรับ *Hymenolepis* spp. เป็นพยาธิตัวตืดที่พบจำนวนน้อยที่สุด (2/30) แต่พบพยาธิสกุลนี้หลายชนิดโดยสังเกตจากลักษณะสัณฐานวิทยาที่แตกต่าง

กัน (Figure 8 A-C) แต่ไม่สามารถจำแนกชนิดได้เนื่องจากส่วนหัวของพยาธิตัวตืดมีขนาดเล็ก ทั้ง rostellar hook และ acetabular hookเปราะบางหลุดได้ง่าย การใช้เทคนิคการขูดผนังลำไส้ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างหนอนพยาธิได้ครบสมบูรณ์ การศึกษาชนิดและจำนวนของหนอนพยาธิที่พบในแต่ละส่วนของลำไส้ พบว่าลำไส้ทุกส่วนพบหนอนพยาธิตั้งแต่ 1-6 ชนิด สำหรับใน caecum พบ *H. gallinarum* มากที่สุด(22/30) และพบพยาธิชนิดนี้เพียงชนิดเดียวใน colon (1/30) ต่างจากที่ Hofstad et al.(1978) ได้รายงานไว้ว่าจะพบพยาธินี้ในส่วนของ caecum เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากลำไส้ทั้งสองส่วนนี้อยู่ใกล้กันจึงทำให้พบพยาธินี้ใน colon ได้ ส่วน *S. avium* พบในลำไส้ส่วน duodenum และ caecum

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาหนอนพยาธิแต่ละชนิดพร้อมรายละเอียดลักษณะเด่นที่สังเกตได้ แสดงใน Figure 1-8 โดยมีลักษณะตามที่ Hofstad et al.(1978) และ Ilie et al.(2008) ได้รายงานไว้ เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของพยาธิในลำไส้ไก่ในประเทศไทยมีน้อย ข้อมูลที่มีอยู่เป็นการศึกษาเมื่อนานมาแล้ว ดังนั้นรายงานครั้งนี้เป็นการรวบรวมภาพถ่ายลักษณะทางสัณฐานวิทยาให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น อย่างไรก็ตามรายงานนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น จึงควรมีการเก็บตัวอย่างจากแหล่งอื่นเพื่อเพิ่มโอกาสในการพบชนิดของหนอนพยาธิในไก่ต่อไป

สรุปผล

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถรวบรวมภาพถ่ายของหนอนพยาธิในลำไส้ไก่พื้นเมืองได้ 8 ชนิดคือ *H. gallinarum, A. galli, Capillaria* sp., *S. avium, R. echinobothrida, R. tetragona* , *C. infundibulum* และ *Hymenolepis* sp.ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าไก่พื้นเมืองที่ส่งขายในตลาดแห่งนี้มีการติดหนอนพยาธิในอัตราที่สูง ส่วนใหญ่มีการติดพยาธิร่วมกันมากกว่าหนึ่งชนิด โดยพบ *H. gallinarum* สูงที่สุด ดังนั้นเกษตรกรจึงควรมีการจัดการฟาร์มที่ดี โดยให้ยาถ่ายพยาธิหรือให้สมุนไพรที่ออกฤทธิ์ในการถ่ายพยาธิผสมในอาหาร เพื่อลดต้นทุนและลดสารตกค้างในเนื้อสัตว์ เพื่อลดอัตราการติดพยาธิ เพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น และมีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด มีสุขอนามัยที่ดีเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคข้อมูล สำหรับภาพลักษณะทางสัณฐานวิทยาของการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการรวบรวมจัดทำเป็นคู่มือแก่นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจอื่น ๆ สำหรับในอนาคตจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในอวัยวะส่วนอื่นและในพื้นที่ใกล้เคียงหรือพื้นที่อื่นๆ เพื่อเพิ่มโอกาสในการตรวจพบความหลากหลายของชนิดและความชุกของหนอนพยาธิในไก่ต่อไป

Table 1 Species, number and infestation rate (%) of intestinal parasites found in native chicken carcasses, Thungsong's fresh market, Nakhon Si Thammarat Province. (N= 30)

Intestinal portion	species, number and infestation rate(%) of intestinal parasites							
	Nematodes				Cestodes			
	A. galli	*Capillaria* spp.	*H. gallinarum*	*S. avium*	*C. infundibulum*	*R. echinobothrida*	*R. tetragona*	*Hymenolepis* spp.
duodenum	3 (10.0)	1 (3.3)	-	2 (6.7)	-	6 (20.0)-	-	-
jejunum	3 (10.0)	1 (3.3)	-	-	1 (3.3)	15 (50.0)	6 (20.0)	2 (6.7)
ileum	1 (3.3)	-	-	-	2 (6.7)	14 (46.7)	4 (30.0)	-
caecum	2 (6.7)	4 (13.3)	22 (73.3)	3 (10.0)	-	-	-	-
colon	-	-	1 (3.33)	-	-	-	-	-

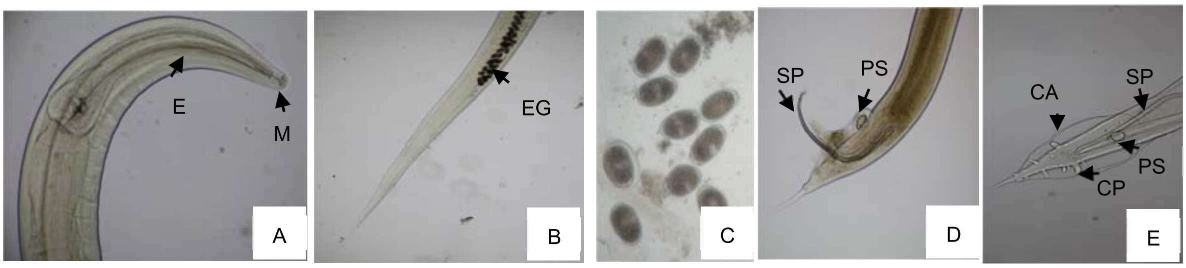


Figure 1 *Heterakis gallinarum*: small worms, white; 0.7-1.5 cm long, 0.2-0.3 mm wide.

(A) head(10X): head end bend dorsally: mouth; 3 lip: esophagus; bulbous. (B) posterior end of female(4X): tail long, narrow and pointed; vulva not prominent (C) eggs(40X): thick shelled, ellipsoidal, both sides are rounded. (D) posterior end of male(10X): tail straight, subulated ending point; 2 large lateral caudal alae; precloacal sucker well develop; 2 spicules dissimilar. (E) posterior end of male(40X): 12 pairs of caudal papillae. (M: mouth, E: esophagus, EG: egg, PS: precloacal sucker, SP: spicule, C: caudal papillae, CA: caudal alae)

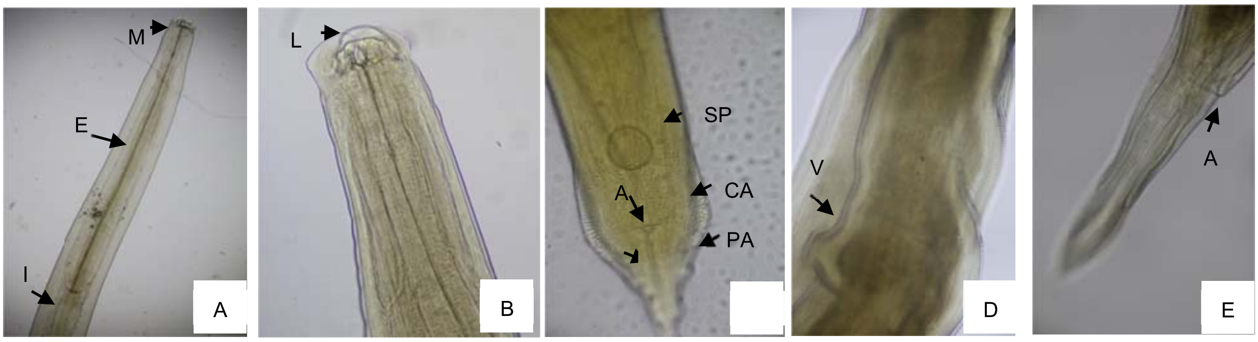


Figure 2 *Ascaridia galli*: large worm, thick, yellowish white. Male 5-7 cm long, 0.5 -1 mm wide; female 6-11 cm long, 1-2 mm wide. (A) head(4X): mouth; large 3 lip; filaliform esophagus extended to intestine. (B) lip(10X) (C) posterior end of male(10X): precloacal sucker oval; narrow caudal alae; 10 pairs of papillae; anus under precloacal sucker; spicule equal and narrow. (D) valva (10X) in anterior part of body. (E) posterior end of female(40X): tail straight, subulated ending point; anus near end of body. (M: mouth, E: esophagus, I: intestine, L: lip, PS: precloacal sucker, CA: caudal alae, PA: papillae, A: anus, SP: spicule,V: valva.)

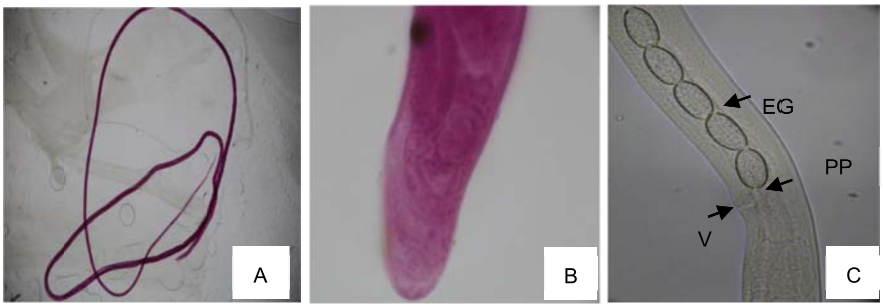


Figure 3 *Capillaria* sp.: small- filamentous worms, white; Male 0.8-3 cm long; female. 3-8 cm long. (A) adult(4X) (B) head(40X) (C) female(40X): vulva slight prominence slightly posterior to union esophagus and intestine; egg: 45-50 x 23-27 µm wide, thick shell with wrinkle surface, slightly protruding bipolar pluges.(V: valva, EG: egg, PP: polar plug))

Figure 4 *Strongyloides avium*: small worms, white; 0.2 cm long, 38-42 µm wide.
(A) larvae and eggs(4X) by scraping technique. (B) adult(40X): filariform esophagus. (C) eggs(10X): thin shell with L1 stage. (L: larva, EG: egg, E: esophagus)

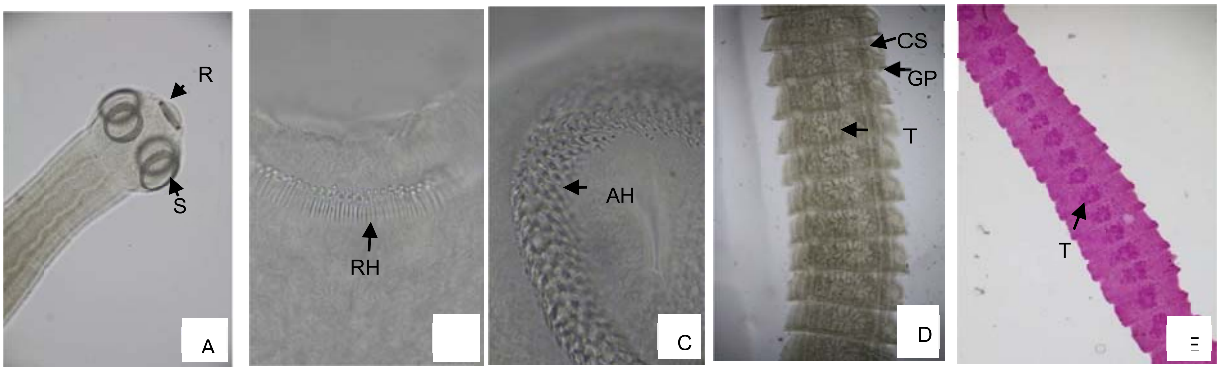


Figure 5 *Raillietina echinobothrida*: large tapeworms; 32 cm long, 0.3 cm wide.
(A) scolex(10X): 4 round suckers with 8-15 rows of acetabular hook. (B) rostellum(100X): 2 rows of rostellar hook. (C) acetabular hook(100X): small hammer-shaped (D-E) mature proglottids (10X): cirrus sac large, genital pore; unilateral opening, posterior half of proglottids.(R: rostellum, S: sucker, AH: acetabular hook. RH: rostellarhook, T: testes, CS: cirrus sac, GP: genital pore,T: testes)

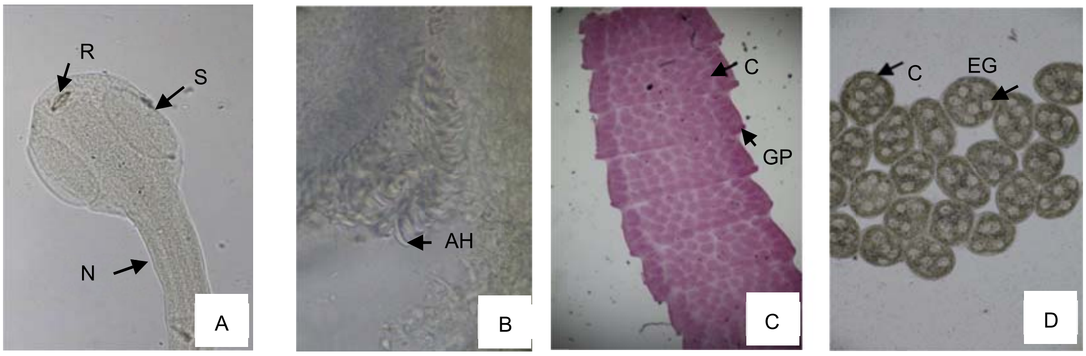


Figure 6 *Raillietina tetragona*: moderately large tapeworms; 32 cm long, 0.3 cm wide.

(A) scolex(10X): rostellum with 1 or 2 rows of rostellar hook; 4 ovoil acetabular sucker; long neck

(B) acetabular hook(100X): 8-12 rows with small hammer-shaped. (C) gravid proglottids (10X): genital pore; anterior position, unilateral of opening, several egg capsule (D) egg capsule(40X): 6-12 eggs per capsule.(R: rostellum, S: sucker, N: neck, AH: acetabular hook, C: capsulles, GP: genital pore, EG :egg)

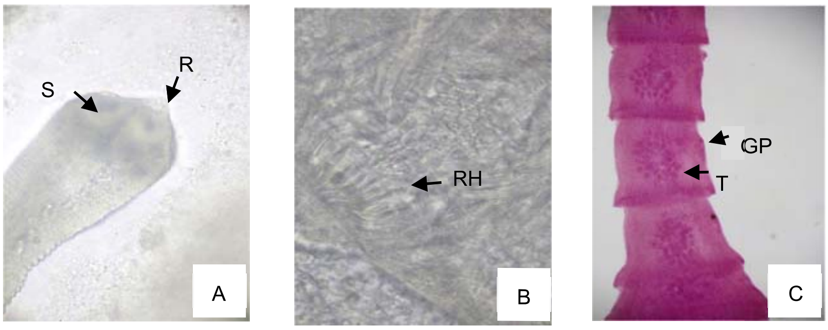


Figure 7 *Choanotaenia infundibulum*: moderately large tapeworms; 23 cm long, 0.3 cm wide.

(A) scolex by scraping technique(10X): small, triangle shaped; rostellum: single row of 16-22 large rostellar hook; sucker unarmed. (B) rostellar hook(100X) (C) gravid proglottids with carmine staining(40X): 25-60 testes, genital pore irregularly alternate. (R: rostellum, S: sucker, RH: rostellar hook) GP: genital pore, T: testis)

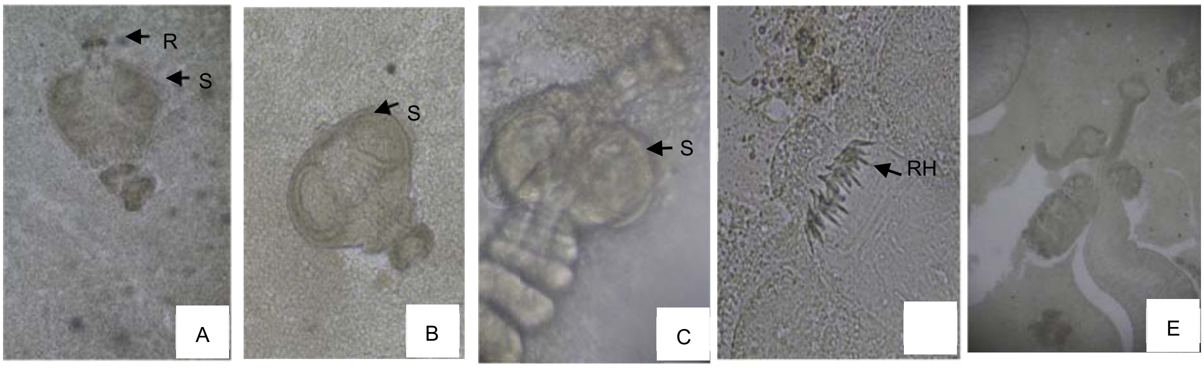


Figure 8 *Hymenolepis* spp.: small tapeworms; 1-1.2 cm long, 0.1-.0.2 cm. wide. (A,B,C) scolex by scraping technique(10X, 40X): 1 row rostellar hook; sucker: 4 ovoil-shaped, acetabular without hook.(D) rostellar hook(40 X): single row of large rostellar hook(E) scolex and proglottids(4X)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณนงนุช สวัสดีรักษา ผู้จำหน่ายไก่พื้นเมือง อ.ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างตลอดการศึกษา สพ.ญ.ดร.วันดี คงแก้ว ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคใต้ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย สพ.ญ.ศุภลักษณ์ ลิ้มเลิศวาที น.สพ.นฤพล พร้อมขุนทด น.สพ.ดร. อัญญรัตน์ ทิพย์ธารา และนายสุธี รัตนะ ที่ตรวจทานต้นฉบับ ผศ.ธีระวิทย์ จันทร์ทิพย์ คณบดีคณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตทุ่งใหญ่ สพ.ญ.โสภิดา พุทธะสุภะ สพ.ญ.พรทิพย์ ทองมณี คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตทุ่งใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ รศ.น.สพ. ดร. มานพ ม่วงใหญ่ ที่ให้คำปรึกษา คุณอมรรัตน์ ย้อยดำ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปรสิตวิทยา ที่จัดเตรียมอุปกรณ์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องล้างและเตรียมเครื่องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

กิตติชัย อุ่นจิต กิ่งดาว หมอแก้ว และ สุภาวรรณ งามจิตต์เอื้อ. 2550. **การสำรวจสภาวะพยาธิภายในในสัตว์ปีกที่เลี้ยงในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยในปี 2549**. Thai-NIAH eJournal : ISSN 1905-5048, [Online]. Available :http://www.dld.go.th/niah, V2 N1 (May– August 2007).Accessed on 11 ม.ค. 2559.

จันทนา กุญชร ณ อยุธยา และ อาคม สังข์วรานนท์. 2536. **พยาธิภายในของท่อทางเดินอาหารที่พบในไก่พื้นเมืองโตเต็มวัยในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์). 27: 324-329.

จันทนา กุญชร ณ อยุธยา และ อาคม สังข์วรานนท์. 2540. **พยาธิภายในที่พบในทางเดินอาหารของไก่พื้นเมืองโตเต็มวัยในภาคใต้ของประเทศไทย**. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์). 31: 407-412.

ณิชคุณ จันทวงศ์ สุปราณี เลี้ยงพรพรรณ รุจีรัตน์ วรสิงห์ อัจฉรัตน์ สุวรรณภักดี และดุจดาว ธนาพิพัฒน์. 2556. **การสำรวจชนิดของหนอนพยาธิในทางเดินอาหารไก่ไข่และไก่พื้นเมืองใน อ. ป่าพะยอม จ. พัทลุง**. การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ระหว่างวันที่ 6-7 ธ.ค. 2556.

ดุจดาว ธนาพิพัฒน์. 2558. **การสำรวจหนอนพยาธิในลำไส้ของไก่บ้าน อ.ย่านตาขาว จ.ตรัง**. รายงานการวิจัยภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จ. พัทลุง.

มานพ ม่วงใหญ่. 2559. **เอกสารประกอบการสอนวิชาหนอนพยาธิของสัตว์ปีกที่สำคัญในประเทศไทย**. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย. 16 หน้า

วณี ชูพงศ์ และสุขใจ พรหมมาศ. 2550. **ความหลากหลายของพยาธิตัวตืดในไก่พื้นเมืองของ อ.ทุ่งสง จ. นครศรีธรรมราช**. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. หน้า 14-28.

วิจิตร สุขเพสน์. 2526. **การศึกษาการติดโรคพยาธิตามธรรมชาติในไก่พื้นเมือง**. สัตวแพทยสาร. 3: 227-235.

อาคม สังข์วรานนท์. 2541. **ปาราสิตวิทยาคลินิกทางสัตวแพทย์**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. หน้า 241-258.

อาคม สังข์วรานนท์. 2544. **ปรสิตวิทยาทางสัตวแพทย์**. พิมพ์ครั้งที่ 4 ภาควิชาปรสิตวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.หน้า 189-212.

อาคม สังข์วรานนท์. 2552. **พยาธิของไก่เลี้ยงและสัตว์ปีกในประเทศไทย**. วารสารสัตวแพทย์ (วิทย์). 19(3): 145-160.

สุวรรณี นิธิอุทัย สุดจิตต์ จุ่งพิวัฒน์ และวรพร สุขุมมาวาสี. 2546. **การศึกษาหนอนพยาธิในทางเดินอาหารของไก่พื้นเมืองและประสิทธิภาพของยามีเมนดาโซลต่อหนอนพยาธิ**. เวชสารสัตวแพทย์. 33(3): 65-72. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2558. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายจังหวัด ปีงบประมาณ 2558 กรมปศุสัตว์.[Online]. Available: http:ict.dld.go.th/th2/images/stories/atatweb/yearly/2558/ http:ict.dld.go.th/th2/images/stories/statweb/yearly/2558/province/5.chick_province.pdf. Accessed on 17 ก.พ. 2559.

Butt Z., Shaikh A.A., Ahmed S.M. and Bhojoo M. 2014. **Prevalence of Cestode parasites in the intestine of local chicken (Gallus domesticus) from Hyderabad**, Sindh, Pakistan.Journal of Entomology and Zoology Studi. 2(6): 301-303.

Hofstad M.S., Calnek B.W., Helmboldt C.F., Reid W.M. and Yoder H.W. 1978. **Nematodes and Acanthocephalans, Cestodes**. Diseases of Poultry 7th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. USA. P. 705-758.

Ilie M.S.; Darabus G., Operscu I., Morariu S., Mederle N., Ilie A., Imre K., Mandita D. and Mederle O. 2008. **The electrono-microscopic characterization of some helminths found in birds**. Lucrari Stiintifice Universitatea de Stiinte Agricole a Banatului Timisoara. Medicina Veterinara. 41: P. 402-410.

Premaalatha B., Chandrawathani P., Jamnah O., Erwanas A.I., LiryRozita M.H. and Ramlan M. 2014. **Intestinal cestode *Choanotaenia infundibulum* in chicken**. Malaysia Journal of veterinary research. 5(2): 73-75.

Taira N, Ando Y and Williams JC. 2003. **Carmine staining and acetic-acid treatment for helminth specimens**. A color Atlas of Clinical Helminthology of Domestic Animals.Revised Edition. P 142.

การประเมินค่าทางพยาธิวิทยาคลินิกในแมวมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่รักษาด้วยเคมีบำบัด

Clinicopathological Evaluation in Feline Lymphoma Patients Treated with Chemotherapy

จุฑาพร เปี่ยมวารี[1*] พันพิชา สัตถาสาธุชนะ[2] และ ทัศนีย์ เจริญทรง[2]

Juthaporn Piamwaree[1*] , Panpicha Sattasatuchana[2] and Tassanee Jareonsong[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าทางพยาธิวิทยาคลินิกและการตอบสนองต่อการรักษาในแมวมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่รักษาด้วยเคมีบำบัด (COP protocol) ทำโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลแมวมะเร็งต่อมน้ำเหลืองย้อนหลังจำนวน 31 ตัวระหว่างปี 2558 และ 2560 โดยทำการบันทึกข้อมูลอายุ เพศ พันธุ์ น้ำหนัก การแสดงอาการ สถานะของไวรัส ตำแหน่งมะเร็งต่อมน้ำเหลืองตามตำแหน่งทางกายวิภาค ค่าโลหิตวิทยา ค่าอะลานีนอะมิโนทรานสเฟอเรส และค่าครีเอตินีน ก่อนการทำเคมีบำบัดของช่วง induction phase และระยะ maintenance phase ครั้งที่ 1 โดยพบว่าการรักษาด้วยเคมีบำบัดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเม็ดเลือดขาวรวม นิวโทรฟิลล์ โมโนไซท์ และค่าเม็ดเลือดอัดแน่น อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ผลการตอบสนองต่อการรักษาพบว่าแมว 8 ตัวใน 12 ตัวตอบสนองต่อการรักษาอย่างสมบูรณ์ แต่แมว 4 ตัวไม่ตอบสนองต่อการรักษาอย่างสมบูรณ์ (1 ตัวตอบสนองแบบบางส่วน และ 3 ตัวไม่ตอบสนองต่อการรักษาเลย)

ABSTRACT

The objectives of this retrospective study were to evaluate the clinicopatholgical findings after using chemotherapy (COP protocol) in feline lymphoma and to determine the response to the chemotherapy. The medical records of 31 cats treated with COP chemotherapy between 2015 and 2017 were evaluated. Parameters included age, sex, breed, body weight, clinical signs, viral infected status, anatomical location, complete blood count, alanine aminotransferase and creatinine during the induction and the first maintenance chemotherapy. The pathological changes of hematology in feline lymphoma patients treated with chemotherapy were white blood cells, neutrophils, monocytes and packed cells volume ($P<0.05$). Eight of the 12 cats (66.67%) had complete clinical remission. Four of the 12 cats (1 cat with partial remission and 3 cats with no response) did not achieve complete remission.

Key words: cat, chemotherapy, clinicopathological finding, lymphoma

* Corresponding author; e-mail address: juthaporn.pi@ku.th

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Graduate School Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (lymphoma; malignant lymphoma; lymphosarcoma; LSA) หมายถึง มะเร็งของต่อมน้ำเหลืองที่มีจุดกำเนิดจากอวัยวะที่ไม่มีช่องว่างภายในหรือมีลักษณะเป็นก้อน เช่น ต่อมน้ำเหลือง (lymph node) ตับ (liver) ม้าม (spleen) (Couto, 2001) และยังเป็นเนื้องอกที่พบบ่อยในแมวซึ่งพบได้ประมาณ 30% ของเนื้องอกในแมวทั้งหมด (Ettinger, 2003; Fabrizio *et al*., 2013) ประมาณ 70% ของแมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองจะมีการติดเชื้อ Feline Leukemia Virus (FeLV) ร่วมด้วย (Couto, 2001; Fabrizio *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ อีก คือ การติดเชื้อ Feline immunodeficiency virus (FIV) แต่การติดเชื้อนี้จะไม่ได้ทำให้เกิดมะเร็งต่อมน้ำเหลืองโดยตรงเหมือนกับ FeLV (Withrow, 2013) มะเร็งต่อมน้ำเหลืองในแมวสามารถจำแนกตามตำแหน่งทางกายวิภาค ได้แก่ ต่อมน้ำเหลืองในช่องอก (Mediastinal), ทางเดินอาหาร (Alimentary), ระบบต่อมน้ำเหลือง (Multicentric), มะเร็งเม็ดเลือดขาว (True leukemia) และอื่น ๆ คือ ไต (Renal), โพรงจมูก (Nasal) และ ตา (Ocular) (Hardy, 1981; Mooney and Hayes, 1986) วิธีการรักษามีหลายวิธีด้วยกัน คือ การใช้เคมีบำบัด การฉายรังสี การผ่าตัด รวมทั้งการรักษาแบบประคับประคอง (Supportive care) เนื่องจากมะเร็งต่อมน้ำเหลืองเป็นโรคทางระบบ จึงนิยมใช้เคมีบำบัดในการรักษามะเร็งต่อมน้ำเหลืองในแมว (Ettinger, 2003) โดยส่วนมากจะเป็นการใช้รูปแบบ COP (Cyclophosphamide, Vincristine และ Prednisolone) หรือ CHOP (Cyclophosphamide, Doxorubicin, Vinca alkaloid และ Prednisolone) (Collette *et al*., 2016) แต่ก็ยังไม่มีวิธีที่เป็นมาตรฐานสำหรับการรักษามะเร็งต่อมน้ำเหลืองในแมว

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพยาธิวิทยาคลินิกในแมวมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่รักษาด้วยเคมีบำบัดโดยการใช้รูปแบบ COP ซึ่งเป็นรูปแบบที่อธิบายโดย Teske (2002) มาประเมินร่วมกับการตอบสนองต่อการรักษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางพยาธิวิยาคลินิกระหว่างการรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ป่วย

คัดเลือกเวชระเบียนของแมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่เข้ารับการรักษาที่คลินิกโรคแมว โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนระหว่างปี 2558 และ 2560 (n=31) แมวจะต้องได้รับการรักษาโดยใช้รูปแบบเคมีบำบัดที่เป็นพื้นฐาน และได้รับการตรวจเลือดก่อนการทำเคมีบำบัด แมวทุกตัวจะต้องได้รับยืนยันการวินิจฉัยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองด้วยการตรวจทางเซลล์วิทยาหรือการตรวจพยาธิวิยาของการตัดชิ้นเนื้อ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเวชระเบียน ได้แก่ อายุ, เพศ, พันธุ์, น้ำหนัก, การแสดงอาการ, สถานะของไวรัส, ตำแหน่งมะเร็งต่อมน้ำเหลืองซึ่งแบ่งตามตำแหน่งทางกายวิภาค, ค่าเลือดก่อนการทำเคมีบำบัดของช่วง induction phase ครั้งที่ 1, 2, 3,4 และระยะ maintenance phase ครั้งที่ 1 โดยจะทำการเก็บค่าเม็ดเลือดขาวรวม (White blood cells; WBC), นิวโทรฟิลล์ (Neutrophils), ลิมโฟไซต์ (Lymphocytes), โมโนไซต์ (Monocytes), อีโอสิโนฟิลล์ (Eosinophils), เม็ดเลือดอัดแน่น (PCV), ปริมาตรเม็ดเลือดแดงเฉลี่ย (MCV), ความเข้มข้นเฉลี่ยของปริมาณ

ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (MCHC), เกล็ดเลือด (Platelets), ครีเอตินีน (Creatinine), ค่าอะลานีนอะมิโนทรานสเฟอเรส (ALT) และพลาสมาโปรตีน (Plasma protein) นอกจากนี้ยังทำการบันทึกการตอบสนองต่อการรักษา และวันที่เสียชีวิต

รูปแบบเคมีบำบัด

แมวทุกตัวต้องถูกรักษาโดยใช้เคมีบำบัดรูปแบบของ Teske (2002) ซึ่งในช่วง induction phase จะทำการเหนี่ยวนำโดยให้ vincristine ที่สัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ที่ขนาด 0.75 mg/m^2 ทางเส้นเลือดดำ cyclophosphamide ที่สัปดาห์ที่ 1 และ 4 ที่ขนาด 300 mg/m^2 ทางการกิน และ prednisolone ทุกวันที่ขนาด 50 mg/m^2 หลังจากสัปดาห์ที่ 4 จะเข้าสู่ maintenance phase โดยใช้ vincristine และ cyclophosphamide ทุก 3 สัปดาห์จนกระทั่งหายหรือมากที่สุด 1 ปี ส่วน prednisolone จะให้ทุกวันต่อเนื่องจนกระทั่งหายหรือเป็นระยะเวลา 1 ปี

เกณฑ์การตอบสนอง

แบ่งออกเป็น Complete response (CR) คือขนาดของโรคที่สามารถวัดได้ลดลง 100% และมีอาการทางคลินิกลดลง Partial response (PR) คือขนาดของโรคที่สามารถวัดได้ลดลงมากกว่าหรือเท่ากับ 50% แต่น้อยกว่า 100% หรือ No response (NR) คือขนาดของโรคที่สามารถวัดได้ลดลงน้อยกว่า 50% หรือมีการเพิ่มขนาดขึ้น หรือมีอาการทางคลินิกที่รุนแรงขึ้น (Taylor *et al*., 2009; Fabrizio *et al*., 2013; Collette *et al*., 2016)

สถิติเพื่อการวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าทางพยาธิวิทยาคลินิกในช่วง induction phase และระยะ maintenance phase ครั้งที่ 1 ด้วย repeated ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ Bonferroni และทำวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางพยาธิวิทยาทางคลินิกในแต่ละกลุ่มการตอบสนองต่อการรักษาในแต่ละครั้งของการทำเคมีบำบัดโดยใช้ One way ANOVA

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะของแมวป่วย

ในการศึกษานี้มีแมวทั้งหมด 31 ตัว โดยมีค่ามัธยฐานของอายุคือ 24 เดือน (ช่วง 5-120 เดือน) แบ่งเป็นเพศผู้ 13 ตัว (41.94%) เพศเมีย 18 ตัว (58.06%) เป็นพันธุ์ Domestic shorthair จำนวน 30 ตัว อีก 1 ตัวเป็นพันธุ์ Scottish fold ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวที่วัดก่อนการทำเคมีบำบัดทั้ง 5 ครั้งไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งถือเป็นการพยากรณ์ที่ดี เนื่องจากการศึกษาของ Krick *et al.* (2011) มีการรายงานไว้ว่าแมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด large cell ที่สูญเสียน้ำหนักตัวในช่วง 1 เดือนมากกว่าหรือเท่ากับ 5% จะมีเวลาการรอดชีพสั้นกว่าตัวที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือคงที่ แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้ข้อมูลในส่วนชนิดของเซลล์ของมะเร็งต่อมน้ำเหลือง เมื่อแบ่งแมวในการศึกษานี้ตามตำแหน่งมะเร็งต่อมน้ำเหลืองพบว่าเป็นที่ตำแหน่ง Mediastinal 20 ตัว (64.52%) Nasal 3 ตัว (9.68%) Multicentric 5 ตัว (16.13%) Gastrointestinal 1 ตัว (3.23%) Spinal cord 1 ตัว (3.23%) และ Ocular 1 ตัว (3.23%) แมวในการศึกษานี้ติดไวรัส FeLV จำนวน 26 ตัว (83.87%) ติดไวรัส FeLV ร่วมกับ

FIV จำนวน 1 ตัว (3.23%) และไม่ติดไวรัสใดๆเลยจำนวน 4 ตัว (12.9%) นอกจากนี้ยังพบว่าแมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่ mediastinal จะมีอาการหายใจลำบาก (dyspnea), หอบ (panting), และขย้อน (regurgitation) แมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลือง multicentric มักจะพบต่อมน้ำเหลืองโตทั่วร่างกาย หรือต่อมน้ำเหลืองที่เป็นมีขนาดโตกว่าปกติ แมวที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลืองที่ตำแหน่ง nasal จะพบว่ามีสิ่งคัดหลั่งออกจากจมูก (nasal discharge) เลือดกำเดาไหล (epistaxis) และจาม (sneezing) ในแมวที่เป็นตำแหน่ง alimentary จะพบอวัยวะที่เป็นมีขนาดใหญ่ขึ้น เบื่ออาหาร (anorexia) หรืออาจพบก้อนในช่องท้อง ถ้าเป็นที่ตำแหน่ง spinal cord อาการจะแตกต่างกันไปขึ้นกับตำแหน่งของไขสันหลังที่ได้รับผลกระทบ เช่น อาจพบอาการเดินเซ (ataxia) ในกรณีเป็นที่ตำแหน่ง ocular อาจจะพบก้อนที่ตำแหน่งบริเวณตาได้ (Couto 2001; Ettinger, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับอาการที่พบของแมวในการศึกษานี้

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าทางพยาธิวิทยาคลินิก

Table 1 Mean ± SD of clinicopathological features

	Normal range	1^{st} Induction	2^{nd} Induction	3^{rd} Induction	4^{th} Induction	1^{st} Maintenance
WBC ($x10^3$ cells/µl)	5.5 – 19.5	14.5 ± 6.47^a	8.83 ± 3.88^a	8.63 ± 3.16^a	9.19 ± 3.74^a	10.14 ± 5.55^a
Neutrophils ($x10^3$cells/µl)	2.5 – 12.5	11.75 ± 6.75^a	6.87 ± 3.83^a	6.82 ± 3.07^a	7.28 ± 3.31^a	7.98 ± 5.49^a
Lymphocytes ($x10^3$cells/µl)	1.5 – 7.0	1.95 ± 1.16	1.45 ± 1.23	1.43 ± 0.97	1.47 ± 1.11	1.25 ± 1.00
Monocytes ($x10^3$cells/µl)	0 – 0.85	0.36 ± 0.40^a	0.1 ± 0.17^a	0.09 ± 0.19^a	0.12 ± 0.26^a	0.21 ± 0.30
Eosinophils ($x10^3$cells/µl)	0 – 1.5	0.4 ± 0.53	0.23 ± 0.24	0.26 ± 0.29	0.31 ± 0.38	0.36 ± 0.40
PCV (%)	29 - 45	33.55 ± 8.47^a	29.38 ± $6.05^{a,b}$	30.33 ± 5.97^b	30.54 ± 5.10	33.53 ± 5.24^b
MCV (fL)	41 - 54	51.48 ± 7.30	52.99 ± 5.04	53.26 ± 4.55	52.81 ± 4.73	53.05 ± 6.90
MCHC (%)	31 - 36	31.98 ± 1.67	32.24 ± 1.58	31.89 ± 1.62	32.37 ± 1.99	32.42 ± 1.47
Platelets ($x10^3$ cells/µl)	230 - 680	278.95 ± 144.30	301.75 ± 137.27	301.79 ± 132.52	287.88 ± 117.94	229.18 ± 113.95

Creatinine (mg/dl)	0.8 – 2.3	1.44 ± 0.28	1.28 ± 0.26	1.33 ± 0.28	1.39 ± 0.27	1.31 ± 0.22
ALT (IU/L)	28 - 76	180 ± 350.37	188.16 ± 435.21	124.37 ± 154.27	93.75 ± 134.55	128.09 ± 247.11
Plasma protein (g/dL)	5.9 – 8.5	7.04 ± 0.99	7.22 ± 0.56	7.42 ± 0.74	7.31 ± 0.84	7.25 ± 1.30

[a, b] Significant at P < 0.05

จากวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าทางพยาธิวิทยาคลินิกทั้ง 5 ครั้งได้ผลดังแสดงใน Table 1 พบว่าจำนวนเม็ดเลือดขาวรวมมีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดขาวรวมใน induction ครั้งที่ 1 แตกต่างกับครั้งที่ 2, 3, 4 และ maintenance ครั้งที่ 1 (Table 1) โดยค่าเม็ดเลือดขาวรวมลดต่ำลงภายหลังการทำเคมีบำบัดในครั้งแรก

ค่าเฉลี่ยของนิวโทรฟิลล์ จากการศึกษาพบว่าการวัดทั้ง 5 ครั้ง มีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของการวัดใน induction ครั้งที่ 1 แตกต่างกับครั้งที่ 2, 3, 4 และ maintenance ครั้งที่ 1 (Table 1) โดยค่านิวโทรฟิลล์ลดลงหลังจากการทำเคมีบำบัดครั้งแรก

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าหลังจากทำเคมีบำบัดครั้งแรกพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวรวมและนิวโทรฟิลล์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และในช่วงที่ทำเคมีบำบัดก็ยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าก่อนเริ่มทำ induction ในครั้งแรก เนื่องจากผลข้างเคียงของเคมีบำบัด เช่น Cyclophosphamide ซึ่งเป็นยาในกลุ่ม Akylating agents จะทำให้เกิดการกดไขกระดูก ทำให้เกิดภาวะนิวโทรฟิลต่ำลง (Neutropenia) ซึ่งจะมีช่วงที่ต่ำอยู่ประมาณ 7 วัน (Lana and Dobson, 2011)

ค่าเฉลี่ยของโมโนไซต์ จากการศึกษาพบว่าการวัดทั้ง 5 ครั้ง มีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของการวัดใน induction ครั้งที่ 1 แตกต่างกับครั้งที่ 2, 3 และ 4 (Table 1) ซึ่งมีค่าลดลงภายหลังการทำเคมีบำบัดครั้งแรก

ค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดอัดแน่น จากการศึกษาพบว่าการวัดทั้ง 5 ครั้ง มีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยค่าเฉลี่ยของการวัดใน induction ครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2, maintenance ครั้งที่ 1 กับ induction ครั้งที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างกัน (Table 1) โดยพบว่ามีค่าลดต่ำลง

การลดลงของเม็ดเลือดขาวรวม และนิวโทรฟิลล์ โมโนไซต์ และเม็ดเลือดอัดแน่นไม่ได้ทำให้สัตว์แสดงอาการป่วย เนื่องจากค่าต่าง ๆ ยังคงอยู่ในเกณฑ์ปกติ

เมื่อพิจารณาการตอบสนองต่อการรักษา พบว่ามีข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในเวชระเบียนเพียงแค่ 12 ตัว จากทั้งหมด 31 ตัว และเมื่อแบ่งกลุ่มตามการตอบสนองต่อการรักษา (n=12) พบว่ามีแมวที่อยู่ในกลุ่มตอบสนองแบบสมบูรณ์ (Complete) จำนวน 8 ตัว (66.67%) ตอบสนองบางส่วนจำนวน 1 ตัว (8.33%) และไม่ตอบสนองจำนวน 3 ตัว (25%) และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางพยาธิวิทยาทางคลินิกในแต่ละกลุ่มการ

ตอบสนองต่อการรักษาในแต่ละครั้งของการทำเคมีบำบัดพบว่าค่าเฉลี่ยของการวัดค่าเม็ดเลือดขาวรวม และเม็ดเลือดอัดแน่นในแต่ละครั้งของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ดังแสดงใน Figure 1 และ 2 ตามลำดับ

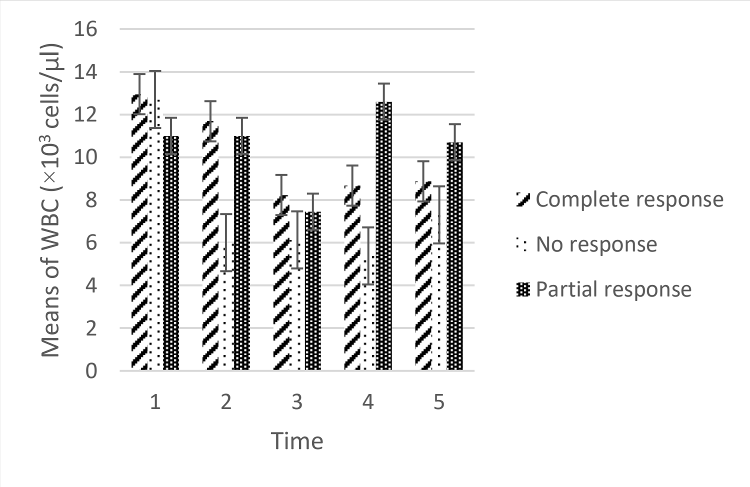


Figure 1 Means of WBC (x10^3 cells/µl) that devided by response to therapy in 1st induction (1), 2nd induction (2), 3rd induction (3), 4th induction (4) and 1st maintenance (5)

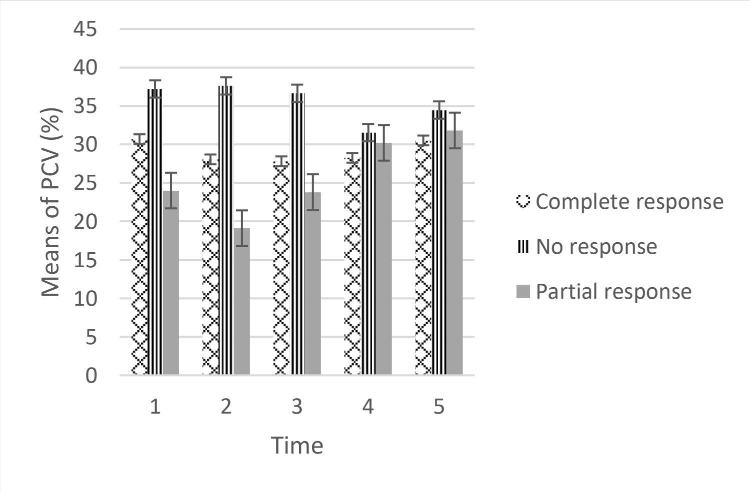


Figure 2 Means of PCV (%) that devided by response to therapy in 1st induction (1), 2nd induction (2), 3rd induction (3), 4th induction (4) and 1st maintenance (5)

สรุป

การรักษามะเร็งต่อมน้ำเหลืองในแมวโดยใช้เคมีบำบัดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าทางพยาธิวิทยาคลินิก คือ ค่าเม็ดเลือดขาวรวม, นิวโทรฟิลล์, โมโนไซต์ และค่าเม็ดเลือดอัดแน่น แต่เมื่อพิจารณาตามข้อมูลการตอบสนองต่อการรักษาพบว่าค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดขาวรวม และค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดอัดแน่นของทั้ง 3 กลุ่มในแต่ละครั้งของการทำเคมีบำบัดไม่มีความแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคลินิกโรคแมว และฝ่ายเวชระเบียน โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ช่วยสนับสนุนแหล่งข้อมูลการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

Collette, S.A., S.D. Allstadt, E.M. Chon, W. Vernau, A.N. Smith, L.D. Garrett, K. Choy, R.B. Rebhun, C.O. Rodriguez, Jr. and K.A. Skorupski. 2016. Treatment of Feline Intermediate- to High-Grade Lymphoma with a Modified University of Wisconsin-Madison Protocol: 119 Cases (2004-2012). **Vet Comp Oncol**. 14 Suppl (1):136-146.

Couto, C. G. 2001. What Is New on Feline Lymphoma? **Journal of Feline Medicine and Surgery**. 3(4): 171-176.

Ettinger, S.N. 2003. Principles of Treatment for Feline Lymphoma. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**. 18(2): 98-102.

Fabrizio, F., A.E. Calam, J.M. Dobson, S.A. Middleton, S. Murphy, S.S. Taylor, A. Schwartz and A.J. Stell. 2013. Feline Mediastinal Lymphoma: A Retrospective Study of Signalment, Retroviral Status, Response to Chemotherapy and Prognostic Indicators. **Journal of Feline Medicine and Surgery**. 16(8): 637-644.

Jr. Hardy, W. D. 1981. Hematopoietic Tumors of Cats. **Journal of the American Animal Hospital Association**. 17: 921-940.

Krick, E.L., R.H. Moore, R.B. Cohen and K.U. Sorenmo. 2011. Prognostic Significance of Weight Changes During Treatment of Feline Lymphoma. **Journal of Feline Medicine and Surgery**. 13(12): 976-983.

Mooney, S. C., and A. A. Hayes 1986. Lymphoma in the cat: an approach to diagnosis and management. **Seminars in veterinary medicine and surgery (small animal)**. 1(1): 51-57.

Lana, S. E. and J. M. Dobson. 2011. Principle of chemotherapy, pp. 60-79. *In* J. M. Dobson and B. D. X. Lascelles., ed. **BSAVA Manual of Canine and Feline Oncology**. Third edition. Replika Press Pvt. Ltd, India.

Taylor, S.S., M.R. Goodfellow, W.J. Browne, B. Walding, S. Murphy, S. Tzannes, M. Gerou-Ferriani, A. Schwartz and J.M. Dobson. 2009. Feline Extranodal Lymphoma: Response to Chemotherapy and Survival in 110 Cats. **J Small Anim Pract**. 50(11): 584-592.

Teske, E., G. Straten, R. Noort and G.R. Rutteman. 2002. Chemotherapy with Cyclophosphamide, Vincristine, and Prednisolone (Cop) in Cats with Malignant Lymphoma: New Results with an Old Protocol. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. 16(2): 179-186.

The Frequency of Dog Erythrocyte Antigen (DEA) 1 in Thai Mixed Breed Dogs

Metita Sussadee[1], Rucksak Rucksaken[1], Benjamas Khurajog[1], Phattara-orn Havanapan[2], Panut Anuracpreeda[2] and Sathaporn Jittapalapong[1,3]

ABSTRACT

Dog erythrocyte antigen (DEA) is mainly studied for transfusion purposes. Among all canine erythrocytic antigens, DEA 1 blood type is known to have the most clinical relevance. It is responsible for severe hemolysis in sensitized recipient dog if it receives the second transfusion with DEA 1-positive red blood cells. The frequency of type of the DEA 1 system is well known in other countries, however no information were available for mixed breed dogs in Thailand. In this study, 40 dogs were classified, by the immunochromatographic strip using a monoclonal anti-DEA 1 antibody, in order to identify the incidence of Thai dog blood groups. The obtained results showed the frequency of 65% of the dogs were positive for DEA 1 and 35% were negative for this blood system. The probability of sensitization of recipient dogs following first-time transfusion without blood typing (%P1) was 22.75%. High frequency of DEA 1 in Thai mixed breed dogs is indicated a potential risk of sensitization following the mismatched blood transfusion. Therefore, the best practice is to type and cross-match blood before transfusion from this dog breed.

Key words: Canine blood group, Dog erythrocyte antigen, Transfusion, Hemolysis

* Corresponding author; e-mail address: fvetspj@ku.ac.th

[1]Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[2]Institute of Molecular Biosciences, Mahidol University, Salaya campus, Nakhonpathom, 73170

[3]Department of Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok, 10900

INTRODUCTION

Dog Erythrocyte Antigen (DEA) is a standardized terminology of the canine blood groups. There are seven well-known blood groups in DEA system, DEA 1, 3, 4, 5, 6, 7, and 8 (Hohenhaus, 2004). Each blood groups compose a two-allele system with a positive and negative type. Other antigen systems have been reported in dogs, such as *Dal* blood type (Blais *et al*., 2007), Kai 1 and Kai 2 (Euler *et al*., 2016), but none of these systems have been standardized. All blood groups appear to be inherited via an autosomal dominant genetic mechanism. The DEA 1 is the most clinically important blood group in canine blood transfusion. This group initially was described with 3 subgroups and a null type which the order of dominance is DEA 1.1>1.2>1.3>DEA 1 negative. Natural occurring antibodies against DEA 1 antigen in dog's erythrocytes have never been positively identified (Valentin *et al.,* 2017). Alloantibodies will appear following the first transfusion in DEA 1-negative recipient dogs receiving DEA 1-positive red blood cells (RBC) and sensitization of the recipient which can result in a severe acute hemolytic transfusion reaction and even death if a second DEA 1 positive RBC transfusion (Giger *et al.,* 1995). However, clinical evidence of a hemolytic reaction caused by DEA 3, 5 and 7 in mismatched transfusion are rarely appear (Kessler *et al*., 2010). Therefore, blood typing to identify the presence of DEA 1 and cross-match should be performed before each transfusion in order to reduce the risk of immunological reaction in recipient dogs. To date, available methods for DEA 1 antigen typing is an immunochromatographic strip (LabTest DEA1, Alvedia, Lyon, France). This technique using murine monoclonal antibodies against DEA1 and can be used for in-clinic testing (Giger *et al*., 2005, Kessler *et al*., 2010). The strips provide reliable DEA 1 typing results, as well as the observed agglutination or binding (chromatographic) reactions vary from strongly positive to weakly positive and negative. Therefore, a dog could be classified as DEA 1-negative or DEA 1-positive with weak or strong antigen expression. However, the weak DEA 1 were previously typed as DEA 1.2, but recently it appears to be classified as DEA 1-positive (Acierno *et al.,* 2014). This suggest that all alleles within the DEA 1 system have a similar based epitope recognized by the monoclonal antibody (Acierno *et al.,* 2014). The prevalence of DEA1 blood group has been studied in many areas and specific breeds of dog such as Ibizan hounds from Ibiza Island (Spada *et al.,* 2016), mixed breed dogs in Zimbabwe (Dhliwayo *et al.,* 2016), Spanish greyhounds (Sanchez *et al*., 2014), five dog breeds of Kerala, India (Madhavan *et al*., 2014), 4 breeds dogs in Turkey (Ekiz *et al*., 2011). The most frequently studied breeds were German Shepherd, Rottweiler, Golden Retriever, Greyhound, and Deberman (Valentin *et al.,* 2017, Ekiz *et al.,* 2011, Madhavan *et al.,* 2014). Currently, information on the frequency of DEA 1 expression among mixed breeds dog in Thailand are unavailable, except for that reported in DEA1.1 in the Thai Ridge Back Dogs (Suwanna *et al*., 2008).

The aim of our study was to determine the frequency of blood type, DEA 1, in Thai mixed breed dogs and estimate the risk of administering transfusions of untyped blood which provide criteria to help selection of potential donors.

MATERIALS AND METHODS

1. Animal selection

Venous blood samples from 40 Thai mixed breed dogs were collected in Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) anti-coagulant. The mean age of all dogs was 5.23 ± 3.80 years (mean ± SD) and ranged from 1-11 years. These dogs were belong to the Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. The blood samples were collected by veterinarians and animal ethical protocol was approved by the Animal Usage and Ethics Committee, Kasetsart University, Thailand (ID no. ACKU59-VTN-007). All samples were examined during routine annual blood check (CBC, creatinine, ALT and blood parasite).

2. Red blood cell typing

DEA1 blood type was identified using a commercial in-clinic typing tests, LabTest DEA1, Alvedia (Lyon, France). This test was performed by a monoclonal antibody, in immunochromatographic strips. Following the manufacturer’s guidelines, three drops of the strip buffer were mixed with 10 μl of whole blood in the clean test tube. Then, the membrane strips were inserted into the well to allow the migration of mixed red blood cell and waited for the complete migration until the control line (C) (Figure 1) become visible. The DEA1-positive was classified when a line in front of the DEA1 (test line) was obtained. The absence of red line in the test line was classified as DEA1-negative.

3. Frequency, sensitization and transfusion reaction risks analysis

The frequency of DEA1 expression was calculated as a percentage by Microsoft Excel 2013. The probability of a sensitized dog from the first-time transfusion without typing or cross-matching (%P1) and the probability of the same dog to develop the acute hemolytic reaction with the second incompatible transfusion using untyped blood from any other dog (%P2) were calculated using the following formula (Ferreira *et al.*, 2011):

$$\%\mathrm{P1} = \frac{\%\mathrm{DEA1negative} \times \%\mathrm{DEA1positive}}{100}$$

$$\%\mathrm{P2} = \frac{\%\mathrm{DEA1negative} \times \%\mathrm{DEA1positive} \times \%\mathrm{P1}}{10{,}000}$$

RESULTS AND DISCUSSION

For blood transfusion, the determination of DEA 1 antigen is strongly recommended before any blood transfusion to avoid a potent alloantibody response led to acute hemolytic reaction. Several standardized blood typing techniques in dogs using monoclonal anti-DEA 1 antibodies have been established to identify the DEA 1 antigen expressing on the RBC surface. These include a gel matrix column assay and an immunochromatographic cartridge (Seth *et al.,* 2012). The gel-base method was found to be 100% accurate but developed for used by trained personnel in a laboratory and currently not commercially available. The immunochromatographic cartridge method, a new available, is 93% accuracy with 100% specificity (Seth *et al.,* 2012) and 98.8% agreement with the gel column typing method (Blois *et al*., 2013). Some dogs might express the low level of DEA 1 antigen (called weak DEA 1) when typed by immunochromatographic strip, which previously typed as DEA 1.2 (Acierno *et al.,* 2014). However, DEA 1.2-positive dogs are rare and newer typing methods reveal varying degrees of DEA1-positivity (Acierno *et al.,* 2014). In this study, blood typing of these samples was recognized as DEA1-positive with different intensities of the test line. DEA-negative was interpreted without the test line appeared. (Figure 1).

Figure 1 DEA1 expression tested by immunochromatographic strip. Positive result (DEA1-positive) with different intensities on the test line (a) and (b). Negative result (DEA1-negative) (c).

Of 40 Thai mixed breed dogs, 26 (65%) were DEA1-positive and 14 (35%) were DEA 1-negative (Table 1). For DEA 1-positive dogs, 9 dogs were strongly positive and 17 dogs were weakly to moderately DEA 1-positive. The re-classified DEA 1-positive samples as above may be clinically useful to select blood donor and avoid the effect of blood incompatibility (Acierno *et al.,* 2014). The frequency for DEA1-positive dog investigated in this study was close to the study in mixed breed dogs (64.7%), Labrador Retriever (65.3%), and English Cocker Spaniel (65.2%) in Italy (Valentin *et al.*, 2017). There have been the study that showed the higher results for DEA1-positive dogs as in mixed breed dogs from Zimbabwe (78%) and Japan (82%) (Dhliwayo *et al.,* 2016 and Ejima *et al.,*

1982). Nevertheless, some breeds were investigated with a lower frequency of DEA1-positive dogs such as German Shepherd (18.9%), American Staffordshire Terrier (46.9%), Boxer (17%) and Border Collie (46.8) (Valentin *et al.,* 2017).

Table 1 Frequency of DEA 1 canine blood group in Thai mixed breed dogs, probability of sensitization of a DEA1-negative dog after the first-transfusion of untyped blood (%P1) and probability of an acute hemolytic reaction during the second transfusion with blood from the same breed (%P2).

Dog	DEA 1-positive	DEA 1-negative	Total	%P1	%P2
Number	26	14	40		
Frequency (%)	65	35	100	22.75	5.18

Transfusion reactions from the first transfusion are usually rare occurred in dogs, unless they have been previously sensitized by an incompatible transfusion. The probability of a DEA1-negative dog receiving DEA1-positive blood at the first time of transfusion might be the potential risk of sensitization (an antibody reaction). This calculated probability of this study was 22.75%, close to the previously reported (24.5%) of dogs from Portugal (Ferreira *et al*., 2011). However, this result was higher than the Rottweiler breed (9.4%) investigated in Italy (Valentin *et al*., 2017). The results of sensitized risk are related to the frequency of DEA1-positives in many breeds. Regarding the risk for the acute hemolytic reaction after the DEA1-negative dog repeatedly receiving DEA1-positive blood in the second transfusion, the Thai mixed breed dogs showed 5.18% that was close to the report of mixed breed dogs from Portugal (5.6%). However, this was somewhat higher than the Golden Retriever (1%) and Cocker Spaniel (4.6%) (Ferreira *et al.,* 2011).

CONCLUSION

This study is the first to show the frequency of blood type DEA1 in Thai mixed breed. The frequency of DEA 1 expression in Thai mixed breed dogs was high. There is a potential risk of sensitization following the mismatched blood transfusion. Despite the low probability of hemolysis after a second incompatibility transfusion, the risk exists and should not be ignored. Hence, the best practice is to type and cross-match blood before transfusion especially using the blood from this dog breed.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by KURDI (อช1.58) and facilitated by KU dog shelter project and Faculty of Veterinary Technology. We also acknowledge the private shelter to provide some donors in this study.

REFERENCES

Acierno, M., K. Ray and U. Giger. 2014. DEA1 expression on dog erythrocytes analyzed by immunochromatographic and flow cytometric techniques. **Journal of Veterinary Medicine**. 28: 592-598.

Blais, M.C., L. Berman, D.A. Oakley and U. Giger. 2007. Canine *Dal* blood type: a red cell antigen lacking in some Dalmatians. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. 21: 281-286.

Blois, S.L., D.M. Richardson and A.C.G Abrams-Ogg. 2013. Comparison of a gel column blood typing method and a point-of-care cartridge for dog erythrocyte antigen 1.1. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**. 23(3): 340-343.

Dhliwayo, S., T.A. Makonese, B. Whittall, S.M. Chikerema, D.M. Pfukenyi and M.T. Tivapasi. 2016. A study on the prevalence of dog erythrocyte antigen 1.1 and detection of canine Babesia by polymerase chain reaction from apparently healthy dogs in a selected rural community in Zimbabwe. **Journal of the South African Veterinary Association**. 87(1), a1409. http://dx.dot.org/10.4102/jsava.v87i.1409.

Ejima, H., K. Kurokawa and S. Ikemoto. 1982. DEA1 blood group system of dogs reared in Japan. **The Japanese Journal of Veterinary Science**. 44: 815-817.

Ekiz, E.E., M. Arslan, M. Ozcan, B.I. Gultekin, O.Y.Gulay, T. Kirmizibayrak and U. Giger. 2011. Frequency of dog erythrocyte antigen 1.1 in 4 breeds native to different areas in Turkey. **Veterinary Clinical Pathology**. 40: 518-523.

Euler, C.C., J.H. Lee, H.Y. Kim, K. Raj, K. Mizukami and U. Giger. 2016. Survey of two new (Kai 1 and Kai 2) and other blood groups in dogs of North America. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. 30: 1642-1647.

Ferreira, R.F.F., R.R. Gopegui and A.J.F. Matos. 2011. Frequency of dog erythrocyte antigen 1.1 expression in dogs from Portugal. **Veterinary Clinical Pathology**. 40: 198-201.

Giger, U., C.J. Gelens, M.B. Callan and D.A. Oakley. 1995. An acute hemolytic transfusion reaction caused by dog erythrocyte antigen 1.1 incompatibility in a previously sensitized dog. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. 206: 1358-1362.

Giger, U., K. Stierger and H. Polos. 2005. Comparison of various canine blood typing methods. **American Journal of Veterinary Research**. 66: 1386-1392.

Hohenhaus, A.E. 2004. Importance of blood groups and blood group antibodies in companion animals. **Transfusion Medicine Reviews.** 18: 117-126.

Kessler, R.J., J. Reese, D. Chang, M. Seth, A.S. Hale and U. Giger. 2010. Dog erythrocyte antigens 1.1, 1.2, 3, 4, 7, and Dal blood typing and cross-matching by gel column technique. **Veterinary Clinical Pathology**. 39: 306-316.

Madhavan, U.N., M.K. Mathew and U.N. Pillai. 2014. Studies on the occurrence of dog erythrocyte antigen 1.1 in dog breeds of Kerala, India. **Malaysian Journal of Veterinary Research.** 5: 11-13.

Sanchez, I.M., R.R.G. Fernandez, M.M.G. Machuca and A.G. Rodriguez. 2014. Prevalence of dog erythrocyte antigen 1.1 in galgos (Spanish greyhounds). **Veterinary Record.** Published online February 26, 2014. Doi: 10.1136/vr.102087.

Seth, M., K.V. Jackson, S. Winzelberg, and U. Giger. 2012. Comparison of gel column, card, and cartridge techniques for dog erythrocyte antigen 1.1 blood typing. **American Journal of Veterinary Research**. 73(2): 213-219.

Spada, E., D. Proverbio, L.M.V. Florz, B.S.G. Serna, M.R.P. Chamizo, L. Baggiani and R. Perego. 2016. Prevalence of dog erythrocyte antigens 1, 4, and 7 in Podenco Ibicenco (Ibizan Hounds) from Ibiza Island. **Veterinary Medicine International.** Volume 2016. 1-5.

Suwanna, N., J. Noosud, U. Boonyaprakob, A. Choothesa, T. Sirinarumitr and K. Sirinarumitr. 2008. Prevalence of DEA 1.1 canine blood group system in Thai Ridge Back Dog. **Kasetsart Veterinarians**. 18(2). 63-68.

Valentin, A.A.M., A. Gavazza and G. Lubas. 2017. Prevalence of dog erythrocyte antigen 1 in 7,414 dogs in Italy. **Veterinary Medicine International.** Volume 2017. 1-10.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์

Subject: Veterinary Medicine

ภาคโปสเตอร์

Poster Presentation

การศึกษาเภสัชกรรมสมมูลของยาปฏิชีวนะในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา

Determination of pharmaceutical equivalence of antibiotics in cage culture of Tilapia with microbiological assay

อักษร แสงเทียนชัย[1*] วิน สุรเชษฐพงษ์[2] อุสุมา เจิมนาค และ นภสร เผ่าชูศักดิ์[1]

Aksorn Saengtienchai[1*], Win Surachetpong[2],Usuma Jermnak[1] and Napasorn Phaochoosak[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาเภสัชกรรมสมมูลของผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะที่นำมาใช้กับปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง 4 ผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะมาตรฐาน โดยวิธีทางจุลชีววิทยาร่วมกับการคำนวณทางสถิติ (parallel-line assay) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสมการเส้นตรง ได้แก่ y-intercept และ slope นำมาวิเคราะห์เทียบได้กับความเข้มข้นของยา และความแรงสัมพัทธ์ (relative potency) ของยาปฏิชีวนะที่ทดสอบต่อยาปฏิชีวนะมาตรฐาน พบว่ายาปฏิชีวนะเอนโรฟลอกซาซิน 1 ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแรงสัมพัทธ์ เทียบเคียงกับยาปฏิชีวนะมาตรฐานโดยมีค่า y-intercept และ slope ที่ใกล้เคียงกัน (p < 0.001) และผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะอีก 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เอนโรฟลอกซาซิน (1 ผลิตภัณฑ์) และอะม็อกซีซิลลิน (2 ผลิตภัณฑ์) พบว่ามีค่าความแรงสัมพัทธ์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยาปฏิชีวนะมาตรฐาน

ABSTRACT

The study on pharmaceutical equivalence of 4 antibiotic products for cage culture of Tilapia were demonstrated and compared with standard antibiotics by microbiological assay and parallel-line assay. The assay was based on the two parameters as y-intercept (concentration) and slope (potency). One product of enrofloxacin presented the linear regression which was similar biologic activity as relative potency with enrofloxacin standard ($p < 0.001$). However, other three products as enrofloxacin (1 product) and amoxicillin (2 products) were higher biologic activity (potency) and concentration (y-intercept) than their standards.

Key Words :Nile tilapia, bacteria, antibiotics, potency

* Corresponding author; e-mail address: fvetasc@ku.ac.th

[1]ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาจุลวิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]Department of Veterinary Microbiology and Immunology Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

การเลี้ยงปลานิลในกระชังมีการนำสารเคมีมาใช้หลากหลายชนิด จากการสำรวจของพิมพกานต์และคณะ (2550) พบว่า 62% ของเกษตรกรมีการใช้ยาปฏิชีวนะ และมากกว่า 50% ของฟาร์มที่ทำการสำรวจพบว่ามีการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างน้อย 2 ชนิดในฟาร์ม ยาปฏิชีวนะที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ ออกซิเตตราไซคลีน เอนโรฟลอกซาซิน และ ซัลฟาไดเมธอกซีน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังนิยมใช้สารเคมี เช่น วิตามินซี วิตามินรวม และด่างทับทิม ถึงแม้จะมียาปฏิชีวนะที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเพื่อใช้รักษาโรคสัตว์น้ำได้อย่างถูกต้องตามประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2555 ได้แก่ อะม็อกซีซิลลิน เอนโรฟลอกซาซิน และออกซิเตตราไซคลีน เป็นต้น แต่พบว่ามีแนวโน้มรายงานการศึกษาการดื้อยาปฏิชีวนะ และยาปฏิชีวนะตกค้างในปลานิลมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการนำยาปฏิชีวนะมาใช้เกินความจำเป็น และอาจใช้ในปริมาณมาก และมีการใช้ยาร่วมกันหลายชนิด (Nhung et al., 2016)

ปัจจุบันวิธีการให้ยาปฏิชีวนะผสมอาหารเป็นหนึ่งในทางเลือกที่เกษตรกรนิยมใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียในปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง ข้อจำกัดหลายประการที่อาจส่งผลให้การใช้ยาปฏิชีวนะนั้นออกฤทธิ์ไม่เต็มที่ เช่นปัจจัยทางกายภาพ การสูญเสียของยาไปกับกระแสน้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง ความกระด้างของน้ำ และ-รวมทั้งปัจจัยทางเคมีของยาปฏิชีวนะชนิดนั้นๆ เช่น ความสามารถในการละลายและการแตกตัว อุณหภูมิทำให้ไม่สามารถระบุปริมาณยาที่ปลานิลได้รับอย่างแน่นอนได้ ดังนั้นการศึกษาเภสัชกรรมสมมูล (pharmaceutical equivalence study) ซึ่งเป็นการศึกษาในหลอดทดลอง (*in vitro*) เพื่อหาความแรง (strength) คุณภาพ (quality) ความบริสุทธิ์ (purity) และความเหมือน (identity) ของตัวยาสำคัญ (active pharmaceutical ingredient) ระหว่างยาสามัญกับยาต้นแบบ หรือยามาตรฐาน สามารถนำมาใช้อธิบายประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะในทางเภสัชกรรมได้ (ปาจรีย์ 2556; สุพีชา 2557) โดยวิเคราะห์จากการประยุกต์วิธีทางจุลชีววิทยาร่วมกับการคำนวณทางสถิติโดยใช้ยาปฏิชีวนะมาตรฐานเป็นกลุ่มควบคุม ทำการทดสอบโดยใช้เชื้อแบคทีเรียมาตรฐานที่จำเพาะต่อยาปฏิชีวนะที่ความเข้มข้นต่างๆ บนอาหารเลี้ยงเชื้อจากนั้นนำข้อมูลความเข้มข้นของยา และค่าเฉลี่ยของบริเวณที่ไม่มีเชื้อขึ้น (inhibition zone) มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาในแต่ละกลุ่มต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างยาปฏิชีวนะ

ทำการเก็บตัวอย่างยาปฏิชีวนะที่เกษตรกรใช้กับปลานิลที่เลี้ยงในกระชังจากฟาร์มในจังหวัดอ่างทองและสมุทรปราการ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ชนิดละ 2 ผลิตภัณฑ์ต่อยาปฏิชีวนะ บันทึกข้อมูลชนิดยาปฏิชีวนะ สถานที่เก็บตัวอย่าง และสอบถามความถี่ในการใช้ยาปฏิชีวนะนั้นๆ จากเกษตรกร (Table 1) จากนั้นตัวอย่างถูกนำมาเก็บที่ห้องปฏิบัติการตามอุณหภูมิตามที่ฉลากยาระบุ (อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส) จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ต่อไป

การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างยาปฏิชีวนะเมื่อแยกตามชนิดของยาปฏิชีวนะแล้วจึงทำการตรวจวิเคราะห์ทางเภสัชกรรมสมมูล โดยดัดแปลงวิธี microbiological assay จาก Zuluaga et al (2009) ทำการเตรียมสารละลายและอาหารเลี้ยงเชื้อตามอ้างอิงวิธีจาก National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLs) (CLSI, 2012) เชื้อแบคทีเรียมาตรฐานที่นำมาทดสอบได้แก่ *Micrococcus luteus* ATCC 9341 และ *Escherichia coli* ATCC 25922 ซึ่งเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้มีความไวต่อยาปฏิชีวนะอะม๊อกซีซิลิน และ เอนโรฟลอกซาซิน ตามลำดับ (de C'assia Bergamaschi et al., 2006; Elsheikh et al., 2002)

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มตัวอย่างยาปฏิชีวนะเป็นกลุ่มทดสอบ และกลุ่มยาปฏิชีวนะมาตรฐานเป็นกลุ่มควบคุม ทำการทดลองในจานเพาะเชื้อโดยใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hilton agar ที่เตรียมไว้ด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ โดยผสมกับเชื้อแบคทีเรียที่ทำการทดสอบ จากนั้นทำการเจาะหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อใส่ตัวอย่างยาปฏิชีวนะความเข้มข้นต่างๆ ลงไป ได้แก่ ยาปฏิชีวนะอะม๊อกซีซิลินความเข้มข้น 0.062, 0.1, 0.125, 0.25, 0.5 และ 1 µg/mL และ ยาปฏิชีวนะเอนโรฟลอกซาซินความเข้มข้น 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 และ 16 µg/mL ตามลำดับ ซึ่งในจานเพาะเชื้อตัวอย่างประกอบด้วยยาปฏิชีวนะมาตรฐานหนึ่งหลุมและตัวอย่างยาปฏิชีวนะที่ความเข้มข้นต่างๆ อีกสามหลุม ทำการทดลองยาปฏิชีวนะตัวอย่างละหกจานเพาะเชื้อ ภายหลังบ่มเพาะเชื้อตามอุณหภูมิ และเวลาที่จำเพาะต่อเชื้อที่นำมาทดสอบแล้ว ทำการวัดขนาด inhibition zone (มิลลิเมตร) ที่ยาปฏิชีวนะสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ทำการทดสอบ แล้วจึงนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสถิติ Graphpad Prism 7.03 วิธี parallel-line assay โดยแปลงค่าความเข้มข้นของยาปฏิชีวนะในรูปแบบ logarithm (x-axis, $\log_{10}$ µg/mL) เทียบกับขนาดของ inhibition zone (y-axis) จากนั้นนำค่า y-intercept (b) และ slope (m) ที่ได้จากสมการ $y = b + mx$ ของแต่ละผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (standard) ที่ความเชื่อมั่น 95% (confidence intervals: CI) และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ (*p* - value) < 0.001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (coefficients of determination: r^2) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.991 นอกจากนี้ความแรงสัมพัทธ์ (relative potency) ของยาปฏิชีวนะของผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดคำนวณจาก anti-log ของ x-intercept เมื่อ y = 0 (United States Pharmacopeia 2002)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสมการเชิงเส้น

จากการวิเคราะห์ยาปฏิชีวนะมาตรฐานและผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะที่ใช้ทดสอบทั้ง เอนโรฟลอกซาซิน (ENR) และ อะม๊อกซีซิลิน (AMX) ด้วยวิธีทางจุลชีววิทยาและวิเคราะห์ผลจาก parallel-line assay พบว่ายาปฏิชีวนะมาตรฐานเอนโรฟลอซาซิน และผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะเอนโรฟลอซาซิน ที่นำมาทดสอบ (ENR 1 และ ENR 2) มีค่า r^2 = 0.9983, 0.9970 และ 0.9960 ตามลำดับ และยาปฏิชีวนะมาตรฐานอะม๊อกซีซิลิน และผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะ อะม๊อกซีซิลิน ที่นำมาทดสอบ (AMX 2) มีค่า r^2 = 0.9968 และ 0.9942 ยกเว้นผลิตภัณฑ์ AMX 1 ที่พบว่ามีค่า r^2 = 0.981 อย่างไรก็ตามค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นพบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติทั้งจาก intercept และ slope ของสมการเส้นตรง ($p < 0.001$) (Table 2, Figure 1) และเมื่อทำการเปรียบเทียบ relative potency ของผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะที่นำมาทดสอบกับยาปฏิชีวนะมาตรฐานพบว่า ENR 2 มีความแรงสัมพัทธ์ (slope) และความเข้มข้นของยา (y-intercept) ที่ใกล้เคียงกับตัวยาสำคัญ (active pharmaceutical ingredient)

คือยาปฏิชีวนะมาตรฐานเอนโรฟลอกซาซิน จึงอาจเป็นไปได้ว่ายา ENR 2 ที่นำมาทดสอบด้วยวิธีทางจุลชีววิทยานี้มีตัวยาสำคัญที่มีประสิทธิภาพเทียบเคียงยาปฏิชีวนะมาตรฐานที่สนใจศึกษาโดยไม่คำนึงถึงปริมาณและชนิดของสารอื่นที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ (Zuluaga et al. 2009; Roy 2002) ส่วนยา ENR 1, AMX 1 และ AMX 2 นั้นพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสมการเส้นตรงนั้นแตกต่างจากยาปฏิชีวนะมาตรฐาน โดยยาทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์นี้มีความแรงสัมพัทธ์ (slope) และความเข้มข้นของยา (y-intercept) ที่เหนือกว่ายาปฏิชีวนะมาตรฐานทั้งเอนโรฟลอกซาซิน และอะม๊อกซีซิลิน โดยพบว่ายา AMX 1 และ AMX 2 นั้นมีความแรงสัมพัทธ์ (slope) และความเข้มข้นของยา (y-intercept) ที่ใกล้เคียงกัน มีความเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะที่นำมาทดสอบนี้อาจมีตัวยาสำคัญที่ต่างไปจากยาปฏิชีวนะมาตรฐานที่สนใจศึกษา หรือมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของยาตามฉลากระบุนั้นไม่ตรงกับปริมาณตัวยาสำคัญที่ต้องการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ยา ENR 1, AMX 1 และ AMX 2 นี้มีพบว่ามีความไว และความจำเพาะต่อเชื้อแบคทีเรียมาตรฐานที่นำมาทดสอบ ซึ่งผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ที่นำมาทดสอบนั้นพบว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ โดยส่วนใหญ่เป็นลักษณะผงซึ่งเกษตรกรนิยมใช้อย่างมากในการนำมาคลุกผสมอาหารให้ปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง (Table 1) ซึ่งอาจส่งผลต่อการได้รับยาปฏิชีวนะในปลานิลได้ ถ้าเกษตรกรไม่คำนึงถึงการคำนวณยาก่อนผสมอาหาร และข้อมูลจากผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลให้นายสัตวแพทย์ ผู้เกี่ยวข้อง และเกษตรกรในการระมัดระวังในการใช้ยาปฏิชีวนะและเชื้อดื้อยาต่อไป อย่างไรก็ดีวิธีการทดสอบทางจุลชีววิทยาวิเคราะห์ความเท่าเทียมกันของยาทางเภสัชกรรมในหลอดทดลองจึงยังคงเป็นหนึ่งในการวิเคราะห์ที่ยังสามารถช่วยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะที่เกษตรกรนำมาใช้กับปลานิลที่เลี้ยงในกระชังได้ โดยเป็นการประเมินประสิทธิภาพของ growth-inhibiting ของยาปฏิชีวนะที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบระหว่างยาสามัญและยามาตรฐาน (Zuluaga et al., 2009; Mark 2003)

Table 1 Source of antibiotics in this study

Antibiotic	Code	Drug form	Popularity	Sampling area
Enrofloxacin	ENR 1	solid	5	Ang-Thong
Enrofloxacin	ENR 2	liquid	5	Samut-Prakarn
Amoxicillin	AMX 1	solid	5	Ang-Thong
Amoxicillin	AMX 2	solid	5	Samut-Prakarn

Popularity range was 5 (usually) 4 (generally), 3 (often), 2 (sometime) and 1 (seldom).

Table 2 Parameters derived from linear regression with statistical comparison of standard and commercial antibiotics

Code	r^2	Intercept (95% CI)	Slope (95% CI)	*p*-value	Relative potency (%)
ENR_STD	0.9983	15.77	9.98	<0.0001	100.00
ENR 1	0.9970	24.72	5.74	<0.0001	>100
ENR 2	0.9960	15.53	9.58	<0.0001	93.59 ± 8.72
AMX_STD	0.9968	28.2	13.14	<0.0001	100
AMX 1	0.9810	33.31	8.77	0.0011	>100
AMX 2	0.9942	35.23	8.73	0.0002	>100

ENR_STD, ENR 1 and ENR 2: enrofloxacin standard and samples 1 and 2, respectively.

AMX_STD, AMX 1 and AMX 2: amoxicillin standard and sample 1 and 2, respectively.

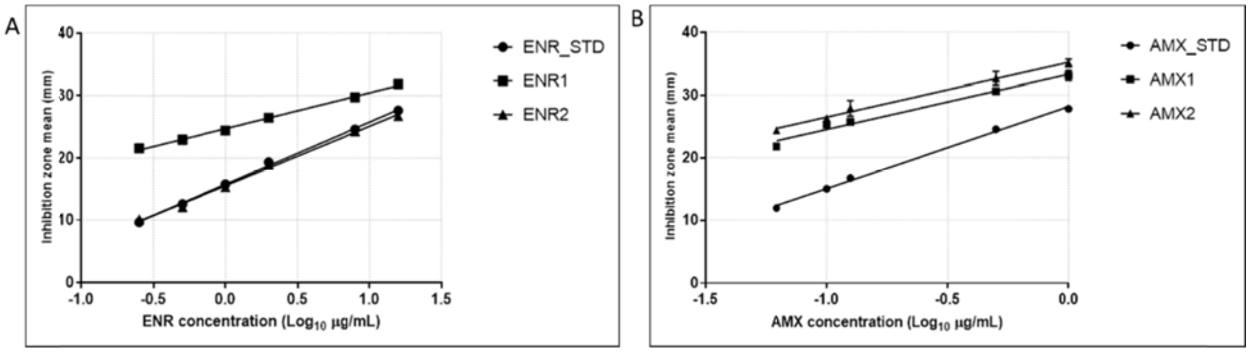


Figure 1 Linear regression of the commercial and standard antibiotics. Data of concentration-effect relationship (mean ± standard deviation) of enrofloxacin (ENR) 1 (square) and ENR 2 (triangle) compared with the regression of enrofloxacin standard (A) and the concentration-effect relationship (mean ± standard deviation) of amoxicillin (AMX) 1 (square) and AMX 2 (triangle) compared with the regression of enrofloxacin standard (B).

สรุป

ผลิตภัณฑ์ยาปฏิชีวนะที่นำมาศึกษาเภสัชกรรมสมมูลในหลอดทดลองด้วยวิธีทางจุลชีววิทยาทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ นี้พบว่ามีเพียงยา 1 ผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อเชื้อแบคทีเรียมาตรฐานและมีค่าความแรงสัมพัทธ์ที่เทียบเคียงกับยาปฏิชีวนะมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในกระชังที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างและให้ข้อมูลประกอบวิจัย และขอขอบคุณคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

ปาจรีย์ ลิลิตการตกุล. 2003. **ชีวสมมูล (bioequivalence) 1**. NewsLetter. Department of Pharmacology The faculty of Medicine Chulalongkorn University. 2: 1–3.

พิมพกานต์ เลอเบล. 2550. **การจัดการอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำปิงตอนบนเพื่อให้เกิดโอกาสความมั่นคงทางสังคมและลดความเสี่ยงทางระบบนิเวศอย่างยั่งยืน**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุพีชา วิทยเลิศปัญญา. 2002. การศึกษาชีวสมมูลของยา (Bioequivalence study). **Thai J Pharmacology** 24: 97–100.

CLSI. 2012. Performance Standards for Antimicrobial susceptibility Testing; Twenty-Second Informational Supplement (M100–S22). **Clinical and Laboratory Standards Institute**, Wayne, PA, USA.

de Cassia Bergamaschi, C., Motta, R.H.L., Franco, G.C.N., Cogo, K., Montan, M.F., Ambrosano, G.M.B., Rosalen, P.L., de Sa Del Fiol, F., Groppo, F.C. 2006. Effect of sodium diclofenac on the bioavailability of amoxicillin. **Int J Antimicrob Agents**. 27: 417– 422.

Elsheikh, H.A., Taha, A.A.W., Khalafallah, A.I., Osmam, I.A.M. 2002. Disposition kinetics of enrofloxacin (Baytril 5%) in sheep and goats following intravenous and intramuscular injection using a microbiological assay. **Vet Science**. 73: 125–129.

Mark, H. 2003. Application of an improved procedure for testing the linearity of analytical methods to pharmaceutical analysis. **J Pharm Biomed Anal** 33: 7–20.

Nhung, N. T., Cuong, N. V., Thwaites, G., Carrique-Mas, J. 2016. Antimicrobial Usage and Antimicrobial Resistance in Animal Production in Southeast Asia: A Review. **Antibiotic** 5: 1–24.

Roy, J. 2002. Pharmaceutical impurities-a mini-review. **AAPS Pharm Sci Tech** 3: 1–8.

United States Pharmacopeia Convention: United States Pharmacopeia. Rockville, MD.: **United States Pharmacopeia Convention**; 2002: 1083–1084.

Zuluaga, A. F., Agudelo, M., Rodriguez, C. A., Vesga, O. 2009. Application of microbiological assay to determine pharmaceutical equivalence of generic intravenous antibiotics. **BMC Clin Pharmacol** 9: 1–1

การประเมินผลวิธี Agar Gel Immunodiffusion (AGID) สำหรับการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสในแพะ
Evaluation of Agar Gel Immunodiffusion (AGID) for the Diagnosis of Brucellosis in Goat

สมพงษ์ บันลือพงศ์พันธุ์[1*] พิพัฒน์ อรุณวิภาส [1] อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์[1] ธีระ รักความสุข[1]
สมชัย สัจจาพิทักษ์[1] สุขสันต์ ฉ่ำสิงห์ [1] วิทย์ เลิศแสง [1] และ สิริลักษณ์ จาละ[1]
Sompong Bunleupongphan[1*], Pipat Arunvipas[1] , Anuchai Pinyopummin[1], Theera Rukkwamsuk[1]
, Somchai Sajapitak [1], Suksan chumsing [1], Wit Lertsaeng [1] and Siriluk Jala [1]

บทคัดย่อ

การประเมินผลวิธี Agar gel immunodiffusion(AGID) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการตรวจชันสูตรโรคบรูเซลโลซิส(Brucellosis) ในแพะ โดยใช้เชื้อ *Brucella melitensis* ทำแอนติเจนแบบละลายในน้ำ โดยแอนติเจนและซีรัมจะแพร่ผ่านเนื้อวุ้นเข้าทำปฏิกิริยากัน หากมี antiserum ที่เฉพาะของโรคนี้ จะเกิดตะกอนเป็นเส้นสีขาว precipitin line ขึ้นใน 1-3 วัน เมื่อนำมาทดสอบกับซีรัมแพะจำนวนรวม 125 ตัวอย่าง โดยมีวิธี indirect enzyme-linked immunosorbent assay (iELISA) และ complement fixation test (CFT) เป็นมาตรฐานในการอ้างอิง มีผลความไวและความจำเพาะ 80 % และ 100 % ตามลำดับ จากผลที่ได้แสดงว่า เป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้สนับสนุน ช่วยในการยืนยันผลการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสจากวิธีเดิมที่ใช้อยู่ได้.

ABSTRACT

The Agar gel immunodiffusion(AGID) using *Brucella melitensis* as antigen for the diagnosis of brucellosis in goat was evaluated. The water soluble antigen type was prepared for this method. It diffuses through gel to converge with serum.The manifestation of precipitin line (white band) would be occurrd in 1-3 days for specific antibody of the disease. The samples (n= 125) of goat sera were tested. Indirect enzyme-linked immunosorbent assay (iELISA) and complement fixation test (CFT) were used as the standard method to comparison. The sensitivity and specificity were 80 % and 100 % ,respectively. The result was indicated that the AGID could be used as a supporting method in the diagnosis,by helping to confirm the results of other tests used in laboratory.

Key words : brucellosis, Agar gel immunodiffusion, AGID ,*Brucella melitensis* ,goat

[*] Corresponding author ; e-mail address : **fvetsob@ku.ac.th**

[1] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Faculty of Veterinary Medicine,Kasetsart University,Kamphaeng Saen Campus,Nakhon Pathom, 7314

คำนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเป็นจำนวนมากทั่วทุกภูมิภาค แต่มักประสบปัญหากับการระบาดของโรคบรูเซลโลซิส (Brucellosis) ที่เกิดจากเชื้อ *Brucella melitensis* ซึ่งการตรวจวินิจฉัยโรคบรูเซลโลซิส ที่ใช้อยู่ได้แก่วิธี Rose Bengal test (RBT) , Indirect enzyme-linked immunosorbent assay (iELISA) และ complement fixation test (CFT) วิธี RBT และ iELISA เป็นวิธีที่มีความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) สูง เหมาะสำหรับใช้ในการตรวจคัดกรองโรค ส่วนวิธี CFT ซึ่งมีความจำเพาะสูง ใช้สำหรับตรวจเพื่อยืนยันผล (มนยา และคณะ ,2553) โดย World Organisation for Animal Health (OIE) ได้กำหนดให้ CFT เป็นวิธีการตรวจโรคบรูเซลโลซิสในการค้าระหว่างประเทศ (Gwida et al., 2011) การตรวจวินิจฉัยโรคบรูเซลโลซิสด้วยวิธี iELISA และ CFT จึงเป็นวิธีที่มาตรฐานที่สุดที่ได้รับการยอมรับเช่น ของสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพ ฯ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ ได้นำวิธี Agar gel immunodiffusion (AGID) ที่เป็นอีกวิธีหนึ่งในการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสมาใช้ทดสอบในซีรัมแพะ โดยพบว่าสารที่กรองได้จากแบคทีเรียหรือแบคทีเรียที่ถูกบดสามารถตกตะกอนโดยแอนติซีรัมต่อแบคทีเรียนั้น สามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยเชื้อโรคอื่น ๆ ได้ โดยทั้งแอนติบอดี (antibody)และแอนติเจน (antigen) สามารถผ่านวุ้น (gel) ได้ มีการพัฒนาวิธี immunodiffusion (ID) โดย Orjan Ouchterlony จากสวีเดน Stephen Elek จากสหรัฐอเมริกา และ Jaquew Oudin จากฝรั่งเศส เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและเป็นที่นิยมใช้กันจนถึงปัจจุบัน (ไพศาล ,2548) AGID ใช้หลักการของการแพร่ (diffusion) ของแอนติเจนและแอนติบอดีในวุ้นซึ่งเป็นสารกึ่งของเหลว (semisolid media) โดยใช้ *Brucella melitensis* ทำเป็นแอนติเจนที่ละลายในน้ำ (water soluble antigen) เพื่อให้สามารถแพร่ผ่าน (diffuse) ในเนื้อวุ้นได้ เมื่อทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีในซีรัม จะเกิดตะกอนสีขาวเป็นเส้น precipitin line ขึ้นในตัวอย่างที่เป็นโรค โดยที่แอนติบอดีสามารถทำปฏิกิริยากับแอนติเจนที่จำเพาะและแสดงลักษณะ (manifestation) ของปฏิกิริยารูปต่าง ๆ เช่น ปฏิกิริยาการตกตะกอน (precipitation) ให้ชื่อ antibody ว่า precipitin ปฏิกิริยาการจับกลุ่ม (agglutination) ให้ชื่อ antibody ว่า agglutinin (ประพันธ์ และคณะ, 2527) ซึ่ง serum precipitins ของ Brucella บ่งบอกการเป็นโรคได้ดีกว่า serum agglutinins (McMahon et al., 1980) ปฏิกิริยาการตกตะกอนนี้ IgG เป็น Ig ที่สามารถทำให้เกิดการตกตะกอนได้ดีที่สุด ลำดับต่อมาเป็น IgM (โสมทัต , 2538) จึงเห็นได้ว่าประโยชน์ของวิธี ID คือ ทำง่าย อ่านผลง่าย ใช้อุปกรณ์น้อย มีความจำเพาะสูง แต่มีข้อเสียคือ มีความไวต่ำ (เบญจะ , 2525) จากการศึกษาของโดย Corbel สรุปว่าวิธี ID อาจมีประโยชน์สำหรับในซีรัมที่ให้ผลการชันสูตรโรคที่ก้ำกวมในการทดสอบตามวิธีมาตรฐาน (McMahon et al ., 1980)

AGID ยังเป็นวิธีหนึ่งในการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสในสุนัข ที่เกิดจากเชื้อ *Brucella canis* โดยใช้แอนติเจน ที่มาจากส่วนผนังเซลล์ หรือจากส่วนโปรตีนในไซโทพลาสซึม (cytoplasmic protein) (ภัทรรัฐ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ วิธี radial immunodiffusion (RID) test ที่ใช้เชื้อ *Brucella melitensis* strain B115 เป็นแอนติเจน สามารถแยกโคที่เป็นโรคบรูเซลโลซิส ออกจากโคที่ฉีดวัคซีน (strain 19) ได้ ซึ่งโคที่เป็นโรคบรูเซลโลซิส จากการติดเชื้อนี้เท่านั้นจะให้ผลบวกต่อวิธี RID test นี้ แต่ในโคที่ฉีดวัคซีน strain 19 และไม่ได้เป็นโรคจะให้ผลลบ ซึ่งวิธีทางซีรัมวิทยาอื่น ๆ ไม่สามารถทำได้ (Diaz et al., 1979)

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของวิธี AGID ในการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสที่เกิดในแพะ โดยอ้างอิงเปรียบเทียบกับวิธี iELISA และ CFT

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างเลือดและซีรัม

ตัวอย่างซีรัมของแพะที่ทดสอบทั้ง 125 ตัวอย่างนี้ เก็บรวบรวมนำมาจากฟาร์ม ที่ส่งมาตรวจโรคบรูเซลโลซิส ณ โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และหน่วยชันสูตรโรคสัตว์กำแพงแสน ของคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยซีรัมที่ให้ผลบวก (potitive) 75 ตัวอย่างและผลลบ (negative) 50 ตัวอย่าง ได้ผ่านการตรวจยืนยันผลมาแล้วโดยใช้วิธี iElisa และ CFT เป็นมาตรฐานหลัก

ในทดสอบนี้ได้ใช้วิธี Rose Bengal Test (RBT) และ 2 mercaptoethanol-microtiter plate agglutination test (2 ME-MPAT) (สมพงษ์ และคณะ ,2557,2558) ร่วมในการทดสอบด้วยซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน

การเตรียมแอนติเจน (AGID antigen)

แอนติเจนตามวิธี AGID นี้เตรียมจากเชื้อ *Brucella melitensis* ซึ่งเป็นเชื้อที่แยกได้จากพื้นที่ ทั้งนี้ชนิดของเชื้อผ่านการยืนยันด้วย วิธี polymerase chain reaction (PCR) จากสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์

การเตรียมแอนติเจนทำได้โดย subculture เชื้อ *Brucella melitensis* ลงใน brucella agar ให้เต็มทั้ง plate นำไปบ่มในตู้อบอุณหภูมิ ที่ 37 ^{o}c เป็นเวลา 2 วัน ใช้ลูป (loop) กวาดตักเชื้อจาก plate ใส่ลงในสารละลาย 0.5 % NaCl ในหลอดแก้ว โดยเขี่ยเชื้อจำนวน 6 plate ต่อสารละลาย 7.0 ml. นำไปต้มในเครื่อง water bath อุณหภูมิที่ 90 ^{o} C นาน 50 นาที ปล่อยให้เย็นลง นำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ความเร็ว 7,000- 8,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 10 ^{o} C เป็นเวลานาน 20 นาที ดูดเฉพาะน้ำใสเหนือตะกอน ใช้เป็นสารแอนติเจน เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่มาตราฐาน นำไปวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรให้ได้ค่า O.D. ที่ช่วง 0.16 - 0.17 เก็บไว้ในหลอดที่สะอาดปราศจากเชื้อปิดฝา เก็บในตู้เย็น ที่ 4 - 5 ^{o} C สามารถเก็บได้นานอย่างน้อย 6 เดือน

ซีรัม control positive

นำมาจากซีรัมแพะหรือแกะ ที่เป็นโรคบรูเซลโลซิส ที่ได้รับการยืนยันตามวิธีมาตรฐานคือ iElisa และ CFT และเมื่อทดสอบ ตามวิธี AGID แล้วจะเกิดตะกอนเส้นสีขาว precipitin line ขึ้นชัดเจน

การทดสอบทางซีรัมวิทยา

ใช้หลักการของการแพร่ของแอนติเจนและแอนติบอดีในวุ้นซึ่งเป็นสารกึ่งของเหลวโดยจะใช้ 1 % ของ Noble agar ในสารละลาย buffer borate saline โดยต้มจน agar gel ละลายเข้ากันกับสารละลาย buffer เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทลง plate พลาสติกกลม ปล่อยให้เย็นจนเนื้อ gel แข็งตัว ควรนำไปเก็บไว้ที่มีอุณหภูมิ 4-5 ^{o} C นานอย่างน้อย 30 นาทีก่อน แล้วจึงนำมาไปใช้

ใช้เครื่องเจาะเนื้อวุ้น (gel punch) กดพิมพ์ลงบน gel plate นำเข็มปลายแหลมเขี่ยเนื้อวุ้น gel จากรอยที่กดทับไปจะได้หลุมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm. จำนวนทั้งหมด 6 หลุม คล้ายเป็นรูปหกเหลี่ยม (hexagonal pattern) ภายในมีหลุมที่ตรงกลาง 1 หลุม โดยทุกหลุมห่างกัน 3 mm.

ใช้ autopipette ดูดซีรัมตัวอย่างที่จะทดสอบปริมาตร 50 ul. ใส่หลุมที่ 1 ดูดซีรัมที่ 2 ปริมาตรที่เท่ากันใส่หลุมที่ 2 โดยเว้นถัดไปจากหลุมแรก 1 หลุม และดูดซีรัมที่ 3 ใส่ลงหลุมที่ 3 เว้นไป 1 หลุมเช่นกัน จะได้ซีรัมตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 โดยมีหลุมว่างที่ขั้นอยู่ระหว่างตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่างนี้ (หลุมเว้นหลุม)

ดูดซีรัมที่เป็น control positive ปริมาตรเท่ากันใส่ลงหลุมว่างทั้ง 3 หลุม และดูดสารแอนติเจนใส่ที่หลุมตรงกลางนั้นในปริมาตรที่เท่ากัน บ่มที่ อุณหภูมิห้อง อ่านผลในวันถัดไป หรือวันที่ 2 -3(24-72 ชั่วโมง) ที่หน้าของหลุม control positive ทั้ง 3 หลุม จะเกิดเส้นสีขาว precipitin line ขึ้น และหากหลุมซีรัมของตัวอย่างมีเส้นสีขาวนี้เกิดขึ้นด้านหน้า ซึ่งเชื่อมต่อกับเส้น precipitin line จาก control positive ให้อ่านผลเป็นบวกโดยให้นับกรณีที่ไม่มีเส้น precipitin line ขึ้นแต่เกิดเส้น precipitin line ของ control positive โค้งเข้าหาหลุมซีรัมตัวอย่างนั้นด้วยให้เป็นบวกอ่อน (weak positive) ถ้าเป็นลบ (negative) จะไม่มีเส้นนี้เกิดขึ้น รวมทั้งการโค้งเข้าหาซีรัมตัวอย่างจาก control positive ด้วย ในการปฏิบัติอาจใช้กล่องไฟ และแว่นเลนส์ขยายส่องดู เพื่อช่วยในการอ่านผลให้ชัดเจนและสะดวกยิ่งขึ้น

ความไว (sensitivity) และ ความจำเพาะ (specificity)

ค่าความไวคำนวณจาก TP/(TP+FN) x100 และ ค่าความจำเพาะคำนวณจาก TN/(TN+FP) x100

โดย TP คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวกจริง (True positive)

TN คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลลบจริง (True negative)

FP คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวกลวง (False positive)

FN คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลลบลวง (False negative)

ทั้งนี้ได้ใช้วิธี iELISA และ CFT เป็นวิธีมาตรฐานหลักในการอ้างอิง ถือผลบวกจากทั้ง 2 วิธี

<u>ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง</u>

ลักษณะของซีรัมที่ให้ผลบวกตามวิธี AGID จะเกิดเส้น precipitin line มีลักษณะเส้นสีขาว (Figure 1) โดยมีระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยานี้ 1-3 วัน ขึ้นกับความเข้มข้นของแอนติเจน และ แอนติบอดี แต่บางตัวอย่างจะเกิดแบบบวกอ่อน(weak positive) ที่ไม่เห็นเส้น precipitin line แต่ให้ลักษณะเส้นของ positive control ที่โค้งเข้าหาซีรัมตัวอย่างนั้นแทน

Figure 1. Shows “precipitin line“ on positive serum number 2 and 3

ตัวอย่างซีรัมแพะที่นำมาทดสอบด้วยวิธี AGID นี้ จากซีรัมบวกจำนวน 75 ตัวอย่าง เมื่อทดสอบด้วยวิธี AGID พบว่าให้ผลบวก จำนวน 60 ตัวอย่าง ให้ผลลบ 15 ตัวอย่าง ส่วนซีรัมลบจำนวน 50 ตัวอย่าง เมื่อทดสอบด้วยวิธี AGID ให้ผลลบทั้ง 50 ตัวอย่าง (Table 1)

Table 1 The results of testing by AGID in goat seras

AGID	iELISA and CFT		Total
	Positive	Negative	
Positive	60	0	60
Negative	15	50	65
Total	75	50	125

Table 2 The results of AGID using an antigen prepared from *Brucella melitensis* compared to those of confirmatory results (iELISA and CFT)

Animal	Confirmatory results (No. of serum samples)		AGID (No. of serum samples)			
	Positive	Negative	Positive	Negative	False positive	False negative
Goat	75	50	60	50	0	15

ค่าความไว = TP/(TP+FN) x100

= 60/(60+15) x100

= 80 %

ค่าความจำเพาะ = TN/(TN+FP) x100

= 50/(50+0) x100

= 100 %

จากผลที่ได้ ค่าความไวและความจำเพาะของวิธี AGID เท่ากับ 80 % และ 100 % ตามลำดับ (Table 2 , Table 3)

Table 3 The sensitivity and specificity of AGID using an antigen prepared from *Brucella melitensis* for the diagnosis of brucellosis in goats

Animal	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Goat	80	100

ความไวในการชันสูตรโรคของวิธีใหม่นี้ยังไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับวิธีอื่น กล่าวคือวิธี RBT , iElisa และ CFT มีความไวในการชันสูตรเท่ากับ 99.2 % , 99.2 % และ 95.3 % ตามลำดับ (มนยา และคณะ , 2553) ส่วนวิธี 2ME-MPAT มีความไวในการชันสูตรเท่ากับ 98.6 % (สมพงษ์ และคณะ, 2557)

อย่างไรก็ตาม วิธี AGID สามารถใช้ร่วมกับวิธีทางซีรัมวิทยาอื่น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจชันสูตรโรคในห้องปฏิบัติการ ในกรณีหาก AGID ให้ผลเป็นลบ ต้องพิจารณาผลจากวิธีหลักอื่น ๆประกอบด้วย.

สรุป

เมื่อคำนึงถึงต้นทุน ความง่ายในการทำการอ่านผลแล้ว วิธี AGID สามารถนำมาไปใช้ เพื่อช่วยในการชันสูตรโรคได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากห้องปฏิบัติการนั้น ยังไม่มีวิธีการที่มีมาตรฐาน เช่น iElisa หรือ CFT แล้วจึงเป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่อาจพิจารณานำมาปรับใช้ในงานชันสูตรโรคโรคบรูเซลโลซิสในแพะได้ .

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพ ฯ ที่เอื้อเฟื้อในการตรวจยืนยันผลด้วยวิธี iELISA และ CFT

เอกสารอ้างอิง

เบญจะ เพชรคล้าย. 2525. **ความรู้พื้นฐานและการทดสอบทางอิมมูโนวิทยา**. ศูนยหนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. น.92-95

ประพันธ์ ภานุภาค สดใส เวชชาชีวะ ไหม รัตนวรารักษ์ ฤทัย สกลแรมรุ่ง และปรียาจิต เจริญวงศ์. 2527. **วิทยาภูมิคุ้มกัน**. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. น.50-52

ไพศาล สิทธิกรกุล. 2548. **วิทยาภูมิคุ้มกัน สำหรับการเรียนการสอนและการวิจัย**. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ ฯ , บริษัท พิมพ์ดี จำกัด. น.268 หน้า

ภัทรรัฐ จันทร์ฉายทอง เกวลี ฉัตรดรงค์ และณุวีร์ ประภัสระกูล. 2551. **โรคแท้งติดต่อในสุนัข**.วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์ ฯ 20(4): 76-85
แหล่งที่มา : http://www.vpathai.org/private_folder/Journal_VPAT/2008_4/04-Canine_brucellosis-Pattrarat.pdf , 10 ตุลาคม 2560.

มนยา เอกทัตร์ เรขา คณิตพันธ์ พิทยา ขุนชิต วรวรรณ อร่ามพงศ์ ศรศักดิ์ รักษาจิตร สุรีย์ ธรรมศาสตร์ อุทิศ ตรีนันทวัน ไพรัชทุมชะ และสุรพงษ์ วงษ์เกษมจิตต์. 2553. **การเปรียบเทียบการทดสอบทางซีรั่ม**

วิทยาสำหรับการตรวจแอนติบอดีต่อการติดเชื้อ *Brucella melitensis* **ในแพะ**. วารสารสัตวแพทย์ 20(1) : 19-26.

สมพงษ์ บันลือพงศ์พันธุ์ อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์ กรไชย กรแก้ววรัตน์ จันทร์จิรา ภวภูตานนท์ สุขสันต์ ฉ่ำสิงห์ วิทย์ เลิศแสง เรขา คณิตพันธ์ โฉมนภา ศิริสุขีประดิษฐ์. 2557. **การประเมินวิธี 2 Mercaptoethanol - microtiter Plate Agglutination Test (2ME-MPAT) สำหรับการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสในสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52 : 327- 331.

สมพงษ์ บันลือพงศ์พันธุ์ พิพัฒน์ อรุณวิภาส ธีระ รักความสุข อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์ สาหร่าย พูลเพิ่ม และสิริลักษณ์ จาละ . 2558. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธี 2 Mercaptoethanol-Microtiter Plate Agglutination Test(2 ME-MPAT) ในการชันสูตรโรคบรูเซลโลซิสที่เกิดในคนและม้า**.การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.

โสมทัต วงศ์สว่าง. 2538. **วิทยาภูมิคุ้มกันทางสัตวแพทย์**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.หน้า 25

Diaz, R.,P.Garatea ,L.M.Jones and I. Moriyon.1976. **Radial Immunodiffusion Test with a Brucella Polysaccharide Antigen for Differentiating Infected from Vaccinated Cattle**.Journal of Clinical Microbiology.10:37-41. Available Source : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC273089/ ,July 10 , 2016.

Gwida, M.M., A.H.El-Gohary,F.Melzer,H.Tomaso,U.Rosler ,U. Wernery, R.Wernery, M.C.Elschner , I.Khan ,M.Eickhoff ,D. Schoner , and H.Neubauer. 2011.**Comparison of diagnostic tests for the detection of *Brucella* spp. in camel sera** , Gwida et al. BMC Research Notes 2011, 4:525. Available Source : https://www.biomedcentral.com/1756-0500/4/525 (download on July 22 ,2014)

McMahon, K.J. ,A.Geesten and J.coull.1980 . **Comparison of Agar-Gel Immunodiffusion with Other Serological Tests for Diagnosis of Bovine Brucellosis.** North Dakota Research Report (Number 78) . 8 pp. Available Source : https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/3836/s99e8xno078.pdf?sequence=1 , November 15 , 2016.

แนวโน้ม และรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากระบบผิวหนังและปัสสาวะของสุนัข ในโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Trends and Patterns of Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia* spp. from Canine Skin and Urinary Systems in Animal Hospital Kasetsart University

ณัชพล รุ่งโรจน์[1] เฉลิมพล เล็กเจริญสุข[2] ชัญญาพัฒน์ บำรุงพันธ์[3] และ จันทิมา พฤกษากร[1*]

Nutchaphon Rungroj[1], Chalermpol Lekcharoensuk[2], Chunyapat Bumrongpun[3] and Chantima Pruksakorn[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาย้อนหลังนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินรูปแบบความไวรับต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากระบบผิวหนังและปัสสาวะของสุนัข และศึกษาแนวโน้มในการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ จากข้อมูลรายงานเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างผิวหนังสุนัข จำนวน 2,065 isolate และจากตัวอย่างปัสสาวะ จำนวน 1,507 isolate ในปี พ.ศ. 2558 ได้ถูกนำมาศึกษาการจัดกลุ่มของเชื้อ และการดื้อยาของเชื้อ เชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากระบบปัสสาวะ มีอัตราการดื้อยาที่สูง (มากกว่าร้อยละ 50) ต่อยา β-lactam, fluoroquinolones และ sulfonamide เชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากทั้ง 2 ระบบ มักมีความไวรับต่อยา amoxicillin/clavulinic acid, gentamicin และ ceftriaxone ซึ่งเป็นยา cephalosporin รุ่นที่ 3 เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการดื้อยาในปี 2548, 2553 และ 2558 พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของการดื้อยาของเชื้อ *Staphylococcus* spp. จากผิวหนัง ต่อยา amoxicillin/clavulinic acid และ cephalexin

ABSTRACT

A retrospective study was performed to assess antimicrobial susceptibility patterns of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia* spp. from canine skin and urinary systems and to characterize trends in antimicrobial resistance. The records of 2,065 canine skin and 1,507 urinary isolates reported in 2015 were examined for microbial group and resistance rates. Highly resistant rates (> 50%) to β-lactam, fluoroquinolones and sulfonamide were found among *Staphylococcus* and *Escherichia* isolates from urinary systems. Susceptibility to amoxicillin/clavulinic acid, gentamicin and ceftriaxone, a third-generation cephalosporin was commonly found in *Staphylococcus* and *Escherichia* isolates from both systems. When antimicrobial resistant rates in 2005, 2010 and 2015 were compared, increasing trends of resistance of skin *Staphylococcus* isolates to amoxicillin/clavulinic acid and cephalexin were found.

Key Words: antimicrobial resistance, *Escherichia spp.*, *Staphylococcus* spp., skin, urinary system, dog

* Corresponding author; e-mail address: fvetctm@ku.ac.th

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]Department of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3]หน่วยชันสูตรโรคสัตว์บางเขน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3]Bangkhen Veterinary Diagnostic Unit, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

การดื้อยาต้านจุลชีพของแบคทีเรีย เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขระดับโลก (Hamilton and Wenlock, 2016) โดยมีการพบสัดส่วนของเชื้อดื้อยาที่สำคัญเพิ่มขึ้น (Roca *et al*., 2015) และในผู้ป่วยที่ติดเชื้อดื้อยา พบว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการตาย และค่าใช้จ่ายในการรักษาของผู้ป่วยที่สูงขึ้น (Maragakis *et al*., 2008) แหล่งของเชื้อดื้อยาสามารถมาจากโรงพยาบาล ชุมชน ปศุสัตว์ และสิ่งแวดล้อม (Roca *et al*., 2015) และการแก้ไขปัญหาเชื้อดื้อยาจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือในทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง (One Health Commission, 2014)

เชื้อแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพ ยังเป็นปัญหาสำคัญในทางการแพทย์ของสัตว์เล็ก มีการพบอัตราของการติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาที่สูง ในระบบผิวหนัง (Kadlec and Schwarz, 2012) และทางเดินปัสสาวะของสุนัข (Wong *et al*., 2015) ซึ่งเป็นระบบที่พบการติดเชื้อแบคทีเรียได้บ่อย (ปรมา และคณะ, 2555; Windahl *et al*., 2014) ปัญหาเชื้อดื้อยาดังกล่าว ส่งผลต่อการรักษาที่ยุ่งยากมากขึ้น การเพิ่มภาระการดูแล และค่าใช้จ่ายโดยเจ้าของ นอกจากนี้ ยังเพิ่มความเสี่ยงในการติดต่อเชื้อแบคทีเรียดื้อยาจากสัตว์สู่คน และการแพร่กระจายของยีนดื้อยาจากสัตว์ (Guardabassi *et al*., 2004)

ในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ยังขาดข้อมูลการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย และแนวโน้มของการดื้อยาในสัตว์เล็ก (Guardabassi *et al*., 2004) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการประเมินปัญหา และการวางแผนการใช้ยา รวมทั้งช่วยในการประเมินความเสี่ยงของการติดต่อเชื้อแบคทีเรียดื้อยาสู่คน การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินรูปแบบความไวรับต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. จากระบบผิวหนังและปัสสาวะของสุนัข และศึกษาแนวโน้มในการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง จากตัวอย่างสุนัขที่เข้ามารับการรักษา ณ โรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ในปี พ.ศ. 2558 และรายงานอัตราการพบเชื้อแบคทีเรีย จากตัวอย่างผิวหนังและระบบปัสสาวะ รายงานความไวรับต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. ซึ่งเป็นเชื้อที่พบบ่อย และศึกษาแนวโน้มของการดื้อยา โดยการเปรียบเทียบข้อมูลในปี พ.ศ. 2548, 2553 และ 2558

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูลตัวอย่าง

ทำการเก็บข้อมูลจากใบรายงานผลของห้องปฏิบัติการจุลชีววินิจฉัย หน่วยชันสูตรโรคสัตว์บางเขน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการบันทึกข้อมูลชนิดสัตว์ อายุ เพศ สายพันธุ์ ชนิดตัวอย่างส่งตรวจ ชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจ และผลการทดสอบความไวรับต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel ข้อมูลเป็นของตัวอย่างที่ส่งตรวจในปี พ.ศ. 2548 (ตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึงเดือนธันวาคม), 2553 (ตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึงเดือนกันยายน) และ 2558 (ตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึงเดือนธันวาคม) และข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา มีขอบเขตเป็นรายการเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากตัวอย่างของผิวหนังและระบบปัสสาวะในสุนัข ซึ่งไม่จำกัด อายุ เพศ และสายพันธุ์ สิ่งส่งตรวจจากผิวหนัง ประกอบไปด้วยหนอง ไม้ป้ายสำลีจากฝี และแผล สำหรับสิ่งส่งตรวจจากระบบปัสสาวะ ประกอบด้วย ปัสสาวะ และไม้ป้ายสำลีจากกระเพาะปัสสาวะ ที่เก็บจากการผ่าตัดเปิดช่องท้อง

การเพาะแยกเชื้อแบคทีเรีย ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ blood agar และ MacConkey agar และบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะบรรยากาศปกติ การวินิจฉัยชนิดเชื้อ ทำตามวิธีการของ Markey *et al.* (2013) การทดสอบความไวรับต่อยาต้านจุลชีพ ทำตามวิธีของ Kirby-Bauer disk diffusion method (Bauer *et al.*, 1966) และแผ่นยาต้านจุลชีพ (Oxoid, UK) ประกอบด้วย amoxicillin (10 μg), amoxicillin/clavulinic acid (30 μg), imipenem (10 μg), cephalexin (30 μg), ceftriaxone (30 μg), ciprofloxacin (5 μg), enrofloxacin (5 μg), marbofloxacin (5 μg), norfloxacin (10 μg), gentamicin (10 μg), azithromycin (15 μg) และ sulfamethoxazole/trimethroprim (25 μg) การอ่านผลความไวยาตามค่ามาตรฐานของ CLSI (2008) และแปลผลเป็นเชื้อไวรับต่อยา ไวรับต่อยาปานกลาง และดื้อต่อยา การดื้อยาของเชื้อ รวมความไวรับต่อยาปานกลาง และดื้อต่อยา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้สถิติ Chi-Squares สำหรับการเปรียบเทียบอัตราการดื้อยาต้านจุลชีพ และศึกษาแนวโน้มการดื้อยาของเชื้อ โดยโปรแกรม NCSS 2007 (NCSS, LLC, USA) และความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กำหนดที่ค่า $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ชนิดตัวอย่างของสุนัขที่ถูกส่งตรวจมากที่สุด ในปี พ.ศ. 2558 คือ ตัวอย่างจากผิวหนัง และระบบปัสสาวะ

จากการเก็บข้อมูลของสุนัข ในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 6,511 รายการ ที่มีการส่งตรวจทางจุลชีววินิจฉัย พบเป็นตัวอย่างจากผิวหนัง และระบบปัสสาวะมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.5 และ 31.8 ตามลำดับ อันดับรองลงมาเป็นตัวอย่างจากช่องหู คิดเป็นร้อยละ 5.7

แบคทีเรีย *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. เป็นเชื้อที่แยกได้บ่อยจากตัวอย่างผิวหนัง และระบบปัสสาวะของสุนัข ในปี พ.ศ. 2558

จากตัวอย่างผิวหนังที่ให้ผลพบเชื้อ จำนวน 2,065 isolate พบเป็นเชื้อ *Staphylococcus* spp. มากที่สุด จำนวน 692 เชื้อ คิดเป็นร้อยละ 33.5 (Figure 1) รองลงมาเป็นเชื้อ *Escherichia* spp. จำนวน 307 เชื้อ คิดเป็นร้อยละ 12.9 และพบเชื้อ *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Klebsiella* spp. และ *Streptococcus* spp. คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.5, 10.1, 7.4 และ 7.5 ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างจากระบบปัสสาวะที่พบเชื้อ จำนวน 1,507 isolate พบเป็นเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia spp.* มากที่สุด โดยพบจำนวน 393 (คิดเป็นร้อยละ 26) และ 355 (ร้อยละ 23.5) เชื้อ ตามลำดับ จีนัสของเชื้อที่พบรองลงมา คือ *Proteus* spp. (ร้อยละ 13.9), *Klebsiella* spp. (ร้อยละ 9.9), *Streptococcus* spp. (ร้อยละ 8.6) และ *Pseudomonas* spp. (ร้อยละ 6.8) จากผลสัดส่วนการพบเชื้อดังกล่าว ชี้แนะว่า เชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia spp.* เป็นเชื้อก่อโรคหลักของผิวหนังและระบบปัสสาวะ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของปรมา และคณะ (2555) ที่พบ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia coli* เป็นแบคทีเรียที่พบมากจากระบบปัสสาวะของสุนัข ด้วยร้อยละ 29 และ 26 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในรายงานของ Windahl *et al.* (2014) พบ *E. coli* เป็นเชื้อที่แยกได้บ่อย

ที่สุด จากการติดเชื้อของทางเดินปัสสาวะ (ร้อยละ 68) และตามด้วยการพบเชื้อ *Staphylococcus* spp. (ร้อยละ 11) ทั้งนี้ ความแตกต่างของการพบเชื้อ อาจมาจากความแตกต่างของพื้นที่การศึกษา สำหรับการติดเชื้อของผิวหนังจากแบคทีเรีย มักเกิดจากแบคทีเรียในกลุ่ม coagulase-positive staphylococci โดยเฉพาะเชื้อ *Staphylococcus pseudintermedius* (Fitzgerald, 2009)

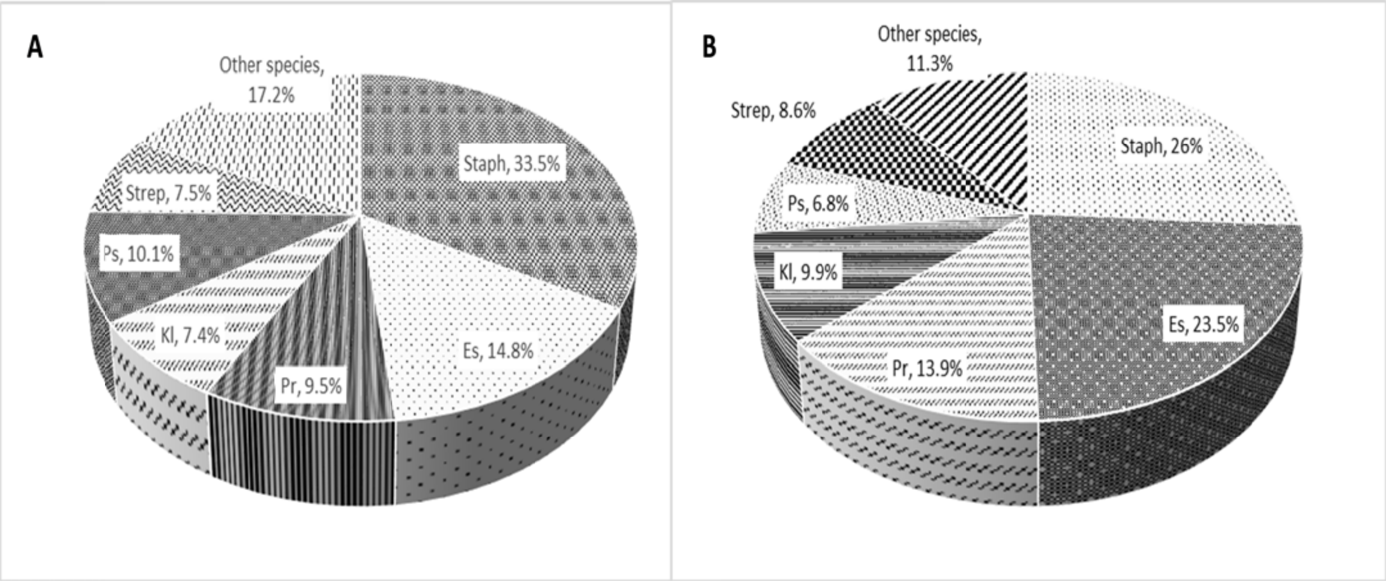


Figure 1 Percentages of common bacteria of canine skin (A) and urinary (B) isolates in 2015.
Staph, *Staphylococcus* spp.; Es, *Escherichia* spp.; Pr, *Proteus* spp.; Kl, *Klebsiella* spp.; Ps, *Pseudomonas* spp. and Strep, *Streptococcus* spp.

ความไวรับต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. ที่แยกได้จากตัวอย่างผิวหนัง และระบบปัสสาวะของสุนัข ในปี พ.ศ. 2558

ผลการทดสอบความไวรับต่อยาของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia spp.* ถูกนำมาศึกษารูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ จากทั้งระบบผิวหนังและปัสสาวะ โดยรายงานเป็นร้อยละของจำนวนเชื้อที่ดื้อยาต่อเชื้อทั้งหมดที่ทำการทดสอบ (Table 1) เชื้อ *Staphylococcus* spp. จากทั้งผิวหนังและระบบปัสสาวะ มีอัตราการดื้อต่อยาที่สูง ที่มากกว่าร้อยละ 50 ต่อยา amoxicillin (กลุ่ม β-lactam), azithromycin (กลุ่ม macrolide) และยา fluoroquinolones หลายตัว คือ ciprofloxacin, enrofloxacin และ norfloxacin และพบเชื้อจากระบบปัสสาวะมีอัตราการดื้อยาที่สูง ต่อยา sulfamethoxazole/trimethroprim (กลุ่ม sulfonamides) คิดเป็นร้อยละ 56.9 เชื้อ *Staphylococcus* spp. จากระบบปัสสาวะ ยังมีอัตราการดื้อต่อยา fluoroquinolones, azithromycin และ sulfamethoxazole/trimethroprim ที่สูงกว่าเชื้อจากผิวหนัง ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม เชื้อ *Staphylococcus* spp. จากทั้ง 2 ระบบ ยังมีความไวรับต่อยา amoxicillin/clavulinic acid, cephalosporins (cephalexin และ ceftriaxone) และ imipenam (กลุ่ม carbapenem) ด้วยอัตราการดื้อต่อยาที่น้อยกว่าร้อยละ 50

เชื้อ *Escherichia* spp. จากระบบปัสสาวะ มีรูปแบบการดื้อต่อยาคล้ายกับเชื้อ *Staphylococcus* spp. ในระบบเดียวกัน โดยมีอัตราการดื้อต่อยาที่สูง ต่อยากลุ่ม β-lactam, fluoroquinolones และ sulfonamides แต่เชื้อ *Escherichia* spp. มีความแตกต่าง จากการที่เชื้อมักดื้อต่อยา cephalexin ซึ่งเป็นยา cephalosporin รุ่นที่ 1 (ร้อย

ละ 54.1) ถึงแม้เชื้อ *Escherichia* spp. จากผิวหนังมีอัตราการดื้อยาที่สูง ต่อยา amoxicillin (ร้อยละ 86.9), enrofloxacin (ร้อยละ 51.1) และ sulfamethoxazole/trimethroprim (ร้อยละ 56) แต่ยังมีความไวต่อยา amoxicillin/clavulinic acid, cephalosporins, fluoroquinolones ตัวอื่น เช่น marbofloxacin (ร้อยละ 43.9), gentamicin, azithromycin และ sulfamethoxazole/trimethroprim เชื้อ *Escherichia* spp. จากระบบปัสสาวะ ยังมีอัตราการดื้อต่อยา cephalosporins, fluoroquinolones และ azithromycin ที่สูงกว่าเชื้อจากผิวหนัง ($p < 0.05$)

Table 1 Antimicrobial resistant rates (%) of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia* spp. isolated from skin and urinary systems of dogs in 2015.

Antimicrobials	*Staphylococcus* spp.		*Escherichia* spp.	
	Skin	Urinary	Skin	Urinary
Amoxicillin	60.2	60	86.9	88.1
Amoxicillin/ clavulinic acid	20	20.9	37.1	43.9
Imipenem	4	5.1	3	2
Cephalexin	42	44.9	37.1[b]	54.1[b]
Ceftriaxone	39	42.6	30.1[b]	38[b]
Ciprofloxacin	52[a]	65.1[a]	48.9[b]	73[b]
Enrofloxacin	50.9[a]	64[a]	51.1[b]	74.9[b]
Marbofloxacin	48.1[a]	69.8[a]	43.9[b]	70.3[b]
Norfloxacin	52[a]	66.1[a]	48.9[b]	72.9[b]
Gentamicin	40	45.9	33	39.1
Azithromycin	53.9[a]	62.9[a]	37.1[b]	48[b]
Sulfamethoxazole/ trimethroprim	45.1[a]	56.9[a]	56	62

[a, b] significantly different, $p < 0.05$

แนวโน้มการดื้อยาของเชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. ในระบบผิวหนัง และปัสสาวะ

จากการเปรียบเทียบข้อมูลย้อนหลัง ในปี พ.ศ. 2548, 2553 และ 2558 พบเชื้อมีอัตราการดื้อต่อยา ส่วนใหญ่คงที่ หรือลดลง พบการเพิ่มขึ้นของอัตราการดื้อยา cephalexin ของเชื้อ *Staphylococcus* spp. ในระบบผิวหนัง (Figure 2A) และปัสสาวะ (ไม่ได้แสดงผล) เชื้อนี้จากผิวหนัง ยังมีอัตราการดื้อยาที่สูงขึ้น ต่อยา amoxicillin/clavulinic acid และที่ลดลงต่อยา sulfamethoxazole/trimethroprim เชื้อ *Escherichia spp*. จากระบบผิวหนัง มีอัตราการดื้อยาที่ลดลง ต่อยา cephalosporins, fluoroquinolones และ gentamicin (2B) และในระบบปัสสาวะ เชื้อมีการดื้อยาที่ลดลงต่อยา gentamicin และ sulfamethoxazole/trimethroprim (2C)

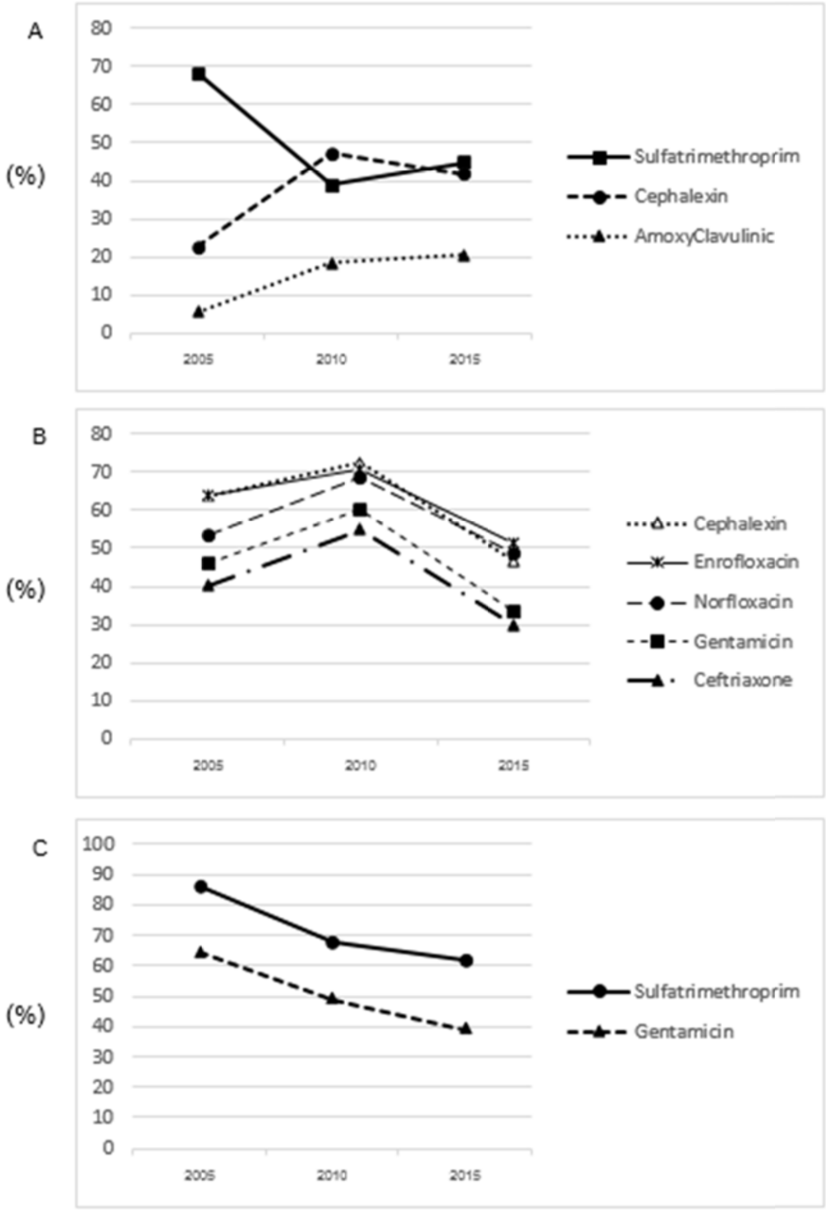


Figure 2 Change in antimicrobial resistance rates (%) of *Staphylococcus* spp. and *Escherichia* spp. from skin and urinary systems of dogs: the retrospective study of 2005, 2010 and 2015. A, *Staphylococcus* spp. from skin; B, *Escherichia* spp. from skin and C, *Escherichia* spp. from urinary systems.

มีรายงานว่าเชื้อ *S. pseudintermedius* ที่แยกได้จากสุนัขที่มีการติดเชื้อของผิวหนัง มีการดื้อยา β-lactams และ fluoroquinolones และเชื้อไวต่อยา amoxicillin/clavulinic acid และ cephalosporins (Ganiere *et al.*, 2005) โดยรูปแบบความไวรับของเชื้อ มีความสอดคล้องกับการศึกษาเชื้อ *Staphylococcus* spp. ในครั้งนี้ เชื้อจากระบบปัสสาวะมักมีการดื้อยาที่สูงกว่าเชื้อจากระบบอื่น (ปรมา และคณะ, 2555) และสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ โดยส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการใช้ยาต้านจุลชีพที่ไม่เหมาะสม เชื้อ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. ในระบบปัสสาวะ มีการดื้อต่อยา β-lactam, fluoroquinolones และ sulfonamides ที่สูง ซึ่งยาเหล่านี้เป็นตัวเลือกใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อของระบบปัสสาวะสุนัข และเนื่องจากเชื้อก่อโรคหลักมีความไวรับต่อยาในอัตราที่ต่ำ การเลือกใช้ยาจึงควรมีการตรวจหาความไวรับต่อยาก่อน

สรุป

เชื้อที่แยกได้บ่อย ทั้งจากระบบผิวหนังและปัสสาวะของสุนัข คือ *Staphylococcus* spp. และ *Escherichia* spp. ในระบบปัสสาวะเชื้อทั้ง 2 ชนิดนี้ มักมีอัตราการดื้อต่อยา ที่สูงกว่าเชื้อจากผิวหนัง ยา amoxicillin/clavulinic acid, cephalosporins และ gentamicin มักให้ผลความไวรับต่อเชื้อ จากทั้งระบบผิวหนังและปัสสาวะ อย่างไรก็ตาม มีการพบแนวโน้มการดื้อยาที่เพิ่มขึ้น ของเชื้อ *Staphylococcus* spp. จากผิวหนัง ต่อยา cephalexin และ amoxicillin/clavulinic acid และจำเป็นจะต้องมีการติดตาม รวมทั้งวางแผนการใช้ยาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยชันสูตรโรคสัตว์ บางเขน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลตัวอย่าง และขอขอบคุณ รศ.ดร.สพ.ญ. ปฐมาพร เอมะวิศิษฏ์ และ สพ.ญ. ปรมา หันหาบุญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมในปี พ.ศ. 2548

เอกสารอ้างอิง

ปรมา หันหาบุญ, ชัญญาพัฒน์ บำรุงพันธ์, ศิริชัย วงษ์นาคเพ็ชร์ และ ปฐมาพร เอมะวิศิษฏ์. 2554. การพบแบคทีเรียและอัตราการดื้อยาของเชื้อที่แยกได้จากสุนัขที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2551. **วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย.** 24(3-4): 15-19.

Bauer, A.W., M.M. Kirby., J.C. Sherris and M. Truck. 1966. Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. **American Journal of Clinical Pathology.** 45(4): 493-496.

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). 2008. Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; approved standard, 3rd ed. **M31-A3 Clinical and Laboratory Standards Institute**, Wayne, Pennsylvania.

Fitzgerald, J.R. 2009. The *Staphylococcus intermedius* group of bacterial pathogens: species re-classification, pathogenesis and the emergence of methicillin resistance. **Veterinary Dermatology.** 20(5-6): 490-495.

Ganiere, J.P., C. Medaille and C. Mangion. 2005. Antimicrobial drug susceptibility of *Staphylococcus intermedius* clinical isolates from canine pyoderma. **Journal of Veterinary Medicine. B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health.** 52(1): 25-31.

Guardabassi, L., S. Schwarz and D.H. Lloyd. 2004. Pet animals as reservoirs of antimicrobial-resistant bacteria: Review. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy.** 54(2): 321-332.

Hamilton, W.L. and R. Wenlock. 2016. Antimicrobial resistance: a major threat to public health. **Cambridge Medicine Journal.** Available Source: http://dx.doi.org/10.7244/cmj.2016.01.001 ,January 21, 2016.

Kadlec, K. and S. Schwarz. 2012. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus pseudintermedius*. **Veterinary Dermatology.** 23(4): 276-282.

Lloyd, D. H., A. I. Lamport and C. Feeney 1996. Sensitivity to antibiotics amongst cutaneous and mucosal isolates of canine pathogenic staphylococci in the UK, 1980–96. **Veterinary Dermatology.** 7(3): 171–175.

Maragakis, L.L., E.N. Perencevich and S.E. Cosgrove. 2014. Clinical and economic burden of antimicrobial resistance. **Expert Review of Anti-infective Therapy.** 6(5): 751-763.

Markey. B., F. Leonard., M. Archambault., A. Cullinane and D. Maguire. 2013. **Clinical Veterinary Microbiology.** 2nd ed. Mosby Ltd. Maryland.

Roca. I., M. Akova., F. Baquero., J. Carlet., M. Cavaleri., S. Coenen., J. Cohen., D. Findlay., I. Gyssens., O.E. Heure., G. Kahlmeter., H. Kruse., R. Laxminarayan., E. Liebana., L. Lopez-Cerero., A. MacGowan., M. Martins., J. Rodriguez-Bano., J.M. Rolain., C. Segovia., B. Siguaque., E. Taconelli., E. Wellington and J. Vila. 2015. The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention. **New Microbes and New Infections.** 6: 22-29.

Windahl. U., B.S. Holst., A. Nyman., U. Gronlund and B. Bengtsson. 2014. Characterisation of bacterial growth and antimicrobial susceptibility patterns in canine urinary tract infections. **BMC Veterinary Research.** 10: 217-227.

Wong. C., S.E. Epstein and J.L. Westropp. 2015. Antimicrobial susceptibility patterns in urinary tract infections in dogs (2010-2013). **Journal of Veterinary Internal Medicine.** 29(4): 1045-1052.

ภาวะรกค้างในแม่แมว

Retained Placenta in a Postpartum Cat

ชื่นสุมน ลิ้มมานนท์[1, 2] วัชระ ดวงจันทร์[1] และ เกษกนก ศิรินฤมิตร[2,3*]

Chunsumon Limmanont[1, 2], Watchara Duangjan[1] and Kaitkanoke Sirinarumitr[2,3*]

บทคัดย่อ

แมวเพศเมียพันธุ์ไทยผสมสก็อตทิช โฟลด์ อายุ 1 ปี 3 เดือน เจ้าของสังเกตในระหว่างและหลังการคลอด แมวขับรกไม่ครบตามจำนวนลูกแมว เจ้าของจึงพาไปตรวจวินิจฉัยที่สถานพยาบาลแห่งหนึ่งหลังแมวคลอดลูก 2 วัน ได้รับการตรวจเอกซเรย์คัดกรองไม่พบปัญหาลูกคงค้าง หลังจากคลอดวันที่ 5 แม่แมวเริ่มมีอาการซึม กินอาหารได้น้อย จึงได้รับการตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมที่โรงพยาบาลสัตว์แห่งที่ 2 ผลการตรวจร่างกายทั่วไปพบก้อนแข็งภายในช่องท้องส่วนกลาง ผลการตรวจค่าโลหิตวิทยาและเคมีโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ ผลการตรวจอัลตร้าซาวด์พบปีกมดลูกขนาด 0.95 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายก้อนเนื้อทรงกลมขนาด 2.2 x 2.7 เซนติเมตร เจ้าของยินยอมให้ผ่าตัดเพื่อทำหมันและสำรวจก้อนผิดปกติที่ตรวจพบในช่องท้อง ผลการผ่าตัดทำหมันพบรกค้างติดอยู่ที่ส่วนต้นของปีกมดลูกข้างซ้ายและขนาดปีกมดลูกข้างซ้ายใหญ่กว่าข้างขวา รังไข่ทั้งสองข้างและตัวมดลูกปกติ ไม่พบก้อนเนื้ออื่นในช่องท้อง ภาวะรกค้างแม้จะพบไม่ได้บ่อยในแมว แต่หากพลาดการวินิจฉัยอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ ตามมา เช่น มดลูกอักเสบ การติดเชื้อในกระแสเลือดในแม่และติดสู่ลูกแมวผ่านทางน้ำนม จนอาจเป็นเหตุให้สูญเสียแม่แมวและลูกในระยะหลังแรกคลอดได้

ABSTRACT

Mixed Thai and Scotties Fold, 1 year and 3 month old cat that one placenta was not expelled after parturition. The cat was sent to a vet hospital after 2 days of postpartum. There was no fetal retention by abdominal radiography. Until 5 days of postpartum, the cat was sent to the animal hospital because she was depressed and reduced appetite. By physical examination including abdominal palpation, mass was found at mid abdomen. Hematology and blood chemistry were normal. The size of uterine horn 0.95 cm. and 2.2 x 2.7 cm. of soft tissue at mid abdomen were presented by abdominal ultrasonography. The owner agreed with vet's recommendation for ovariohysterectomy and abdominal cavity exploration. Retained placenta was located at cranial part of left uterine horn. Although retained placenta is rarely found in cats, there are many complications from retained placenta including metritis, septicemia, loss of milk quality.

Key Words: retained placenta, metritis, postpartum, cat

* Corresponding author; e-mail address: fvetkns@ku.ac.th

[1] โรงพยาบาลสัตว์เอื้ออาทรสัตวแพทย์ ปากเกร็ด นนทบุรี 11120

[1] Urarthorn Animal Hospital, Pak Kret Nonthaburi 11120

[2] ศูนย์เวชศาสตร์ระบบสืบพันธุ์ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900

[2] Theriogenology Center, Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bang Khen, Bangkok 10900

[3] ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[3] Department of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ภาวะรกค้าง (retained placenta) เป็นปัญหาหลังคลอดซึ่งในแม่แมวที่พบได้ยากมาก (Johnston *et al*., 2001) เนื่องจากตามธรรมชาติแมวมักคลอดลูกได้เอง โอกาสเกิดปัญหาคลอดยากน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสุนัข และระหว่างการคลอดลูกแม่แมวจะกินรกไปทันที หลีกเลี่ยงภัยคุกคามจากสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่เป็นศัตรูต่อแม่แมวและลูกแมว (Sait *et al*., 2015) ปัจจุบันแมวเป็นสัตว์เลี้ยงที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้นๆ และเริ่มมีสายพันธุ์ที่หลากหลายมากขึ้น มีวิถีการเลี้ยงการดูแลปรับเปลี่ยนเป็นสัตว์เลี้ยงแบบเพื่อนมากขึ้น ภาวะรกค้างจึงมักถูกวินิจฉัยจากประวัติที่เจ้าของสังเกตอาการแม่แมวอย่างใกล้ชิดหลังคลอดลูก โดยสัตวแพทย์จำเป็นตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมด้วยการสังเกตสิ่งคัดหลั่งจากช่องคลอด พฤติกรรมการเลี้ยงลูก สุขภาพลูกแมว การตรวจเลือด การคลำตรวจช่องท้อง การเอกซเรย์ช่องท้อง และอัลตร้าซาวด์เพื่อยืนยันภาวะรกค้าง

การรักษารกค้างในแมวในกรณีที่สามารถรักษาทางยาได้ โดยใช้ฮอร์โมนออกซิโตซิน ขนาด 3-5 ไอยูต่อตัว ฉีดเข้ากล้ามเนื้อ และฉีดซ้ำทุก 30 นาทีจนกว่าจะมีการขับรกออก หากการให้ฮอร์โมนออกซิโตซินครบ 3 ครั้งแล้วไม่พบการขับรกออก อาจเพิ่มการใช้พรอสตร้าเกรนดิน เอฟทูเอลฟ่า ($PGF_{2\alpha}$) ขนาด 0.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฉีดเข้ากล้ามเนื้อ กรณีการรักษาทางยาทั้งสองไม่ได้ผล โดยที่สภาพแม่แมวปกติ ไม่มีอาการซึม สามารถให้นมและเลี้ยงลูกได้ตามปกติ อาจให้เจ้าของกลับไปสังเกตอาการต่อที่บ้าน เนื่องจากในภาวะหลังคลอดขณะการให้นมลูกนั้นภายในร่างกายแม่แมวจะมีการหลั่งฮอร์โมนออกซิโตซินตามธรรมชาติ นอกจากช่วยในการหลั่งน้ำนมแล้วยังมีผลต่อการบีบตัวของมดลูกและขับรกได้ในเวลาต่อมา กรณีเกิดภาวะรกค้างที่เกิดภาวะมดลูกอักเสบร่วมด้วย (metritis) แม่แมวมักเริ่มแสดงอาการซึม มีไข้ สีของสิ่งคัดหลั่งเปลี่ยนแปลงเป็นสีหนอง หรือมีกลิ่นที่ผิดปกติ อาจจำเป็นต้องพิจารณาเรื่องการผ่าตัดมดลูกออกโดยการทำหมันร่วมด้วย (ovariohysterectomy) (Johnston *et al*, 2001)

ในกรณีการศึกษานี้ ปัญหาถูกพบจากการสังเกตอาการอย่างใกล้ชิดจากเจ้าของสัตว์ โดยที่ห้าวันหลังคลอดไม่พบรกถูกขับออก แม่แมวสามารถให้นมลูกได้แต่เริ่มมีอาการซึม สีและกลิ่นของสิ่งคัดหลั่งจากช่องคลอดผิดปกติ การรายงานครั้งนี้มีวัตถุประสงค์รายงานภาวะรกค้างที่พบได้ไม่บ่อยในแมว เพื่อเป็นตัวอย่างการวินิจฉัยเพื่อหาสาเหตุแท้จริงและแก้ไขปัญหาได้เหมาะสม

ประวัติสัตว์ป่วย

แมวเพศเมีย พันธุ์ไทยผสมสก็อตทิช โฟลด์ อายุ 1 ปี 3 เดือน ถูกพามาตรวจที่โรงพยาบาลสัตว์ด้วยปัญหาสงสัยภาวะรกค้างเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2560 โดยมีประวัติแมวได้รับการผสม ตั้งท้องครั้งแรกกับแมวเพศผู้พันธุ์ไทยผสมสก๊อตทิช โฟลด์อายุประมาณ 1 ปี 6 เดือน โดยที่แมวทั้งสองคาดว่าไม่ได้มีเลือดชิดกัน เนื่องจากประวัติได้รับแมวทั้งคู่มาในช่วงอายุใกล้เคียงกันจากต่างสถานที่ แม่แมวมีประวัติการทำวัคซีนหลักแรกเกิดครบ ถ่ายพยาธิเป็นประจำ ไม่มีปัญหาติดปรสิตภายนอก แมวคลอดลูกเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2560 การคลอดเกิดได้ตามธรรมชาติ โดยมีเจ้าของคอยเฝ้าดูและช่วยลูกอย่างใกล้ชิด ได้ลูกทั้งหมด 4 ตัว โดย 1 ตัวเสียชีวิตแรกคลอดออกมาพร้อมรก เจ้าของสังเกตว่ามีรกเพียง 2 อันที่ขับออกมาพร้อมลูกแมวที่เหลืออีก 3 ตัว ขาดรกอีก 1 อันที่ไม่พบการขับออกภายใน 72 ชั่วโมงหลังคลอด จึงพาแม่แมวไปตรวจวินิจฉัยปัญหาหลังคลอดที่สถานพยาบาลแห่งแรก สัตวแพทย์ได้ตรวจร่างกายและตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมด้วยการเอกซเรย์ช่องท้อง ผลเอกซเรย์ไม่พบโครงร่างกระดูกของลูกแมว จึงได้รับคำยืนยันว่าไม่มีการคงค้างของตัวลูก หลังจากการตรวจในครั้งนั้นแม่แมวยังคง

เลี้ยงลูกและให้นมลูกได้ตามปกติ ยังพบสิ่งคัดหลั่งสีเลือดสด แต่แม่แมวเริ่มมีอาการซึม กินอาหารน้อยลง อีกสองวันต่อมาเจ้าของจึงตัดสินใจพาแมวมาตรวจเพิ่มเติมที่โรงพยาบาลสัตว์เอื้ออาทรสัตวแพทย์ ผลการซักประวัติเพิ่มเติม พบว่าแม่แมวได้รับอาหารประเภทลูกแมวและแมวไม่เคยได้รับการใช้ฮอร์โมนจากภายนอกเพื่อการคุมกำเนิดหรือเพื่อกระตุ้นช่วยในช่วงคลอดและหลังคลอด ในวันที่ได้พบแมวเป็นวันที่ 5 หลังการคลอดลูก ลูกทั้งสามตัวที่เหลือเจริญเติบโตได้ดีโดยการเลี้ยงและให้น้ำนมตามธรรมชาติจากแม่แมว แม่แมวยังเลี้ยงดูให้นมลูกได้ตามปกติ ขับถ่ายอุจจาระและปัสสาวะปกติ เริ่มมีอาการซึม มีความอยากอาหารลดลงจนเป็นที่สังเกตว่าผิดปกติ ร่วมกับใน 5 วันหลังคลอดลูกยังไม่พบรกอีก 1 อันที่ถูกขับออกมา

ผลการตรวจร่างกาย

แม่แมวน้ำหนัก 2.7 กิโลกรัม อุณหภูมิร่างกายโดยวิธีวัดผ่านทางทวารหนักด้วยปรอทดิจิตอล 103.4 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งสูงกว่าปกติ (อุณหภูมิปกติแมว 100-102.5 องศาฟาเรนไฮต์) ความสมบูรณ์ของร่างกายอยู่ในระดับ (Body Condition Score) 2/5 สภาพขนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่พบปรสิตตัวเบียนภายนอก สีเหงือกชมพูเข้ม ความเร็วในการคืนตัวของเส้นเลือดฝอย (capillary refill time –CRT) 2 วินาที ไม่พบภาวะขาดน้ำ ไม่พบเสียงผิดปกติจากการตรวจฟังเสียงปอดและเสียงหัวใจ ขณะคลำตรวจช่องท้องแมวไม่แสดงอาการเจ็บปวด ตำแหน่งทางช่องท้องส่วนกลางพบอวัยวะท่อกลม แข็งเป็นกระเปาะ ขนาดประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร พบก้อนแข็งกลมเรียบคล้ายสิ่งแปลกปลอมและกระเพาะปัสสาวะขยายใหญ่ พบสิ่งคัดหลั่งสีน้ำตาลและกลิ่นเหม็น จากผลการตรวจเบื้องต้นคำวินิจฉัยแยกโรค ได้แก่ ภาวะรกค้าง, ลูกตายย่อย (mummified fetus), มดลูกอักเสบ (metritis), การอักเสบในกระแสเลือด (septicemia), สิ่งแปลกปลอมหรือก้อนเนื้อภายในช่องท้อง

ผลการตรวจทางคลินิก

โกนขนหน้าท้องแมวเพื่อตรวจอัลตร้าซาวด์ช่องท้อง ด้วยเครื่องอัลตร้าซาวด์ SonoScape ™ Portable Ultrasonic Diagnosis System Model: A6 ความถี่ 6.8-7.8 เมกะเฮิรซ์ต (Figure 1) และเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดขาหน้า (cephalic vein) เพื่อส่งตรวจค่าโลหิตวิทยา (Table 1) และเคมีโลหิต (Table 2)

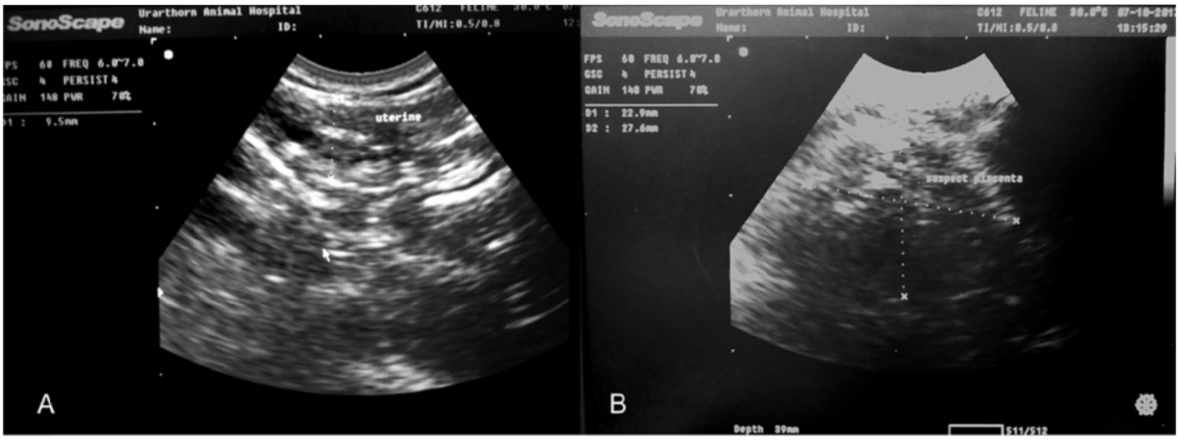


Figure 1 Abdominal ultrasonography revealed 0.95 cm tubular organ with heteroechogenicity parenchyma at caudal abdomen (A). Heteroechoginicity parenchyma of 2.2 x 2.7 cm round shape tissue was presented at mid abdomen (B).

Table 1 Hematology results of cat from Auto-Hematology Analysis Mindray™ Model BC 500 Vet

Parameter	Result	Unit	Ref. ranges in adult cat
WBC	6.01	10^3/uL	5.50 - 19.50
Neutrophil	3.44	10^3/uL	3.12 - 12.58
Lymphocyte	1.46	10^3/uL	0.73 - 7.86
Monocyte	1.04	10^3/uL	0.07 - 1.36
Eosinophil	0.06	10^3/uL	0.06 - 1.93
Basophil	0.01	10^3/uL	0.00 - 0.12
RBC	7.06	10^6/uL	4.6 - 10.2
HGB	9.4	g/dL	8.5 - 15.3
HCT	26.7	%	26.0 - 47.0
MCV	37.8	fL	38.0 - 54.0
MCH	13.3	Pg	11.8 - 18.0
MCHC	35.2	g/dL	29.0 - 36.0
MPV	12.1	fL	9.9 - 16.3
Platelet	147	10^3/uL	100 - 518
Blood parasite	Not found		
Blood morphology	Anisocytosis, Microcyte 3+, Macrocyte 1+ Acanthocyte 2+, Giant platelet		

Table 2 Blood chemistry profile of cat from IDEXX Catalyst One™ Analysis

Blood Chemistry	Result	Unit	Ref. ranges in adult cat
Creatinine	0.7	mg/dL	0.8-2.4
ALT	29	U/L	12-130

จากผลตรวจอัลตร้าซาวด์พบขนาดปีกมดลูก 0.95 เซนติเมตร ซึ่งอาจพบได้ในมดลูกของแม่แมวระยะไม่เกิน 1 สัปดาห์หลังคลอดและพบก้อนผิดปกติในช่องท้อง ผลตรวจโลหิตวิทยายังไม่พบปัญหาการอักเสบในกระแสเลือด ค่าเคมีโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ สัตวแพทย์ให้ทางเลือกเจ้าของสังเกตอาการต่อหรือทำการผ่าตัดมดลูกออกเพื่อแก้ไขปัญหาและยืนยันภาวะรกค้าง เจ้าของเลือกการผ่าตัดพร้อมลงนามในเอกสารการฝากสัตว์และอนุญาตการวางยาเพื่อทำศัลยกรรม

การผ่าตัดมดลูกและรังไข่

แม่แมวได้รับการปรับสภาพขณะเตรียมตัวก่อนผ่าตัด ด้วยการให้สารน้ำประเภทมีน้ำตาล 5% (D5W) ด้วยเครื่องให้น้ำเกลือ Howkmed™ Model HK-100 infusion pump อัตราเร็ว 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ได้รับยา

ปฏิชีวนะ amoxycillin and clavulanic acid (Synulox™) ขนาดยา 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฉีดเข้าใต้ผิวหนัง เตรียมตัวสัตว์เพื่องดน้ำและอาหารต่อจนครบ 8 ชั่วโมง แมวได้รับยานำสลบ propofol (Troypofol™) ขนาด 7.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผ่านทางสายน้ำเกลือเข้าสู่เส้นเลือดดำและคงระดับการสลบด้วยไอระเหย (inhalation) ด้วยไอโซฟูเรน (isoflurane) ความเข้มข้น 2.5% Soarmed ™ Anesthesia Delivery System Model SV-2000 ได้รับยาระงับความเจ็บปวด tramadol hydrochloride (Tramadol ™) ขนาดยา 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เข้าใต้ผิวหนัง แมวได้รับการผ่าตัดผ่านทางด้านข้างของช่องท้องข้างซ้าย การผ่าตัดได้พบลักษณะก้อนเนื้อขนาด 2 เซนติเมตร ใต้รังไข่ข้างซ้าย ปีกมดลูกข้างซ้ายมีขนาดใหญ่กว่าข้างขวา รังไข่ทั้งสองข้างปกติ ตัวมดลูกปกติ (Figure 2) ไม่พบก้อนเนื้อตำแหน่งอื่นภายในช่องท้อง หลังการผ่าตัดทำหมันก้อนที่พบตำแหน่งปีกมดลูกข้างซ้ายได้ถูกผ่าออก พบเป็นรกที่มีลักษณะเน่า มีกลิ่นเหม็น (Figure 3)

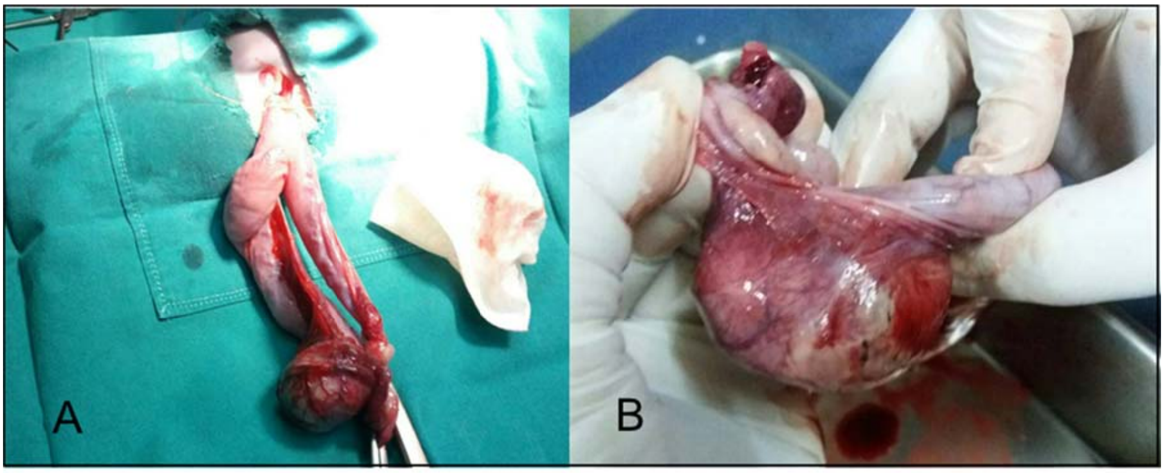


Figure 2 Left uterine horn was larger than the right one (A). Tissue oval shape was presented at cranial part of left uterine horn during ovariohysterectomy (A-B).

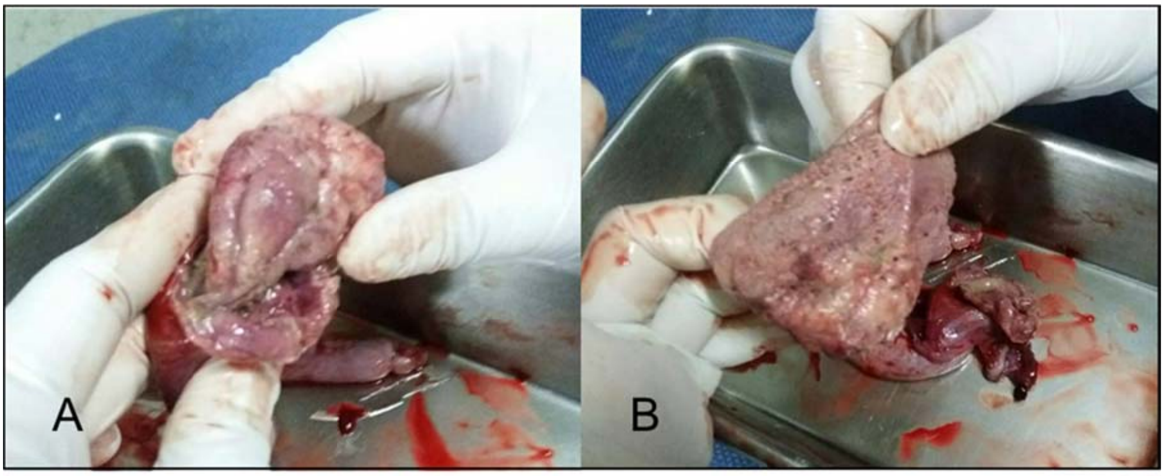


Figure 3 Placenta with necrosis part, purulent and bad odor was explored from oval mass like (A-B).

หลังการผ่าตัดแมวฟื้นตัวดี และได้รับยานำกลับ ได้แก่ ยาปฏิชีวนะ amoxycillin and clavulanic acid (Noroclav™) ขนาดยา 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุก 12 ชั่วโมง นาน 10 วัน และยาลดการอักเสบ tofenamic

acid (Tofidine ™) ขนาดยา 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุก 24 ชั่วโมง นาน 2 วัน และให้แมวสวมปลอกคอกันเลีย เพื่อกันการเลียแผลผ่าตัด ให้คำแนะนำในการดูแลแม่แมวและยังคงแนะนำให้แม่แมวกับไปเลี้ยงลูกแรกเกิดอีก 3 ตัวต่อที่บ้าน วันตัดไหมแผลผ่าตัดแห้งดี และแม่แมวอาการปกติ กินอาหารได้ตามปกติ เลี้ยงลูกและให้น้ำนมลูกได้ตามปกติ ลูกทั้งสามมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง (Figure 4)

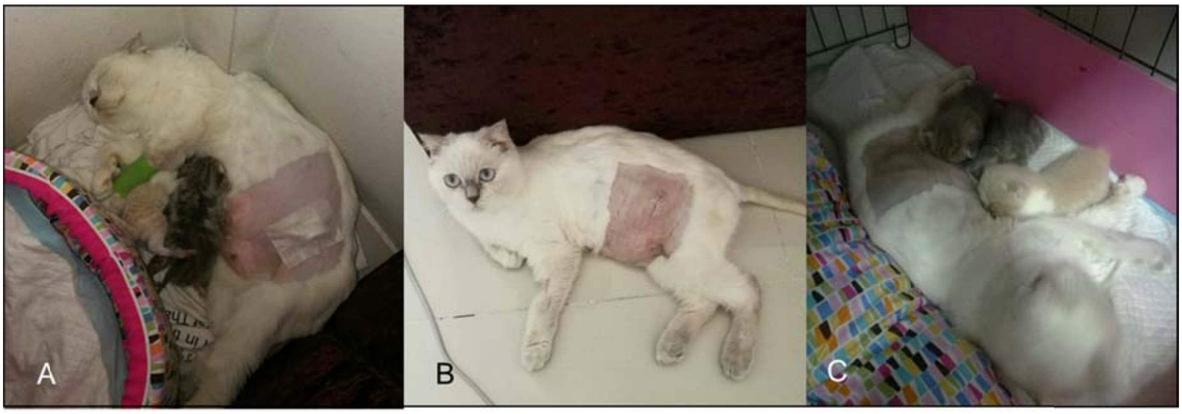


Figure 4 Cat was nursing her 3 kittens at post operation period (A). Cat was good recovery and well whelping after suturing removal (B-C).

วิจารณ์

จากกรณีนี้พบว่าการเกาะติดของรกอยู่ตำแหน่งส่วนต้น (cranial) ของปีกมดลูก เป็นการยากมากที่รกจะถูกขับเคลื่อนออกมาไม่ว่าจะจากออกซิโตซินตามธรรมชาติระหว่างการให้นมลูก (Sait *et al*., 2015) หรือการพิจารณาเลือกกระตุ้นจากยาจำพวกออกซิโตซินหรือพรอสตร้าแกรนดิน เอฟทูแอลฟา และด้วยตำแหน่งที่รกค้างอาจทำให้ยากต่อการแยกวินิจฉัยความผิดปกติของรังไข่ ภาวะรกค้างควรได้รับการวินิจฉัยและแก้ไขอย่างทันท่วงที เนื่องจากรกที่ค้างนานหลายวัน ทั้งรกและเนื้อเยื่อใกล้เคียงเกิดการอักเสบและเน่าตามมา หากปล่อยทิ้งไว้จะทำให้เกิดปัญหามดลูกอักเสบและการติดเชื้อในกระแสเลือด ซึ่งจะส่งผลต่ออาการแม่แมว ซึม มีไข้ รวมถึงการเลี้ยงลูก คุณภาพน้ำนมและสุขภาพของลูกที่ได้รับนมแม่ที่มีการติดเชื้อในกระแสเลือด (Johnston *et al*., 2001)

จากผลการตรวจแมวในการศึกษานี้ พบว่าขนาดปีกมดลูก 0.95 เซนติเมตร พบได้ชัดเจนจากการอัลตร้าซาวด์ในระยะหลังแม่แมวคลอดลูกแล้ว 5 วัน เป็นจุดหนึ่งที่แสดงถึงความผิดปกติของมดลูก เมื่ออ้างอิงจากรายงานก่อนหน้า (Sait *et al*., 2015) ได้รายงานว่าการตรวจอัลตร้าซาวด์จะไม่พบความแตกต่างขนาดของตำแหน่งที่เคยมีรกเกาะ (placenta region) และตำแหน่งที่ไม่เคยมีรกเกาะ (interplacenta region) หลังจากคลอดลูก 3 วัน และวัดขนาดมดลูก 0.88±0.18 เซนติเมตร และ 0.65±0.14 เซนติเมตร ในวันที่ 3 และ 4 หลังคลอดตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วในวันที่ 5 และ 7 หลังการคลอดจะเริ่มไม่พบมดลูกจากอัลตร้าซาวด์ (น้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร) ซึ่งเทียบคล้ายลักษะปกติในแมวเพศเมียทั่วไป ร่วมกับผลการตรวจทางเซลล์ช่องคลอดจะไม่พบเม็ดเลือดแดงและเซลล์อักเสบ ดังนั้นการศึกษานี้จึงระบุว่ามดลูกแมวเข้าอู่ภายหลังคลอด 5.6±0.99 วัน แม้ว่าในการศึกษานี้ไม่ได้มีผลการตรวจระดับพยาธิวิทยาของผนังมดลูก (Sait *et al*, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่พบแมวกลับสัดใน 1 สัปดาห์หลังคลอดได้ อย่างไรก็ตามการตรวจวินิจฉัยจากผลตรวจอัลตร้าซาวด์อาจต้อง

คำนึงถึงปัจจัยร่วมอื่นๆ เช่น สายพันธุ์แมว ขนาดและน้ำหนักแม่แมว จำนวนลูก คุณภาพของเครื่องอัลตร้าซาวด์และความชำนาญของสัตวแพทย์

สรุป

ภาวะรกค้างในแมวเกิดขึ้นได้ยากแต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้ และหากแมวได้รับการตรวจวินิจฉัยและแก้ไขล่าช้า อาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนอื่นๆตามมา เช่น มดลูกอักเสบ การติดเชื้อในกระแสเลือดในแม่และอาจติดสู่ลูกแมวผ่านทางน้ำนม และอาจเหตุให้สูญเสียแม่แมวและลูกวันหลังแรกคลอดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอังคณา สวัสดี เจ้าของสัตว์ป่วยที่ยินดีให้ใช้ข้อมูลและอำนวยภาพถ่ายสัตว์ น.สพ.ธเนศ ธรรมศรัญยู ผู้อำนวยการโรงพยาบาล เจ้าหน้าที่ธุรการและเจ้าหน้าที่นักเทคนิคของโรงพยาบาลสัตว์เอื้ออาทรสัตวแพทย์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือด้านข้อมูลสัตว์ป่วย และผลงานนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Johnston, S .D., M. V. R. Kustritz and P. S. Olson. 2001. **Canine and Feline Theriogenology.** Saunders, Philadelphia, 442.

Sait S., M. Alan, F. Eski, S. Uslu, B. A. Uslu and A. Wehrend. 2005. Postpartum uterus involution observe by real-time ultrasound scanning and vaginal cytology in Van cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery** 18(12):954-958.

ระดับฮอร์โมน estrogen, progesterone, testosterone, cortisolและ thyroxine ในซีรั่มเต่าตนุ ในช่วงเดือนพฤษภาคม มิถุนายนและกรกฎาคม ที่เลี้ยงแบบกักขัง ที่เกาะมันใน จังหวัดระยอง

Serum Estrogen, Progesterone, Testosterone, Cortisol and Thyroxine levels in Captive Green Turtles (*Chelonia mydas*) in May, June, and July at Mannai Island, in Rayong Province

ภุมเมศ ชุ่มชาติ[1] ชลาทิพ จันทร์ชมภู พรชัย สัญฐิติเสรี[1] ธีระพล ศิรินฤมิตร[1] และเกษกนก ศิรินฤมิตร[1*]

Poomate Chomchat[1], Chalatip Junchompoo, Pornchai Santhitisaree[1], Theerapol Sirinarumitr[1] and Kaitkanoke Sirinarumitr[1*]

บทคัดย่อ

เต่าตนุเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลถึงระดับฮอร์โมนที่จะส่งผลต่อระบบสืบพันธุ์ในเต่าตนุ การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระดับของฮอร์โมน estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine และ cortisol ในช่วงเดือนพฤษภาคม มิถุนายนและกรกฎาคม พ.ศ.2559 โดยทำการเก็บซีรั่มจากเต่าตนุเพศเมีย จำนวน 10 ตัว ผลพบว่าช่วงที่มีแนวโน้มของค่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน estrogen, และ testosterone สูงที่สุดคือเดือนพฤษภาคม ช่วงที่มีแนวโน้มค่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน progesterone สูงที่สุดคือในช่วงเดือน มิถุนายน ระดับฮอร์โมน thyroxine สูงสุดในเดือนกรกฎาคม และระดับฮอร์โมน cortisol ในช่วงทั้ง 3 เดือนที่ตรวจมีค่าต่ำเท่ากันหมด อย่างไรก็ตามในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมตลอดทั้งปี เพื่อวางแผนพัฒนาการผสมพันธุ์และอนุรักษ์เต่าทะเลซึ่งมีแนวโน้มที่จะสูญพันธ์อย่างรวดเร็วในอนาคต

ABSTRACT

Green turtle is considered an endangered species. In Thailand, there is no information on the level of hormones. The purpose of the study was to investigate the level of hormones which were estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine and cortisol in captive turtles in May June and July, 2016 Blood from 10 captive female sea turtles were collected, then serum was separated for hormone analysis. The results found that the highest estrogen and testosterone levels were observed in May. Progesterone hormone level was highest in June, and the highest thyroxine level was in July. However, cortisol hormone levels were remained low in these 3 months. For further studies, hormone levels should be measured for 12 months period. These may be useful for breeding planning of sea turtles.

Key Words: green turtle, hormone, analysis, captive

* Corresponding author; e-mail address: fvetkns@ku.ac.th

[1]ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

เต่าตนุเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พุทธศักราช 2535 และอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ ชนิดพันธุ์ในบัญชีหมายเลข 1 (CITES I) จากข้อมูลในช่วงปี 2538-2549 พบเต่าตนุเพศเมียตัวใหม่มีต่ำกว่าร้อยละ50 ที่ขึ้นมาวางไข่และมีความถี่ในการวางไข่มากตั้งแต่ช่วงต้นฤดูฝน คือระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม จากนั้นจำนวนการวางไข่จะลดลงในช่วงเดือนกันยายน

ปัจจุบันการศึกษาของระดับฮอร์โมน ได้แก่ estradiol, progesterone และ testosterone ที่เป็นฮอร์โมนเพศที่สำคัญที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการวางไข่ (Wibbels *et al.*, 1990) และฮอร์โมน cortisol เกี่ยวข้องกับภาวะความเครียด ฮอร์โมน thyroxine ซึ่งเป็นฮอร์โมนเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการใช้ออกซิเจนตามเซลล์ต่างๆในร่างกาย ควบคุมการเผาผลาญสารอาหารของร่างกาย ทั้งสองฮอร์โมนล้วนมีผลต่อพฤติกรรมการเป็นสัด การผสมพันธุ์ และการวางไข่ ในช่วงที่เต่ามีพฤติกรรมการวางไข่นั้น มีการศึกษาที่น้อยมากเนื่องจากจำนวนเต่าและการกระจายตัวของเต่าค่อนข้างมีพื้นที่ที่จำกัดเกินกว่าการศึกษาจะทำได้ ในปัจจุบันเต่าตนุเพศเมียที่ถูกเลี้ยงไว้ในที่เกาะมันใน ไม่พบพฤติกรรมการผสมพันธุ์หรือการวางไข่ เหมือนในธรรมชาติ และยังไม่มีข้อมูลทางด้านฮอร์โมนและระบบสืบพันธุ์ที่จะใช้ประกอบวางแผนการอนุรักษ์ได้อย่างเหมาะสม

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงระดับฮอร์โมน estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine และcortisol ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเป็นสัด และวางไข่ของเต่าตนุ แบบกักขังในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม ที่มีรายงานเต่าตนุในธรรมชาติฝั่งอ่าวไทยขึ้นวางไข่มากที่สุด อาจใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปรับปรุงและพัฒนาการผสมพันธุ์เต่าทะเล เพื่อลดอัตราเสี่ยงในการสูญพันธ์ได้ในอนาคตตามพระราชดำริเกี่ยวกับการอนุรักษ์เต่าทะเลของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ ซึ่งจัดเป็นงานที่มีคุณค่าต่อการอนุรักษ์สัตว์ทะเลหายาก รวมทั้งการรักษาสมดุลทางทะเลตามระบบห่วงโซ่อาหารให้มีความมั่นคงมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่

ศึกษาเต่าตนุเพศเมียในที่เลี้ยงแบบกักขัง ของศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ณ.เกาะมันใน ต.กร่ำ อ.แกลง จ.ระยอง

2. สัตว์ทดลอง

เต่าตนุเพศเมียในที่เลี้ยงแบบกักขัง จำนวน 10 ตัว ในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม พ.ศ.2559 โดยเต่าทั้งหมดเป็นเต่าตนุเพศเมียที่โตเต็มที่มีอายุ 10 ปีขึ้นไปน้ำหนัก ประมาณ 60 กก.ขึ้นไป

3.เก็บข้อมูล

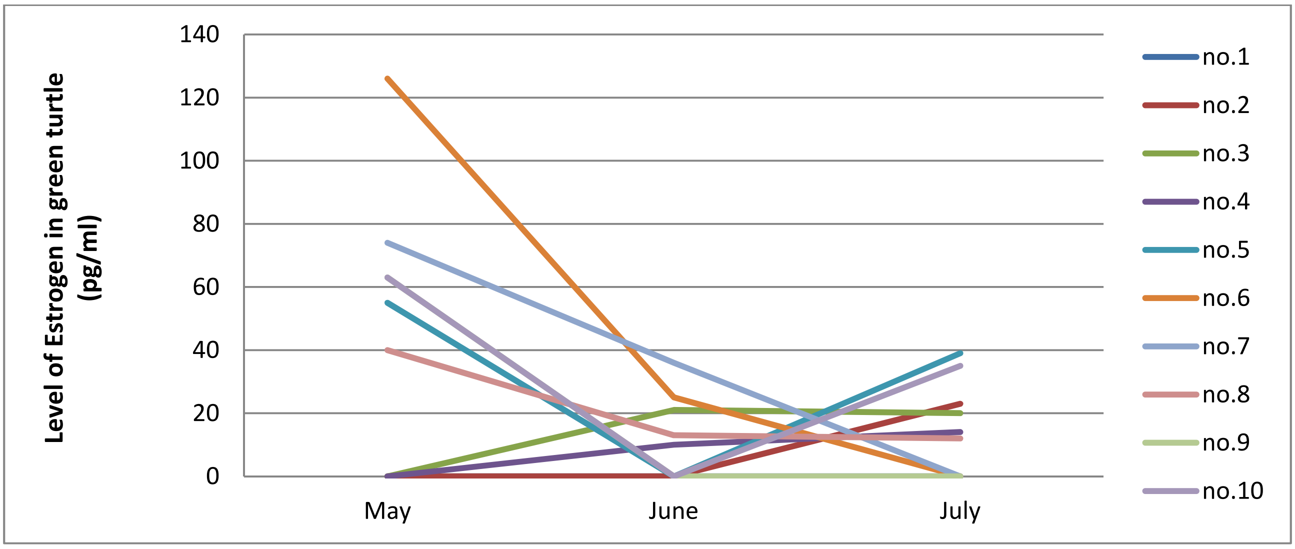
ทำการเจาะเลือดโดยใช้เข็มยาว 3.8เซนติเมตร เบอร์21เจาะเลือดปริมาณ 5-8 มิลิลิตรจากตำแหน่ง bilateral cervical sinusโดยจับบังคับไม่เกิน 5นาที เพื่อไม่ให้เต่าตนุเพศเมียเกิดความเครียด บรรจุเลือดด้วย sterile vacuum tube 2 tubeแช่ไว้ในน้ำแข็ง ไม่เกิน 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง3400 rpm 5นาที เก็บ serum แช่เย็นไว้ในอุณหภูมิ-20องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ (Wibbels *et al.*, 1988) โดยผู้เก็บตัวอย่างเป็นสัตวแพทย์คนเดียวในทุกๆครั้ง

4.วิเคราะห์และแปรผลข้อมูล

ตรวจระดับฮอร์โมน วิธี ด้วย chemiluminescence และแสดงผลฮอร์โมนแต่ละชนิดของเต่าแต่ละตัวในแต่ละเดือน โดยมีการทำ validation ในฮอร์โมนทั้ง 5 ชนิดได้แก่ Intra-assay และ Inter-assay validation ของ estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine และ cortisol ได้ < 10% CV เท่ากัน ส่วนค่า sensitivity ของ, estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine และ cortisol ได้ < 10 pg/ml, ≤ 0.1 ng/ml, <0.047 ng/ml, 0.4 ug/dL และ 0.2 ug/dL ตามลำดับ

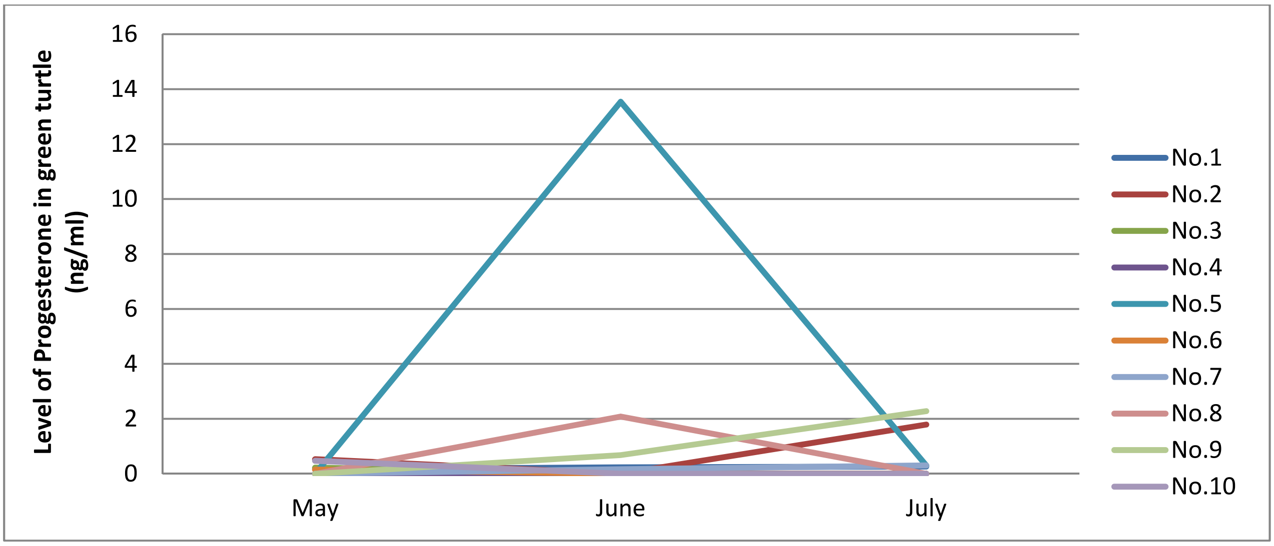
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ระดับของฮอร์โมน estrogen, progesterone, testosterone, thyroxine และ cortisol ของเต่าตนุเพศเมียที่เลี้ยงแบบกักขัง ที่เกาะมันใน จังหวัดระยอง แสดงใน Figures 1, 2, 3 และ4 ตามลำดับ ระดับของฮอร์โมน cortisol มีค่าระดับความเข้มข้นน้อยกว่า1ng/ml ในเต่าตนุเพศเมียทุกตัวและตลอดทั้ง 3 เดือน



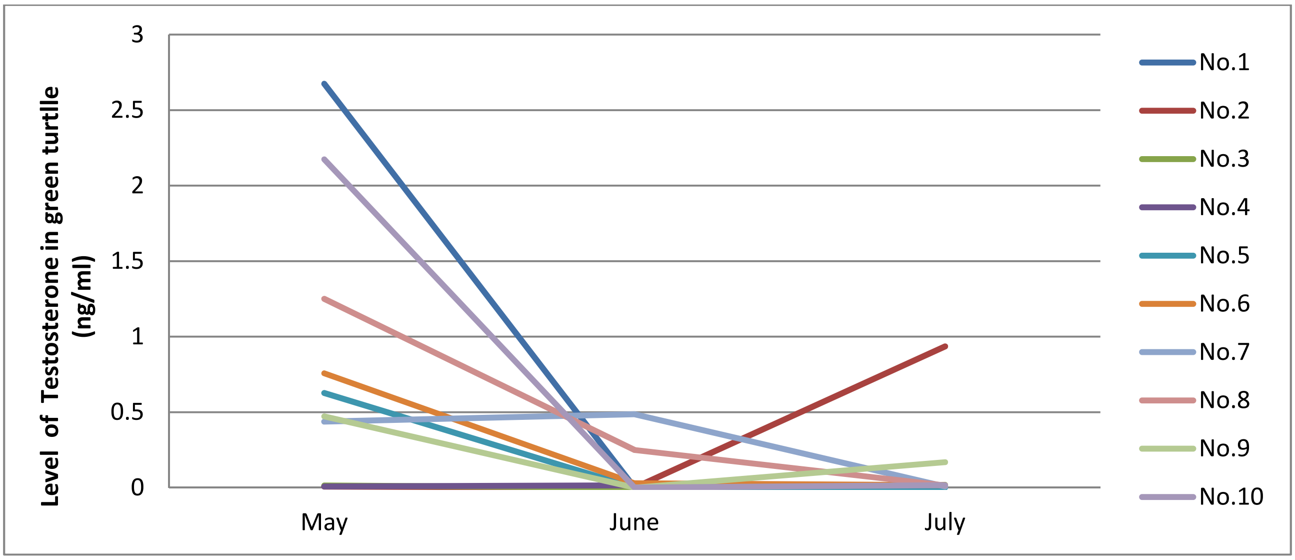
Figgure.1 Serum level of estrogen in captive green turtle in May, June and July 2016 at Mannai island, Rayong province, Thailand.

ช่วงที่มีแนวโน้มค่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนestrogen สูงที่สุดคือเดือนพฤษภาคม โดยเต่าตนุเพศเมียจำนวน 6 ตัวได้แก่หมายเลข 6, 7, 9, 10, 5 และ8 ที่พบระดับฮอร์โมนestrogen มีระดับความเข้มข้นอยู่ที่ 126, 74, 63, 63, 55 และ40 pg/ml ตามลำดับ



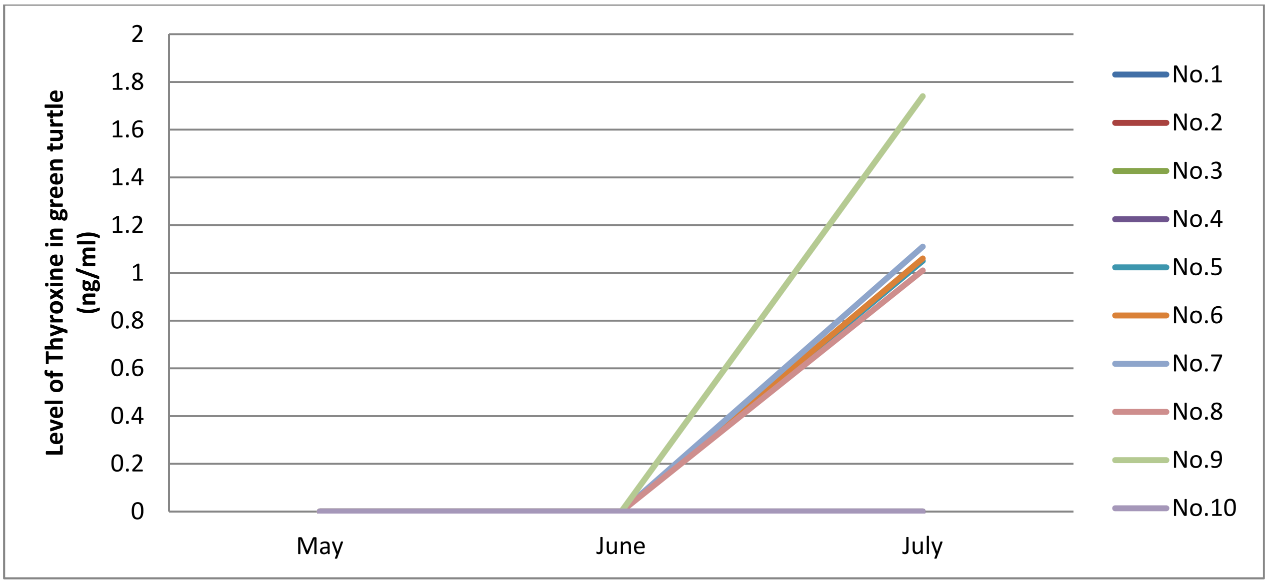
Figgure.2 Serum level of progesterone in captive green turtle in May, June and July 2016 at Mannai island, Rayong province, Thailand.

ช่วงที่มีแนวโน้มค่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน progesterone สูงที่สุดคือเดือนในช่วงเดือน มิถุนายน โดยหมายเลขที่5 แสดงระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน progesterone สูงสุด 13.54 ng/ml ตามมาด้วยหมายเลขที่ 8 ระดับความเข้มข้อยู่ที่2.08ng/ml ส่วนเดือนพฤษภาคมมีระดับที่ต่ำทุกหมายเลขในเดือนกรกฎาคม มีเพียง2 หมายเลขที่แสดงระดับความข้นสูงคือเต่าตนุหมายเลข 9 และ2 ระดับความเข้มข้นอยู่ที่2.28 ng/ml และ1.79 ng/ml ตามลำดับ



Figgure.3 Serum level of testosterone in captive green turtle in May, June and July 2016 at Mannai island, Rayong province, Thailand.

ช่วงที่มีแนวโน้มค่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน testosterone สูงที่สุดคือเดือนพฤษภาคม โดยเรียงลำดับได้แก่หมายเลข 1, 10 และ 8 ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนTestosterone สูงสุด 2.675 ng/ml ตามมาด้วย 2.174, 0.018 และ 1.25 ng/ml ตามลำดับ ในเดือนกรกฎาคม มีเพียง 1 ตัวที่แสดงระดับความข้นสูงคือหมายเลขที่ 2 ระดับความเข้มข้นอยู่ที่ 0.935 ng/ml



Figgure.4 Serum level of Thyroxine in captive green turtle in May, June and July 2016 at Mannai island,Rayong province, Thailand.

ระดับ thyroxine เดือนพฤษภาคม และมิถุนายน มีค่าเท่ากันคือน้อยกว่า1 ng/ml แต่ในเดือนกรกฎาคม เต่าตนุเพศเมียหมายเลข1, 2, 3, 4และ10 มีค่าเท่ากันคือ น้อยกว่า1 ng/ml เต่าตนุแม่พันธุ์หมายเลข 9,7,6,5 และ 8 มีระดับความเข้มข้นอยู่ที่ 1.74, 1.11, 1.06, 1.05 และ1.01 ng/ml ตามลำดับ

ระดับCortisol ในเต่าตนุแม่พันธุ์ทั้ง 10 ตัวและในทุกเดือนคือ พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคมมีค่าเท่ากันคือ น้อยกว่า 1 ng/ml

การศึกษาระดับฮอร์โมนในเลือดเต่าทะเลยังไม่มีการศึกษามากนัก ข้อมูลจึงยังมีไม่มาก และการศึกษาเต่าทะเลในธรรมชาติเป็นไปได้ยากมากเพราะเมื่อเต่าตนุเพศเมียมาวางไข่ ทำรังจนไปกระทั่งฟักเป็นตัวใช้ช่วงชีวิตอยู่ในน้ำทั้งสิ้นถึง 99 เปอร์เซนต์ ของเวลาในชีวิต จึงศึกษาหรือประมาณเพศ อายุ พฤติกรรมหรือระบบสืบพันธุ์ในเต่าทะเลธรรมชาติเป็นไปได้ยาก ในหลายๆปีที่ผ่านมามีความพยายามที่จะใช้ระดับฮอร์โมนเพื่อพิจารณาและประมาณการทำงานของระบบสืบพันธุ์ รวมไปถึงใช้อธิบายลักษณะพฤติกรรมต่างๆของเต่าทะเล การศึกษาระดับฮอร์โมนจึงจะเป็นประโยชน์แก่เต่าทะเลเป็นอย่างมากในการวางแผนอนุรักษ์อย่างยั่งยืน (Heck *et al.*, 1997)

Estrogen hormone

ฮอร์โมน estrogen จะทำหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์ vitellogenin ใน Immature kemp's ridley(เต่าหญ้า) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญสำหรับตัวอ่อนของเต่าทะเล vitellogenin พบในกระแสเลือด จะส่งผลต่อการขนส่ง thyroid hormones และจะช่วยในกระบวนการ ovarian uptake mechanism ให้ทำงานดีขึ้น (Heck *et al*., 1997) ในการศึกษาในเต่าตนุเพศเมียในธรรมชาติในเดือนมิถุนายน และกันยายนจำนวน 14ตัวอย่างที่ทะเล Peninsular ประเทศมาเลเซียพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับ estrogen อยู่ที่ 0.47 ±0.06 pg/ml (Ikonomopoulou *et al*., 2014) แตกต่างจากการศึกษานี้ที่พบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน estrogen สูงสุดที่เดือนพฤษภาคม ตามด้วยมิถุนายนและกรกฎาคม ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 70.16 ±27.00, 21.00 ±9.23 และ 23.83 ±10.05 pg/ml ตามลำดับ ทั้งนี้แสดงถึงความสมบูรณ์พันธุ์ในกระบวนการสร้างฮอร์โมนของแม่เต่าตนุในที่กักขัง

Progesterone hormone

Progesterone เป็นฮอร์โมนที่สร้างโดยรังไข่หลังจากที่มีการตกไข่ ระดับฮอร์โมนprogesterone พบว่าจะสูงสุดในกรณีที่เต่าทะเลวางไข่สำเร็จมากกว่าเต่าทะเลที่วางไข่ไม่สำเร็จ(Al-Habsi *et al*., 2006) ในการศึกษาในเต่าตนุเพศเมียในธรรมชาติในเดือนมิถุนายน และกันยายนจำนวน 14ตัวอย่างที่ทะเล Peninsular ประเทศมาเลเซียพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับ Progesterone อยู่ที่ 34 ±2.97 ng/ml (Ikonomopoulou *et al*., 2014) แตกต่างจากการศึกษานี้ที่พบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน Progesterone จะสูงสุดในเดือนมิถุนายน 3.338 ±5.14 ng/ml ตามด้วยกรกฎาคมที่ 0.986 ±0.87 ng/ml และพฤษภาคม 0.306 ±0.16 ng/ml

Testosterone hormone

Testosteroneมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการวางไข่ในเต่าทะเลเพศเมีย โดยพบว่า testosterone จะหลั่งจากไข่ใบที่มีความสมบูรณ์ที่สุดในรังไข่ ก่อนที่จะเกิดการตกไข่ เมื่อเกิดการตกไข่แล้วฮอร์โมนจะตกลงสู่ระดับต่ำ การเลี้ยงเต่าอย่างหนาแน่นไม่ส่งผลกระทบต่อระดับฮอร์โมน testosterone ในการศึกษาในเต่าตนุเพศเมียในธรรมชาติในเดือนมิถุนายน และกันยายนจำนวน 14ตัวอย่างที่ทะเลPeninsular ประเทศมาเลเซียพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับ testosterone อยู่ที่ 0.63 ±0.06 ng/ml (Ikonomopoulou *et al*., 2014) ใกล้เคียงกับการศึกษานี้ที่พบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน testosterone สูงสุดที่เดือนพฤษภาคม ตามด้วยมิถุนายนและกรกฎาคม ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้น 0.84 ±0.87, 0.194 ±0.19และ 0.133 ±0.28 ng/ml ตามลำดับ

Thyroxin hormone

ในเต่าทะเลมีทั้ง thyroxin (T_4) และ triiodothyronine(T_3) ในกระแสเลือดโดยพบว่าระดับ T_4 จะมีปริมาณมากกว่า T_3 ในกระแสเลือดในเต่าตนุ สันนิษฐานว่าการเลี้ยงแบบกักขัง อุณหภูมิและระดับโปรตีนในอาหารจะส่งผลต่อค่าปริมาณไทรอยด์ฮอร์โมน ฮอร์โมนนี้จะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจำศีลและกระบวนการเมตาบอลิซึ่มในเต่าทะเลเป็นอย่างมาก และพบว่าอุณหภูมิในร่างกายจะถูกกำหนดด้วยระดับไทรอยด์ฮอร์โมน thyroxine ในกระแสเลือด ในการศึกษาในเต่าตนุเพศเมียในธรรมชาติในเดือนมิถุนายน และกันยายนจำนวน 14 ตัวอย่างที่ทะเลPeninsular ประเทศมาเลเซียพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับ thyroxine อยู่ที่ 3.7 ±0.03 ng/ml (Ikonomopoulou *et al*., 2014) แตกต่างจากการศึกษานี้ที่พบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน thyroxine

ในเดือนพฤษภาคม และมิถุนายนน้อยกว่า 1 ng/ml และกรกฎาคมที่ 1.194 ±0.27 ng/ml เป็นไปได้ว่าเต่าตนุแม่พันธุ์ที่เลี้ยงไว้ในที่กักขังมีระบบการเผาผลาญอาหารที่น้อยกว่าเพราะพื้นที่จำกัดและปริมาณ และชนิดอาหารที่ไม่หลากหลาย

Cortisol hormone

ฮอร์โมน cortisol มีความสำคัญในการตอบสนองต่อสภาวะเครียดหรือกดดันต่าง ๆ (Valente *et al.*, 2011) การศึกษาถึงระดับ cortisolในเต่าทะเลในที่กักขังมีน้อยมาก เคยมีรายงานวัดระดับcortisol ซึ่งขึ้นสูงสุดในเต่าแรกเกิดออกจากไข่เพื่อกลับสู่ทะเลครั้งแรกสูงสุดในช่วง 3และ 5ชั่วโมงแรก (Hamann *et al.*, 2007) เต่าที่ถูกเลี้ยงไว้อย่างหนาแน่นมากจะส่งผลต่อระดับ catabolism of energy และระดับฮอร์โมน cortisol จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในการศึกษาในเต่าตนุเพศเมียในธรรมชาติในเดือนมิถุนายน และกันยายนจำนวน 14 ตัวอย่างที่ทะเล Peninsular ประเทศมาเลเซียพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของระดับ cortisolอยู่ที่ 0.13 ±0.02 ng/ml (Ikonomopoulou *et al.*, 2014) กลุ่มที่ศึกษาใกล้เคียงกับการศึกษานี้ มีค่าความเข้มข้นของระดับ cortisolน้อยกว่า 1 ng/ml อาจเป็นไปได้ว่าเต่าตนุแม่พันธุ์กลุ่มที่ศึกษาถูกเลี้ยงในที่กักขังเป็นเวลานานทำให้มีความเคยชินกับมนุษย์ รวมถึงผู้ทำการศึกษาที่ได้มีการประเมินตรวจสุขภาพแม่เต่าตนุอย่างสม่ำเสมอทำให้แม่เต่าตนุไม่เกิดความเครียดเกิดขึ้น

สรุป

การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกของเต่าทะเลในประเทศไทยที่ยังไม่มีการศึกษาถึงระดับของฮอร์โมนที่ส่งผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์มาก่อน เต่าตนุถือเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองที่มีแนวโน้มที่ใกล้สูญพันธุ์ จำเป็นต้องอนุรักษ์ไว้ตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จากการศึกษาข้อมูลที่ศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนจะแตกต่างกันไปแต่ละในภูมิภาคทั่วโลก การจะรักษาหรือวางแผนอนุรักษ์เต่าตนุจำเป็นต้องทราบข้อมูลของระดับฮอร์โมนที่แน่นอน ทั้งนี้ ตามธรรมชาติ ทราบเพียงช่วงระยะเวลาที่เต่าตนุเพศเมียขึ้นมาวางไข่แต่ไม่ทราบช่วงเวลาที่เกิดการผสมพันธุ์กันในธรรมชาติ จากการศึกษานี้ใช้เวลาศึกษาในช่วงระยะเวลาสั้น ระดับฮอร์โมน estrogen และ testosterone สูงตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ซึ่งข้อมูลระยะเวลาก่อนหน้านั้นไม่มี ทำให้ไม่เห็นภาพมุมกว้างดังนั้นควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเป็นทั้งปีเพื่อให้เห็นภาพรวมของระดับฮอร์โมน รวมถึงใช้เครื่องมืออย่างอื่นมาพิจารณาร่วมด้วยเช่น ค่าเลือดมาตรฐาน ผลของ Ultrasound ในตัวเมียและคุณภาพของอสุจิ ความสมบูรณ์พันธุ์ในเพศผู้มาประกอบ ซึ่งยังไม่มีข้อมูลในเต่าตนุในที่เลี้ยงแบบกักขัง ทั้งนี้ปัจจัยอื่นๆก็อาจจะส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมทางธรรมชาติ เช่นการเลี้ยงแบบสถานที่เลี้ยงไม่ให้มีความคับแคบเกินไป มีสถานที่ที่เพียงพอสำหรับการผสมพันธุ์ มีพื้นที่เหมือนชายหาดเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการวางไข่ ในอนาคตควรมีการศึกษาต่อเพื่อต่อยอดการศึกษานี้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัย และพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยและ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Al-Habsi, AA., AY. Alkindi, IY. Mahmoud, DW. Owens, T. Khan and A. Al-Abri. 2006. Plasma hormone levels in the geen turtle (*cheronia mydas*) during peak period of nesting at ras Al-Hadd-omen. **Journal endocrinol.** 191: 9-14.

Valente, A.L.S., R. Velarde, M. LuzParga, I. Marco, S. Lavin, F. Alegre and R. Cuena. 2011. Reproductive status of captive Loggerhead sea turtles based on serum levels of gonadal steroid hormones corticosterone and thyroxin. **The Veterinary Journal.** 187: 255–259.

Heck, J., D.S. MacKenzie, D. Rostal, K. Mesler and D. Owens. 1997. Estrogen Induction of Plasma Vitellogenin in the Kemp's Ridley Sea Turtle (*Lepidochelys kempi*). **General and Comparative Endocrinology.** 107: 280-288.

Ikonomopoulou, M.P., A.J. Bradley, K. Ibrahim, M.A. Fernandez-Rojo, D. Vagenas and J.M. Whittier. 2014. Hormone and Metabolite Profiles in Nesting Green and Flatback Turtles: Turtle Species with Different Life Histories. **Advances in Zoology.** 503209: 9pages.

Hamann, M., T.S. Jessop and C.S. Schauble. 2007. Fuel use and corticosterone dynamics in hatchling geen sea turtleduring natal dispersal. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 353: 13–21.

Wibbels, T., D.W. Owens, C.J. Limpus, P.C. Reed, and M.S. Amoss Jr. 1990. Seasonal changes in serum gonadal steroids associated with migration, mating, and nesting in the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). **General and Comparative Endocrinology** 79: 154–164.

รายงานสัตว์ป่วย: การวินิจฉัยความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดในลูกแมวก่อนคลอด โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

Case report: Ultrasonographic Diagnosis of Congenital Abdominal Wall Defect in a Prenatal Kitten

เสลภูมิ ไพเราะ[1*] ณัฐวรรณ นิยติวัฒน์ชาญชัย[2] ปิยทิพย์ ชูเฉลิมพร[2] กมลชนก ศิลป์มณีพันธ์[2] พงษ์ศักดิ์ จันทร์ลอยนภา[2] และ เกษกนก ศิรินฤมิตร[1]

Selapoom Pairor[1*] Nutawan Niyatiwatchanchai[2], Piyathip Choochalermporn[2], Kamonchanok Silmaneephan[2], Phongsak Chanloinapha[2], and Kaitkanok Sirinarumitr[1]

บทคัดย่อ

แมวพันธุ์เมนคูน เพศเมีย อายุ 1 ปี 7 เดือน ถูกนำเข้ารับการตรวจที่โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ด้วยอาการคลอดยาก การตรวจช่องท้องด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง พบลูกแมวในมดลูก จำนวน 2 ตัว โดยตัวหนึ่งมีโครงร่างปกติ ส่วนอีกตัวหนึ่งพบมีการโผล่ยื่นของอวัยวะที่มีลักษณะคล้ายตับและลำไส้อยู่ภายนอกช่องท้อง และเมื่อทำการศัลยกรรมช่วยคลอด พบว่าลูกแมวตัวที่มีลักษณะผิดปกติที่ตรวจพบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้น มีความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิด โดยพบรูเปิดที่ผนังช่องท้องและมีการโผล่ยื่นของตับและลำไส้ออกมานอกช่องท้อง ลูกแมวตัวดังกล่าวเสียชีวิตในเวลาไม่นานภายหลังจากการศัลยกรรมช่วยคลอด การวินิจฉัยความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดในลูกแมวก่อนคลอดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นวิธีการที่มีความไวในการวินิจฉัย และเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการศัลยกรรมช่วยคลอดได้อย่างเหมาะสม

ABSTRACT

A female Maine coon cat, aged 1 years and 7 months old, was presented to Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital (KUVTH) because of dystocia. The abdominal ultrasound examination demonstrated 2 fetuses in the enlarged uterus. One fetus was shown normal ultrasonographic appearance. Ultrasonographic examination of another fetus demonstrated the eviscerated liver and small bowel floating in the amniotic fluid anterior to fetal abdomen. Following the cesarean delivery, gross examination of the affected newborn fetus revealed congenital abdominal wall defect with herniation of the liver and intestinal loop from the abdominal opening. This fetus died shortly after birth. Ultrasonographic examination is a sensitive tool for diagnosing congenital abdominal wall defect in a prenatal fetus and provides the good information for cesarean-section decision.

Key Words: congenital abdominal wall defect, cat, prenatal, ultrasonic diagnosis

* Corresponding author; e-mail address: Selapoom_ake@hotmail.com

[1] ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900

[2] Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bang Khen, Bangkok 10900

คำนำ

ความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิด (congenital abdominal wall defect) เป็นลักษณะความพิการของตัวอ่อนหรือทารกที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีความผิดปกติของการสร้างเอมบริโอ (embryogenesis) ในระยะที่มีการพัฒนาของผนังช่องท้อง (Wilson and Johnson, 2004) ทำให้มีการสร้างผนังหน้าท้องได้ไม่สมบูรณ์และเกิดการโผล่ยื่นของอวัยวะภายในออกมานอกช่องท้อง (Christison-Lagay *et al.*, 2011; Wilson and Johnson, 2004) ความผิดปกติดังกล่าวนี้มีรายงานการพบในแมวได้ไม่บ่อยนัก และมักเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตตั้งแต่แรกคลอด (Baker and Davidson, 2011; Pratschke, 2014) การตรวจท้องโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonography) ในช่วงอายุท้องที่เหมาะสม เป็นวิธีการที่มีความไว (sensitivity) ในการวินิจฉัยภาวะดังกล่าวตั้งแต่ก่อนคลอด (Agarwal, 2005; Baker and Davidson, 2011; Wilson and Johnson, 2004) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการหาสาเหตุของภาวะการคลอดยาก (dystocia) รวมทั้งการวางแผนสำหรับการช่วยคลอดและการจัดการภายหลังการคลอดได้อย่างเหมาะสม รายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอข้อมูลการวินิจฉัยความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดในลูกแมวพันธุ์เมนคูนก่อนคลอดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง

ประวัติสัตว์ป่วย

แมวพันธุ์เมนคูน เพศเมีย อายุ 1 ปี 7 เดือน ถูกนำเข้ารับการตรวจที่โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ด้วยอาการคลอดยาก ผู้เลี้ยงให้ประวัติว่าแมวตัวดังกล่าวตั้งท้องมาแล้วประมาณ 66 วัน นับจากวันผสมพันธุ์ โดยเป็นการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติกับแมวพันธุ์เมนคูน เพศผู้ อายุ 2 ปี ซึ่งอยู่ในบ้านเดียวกันแต่ไม่มีประวัติเกี่ยวข้องกันทางสายเลือด โดยเจ้าของพบว่าแมวเริ่มแสดงอาการเบ่งคลอดมาตั้งแต่ช่วงค่ำของวันที่ 65 ของการตั้งท้อง อาการเบ่งคลอดเริ่มถี่และแรงขึ้นในช่วงเช้าของวันที่ 66 ของการตั้งท้อง แต่ไม่พบว่ามีการคลอดเกิดขึ้น ซักประวัติเพิ่มเติมพบว่าแมวตัวดังกล่าวเป็นแมวที่เลี้ยงระบบปิด ได้รับการฉีดวัคซีนและการป้องกันปรสิตทั้งภายในและภายนอกอย่างสม่ำเสมอ ไม่เคยได้รับการวินิจฉัยว่ามีโรคประจำตัว การตั้งท้องครั้งนี้เป็นครั้งที่ 2 ในขณะตั้งท้องไม่พบว่ามีการแสดงอาการป่วยแต่อย่างใด การซักประวัติเกี่ยวกับการตั้งท้องครั้งแรก ได้ข้อมูลว่าไม่พบภาวะคลอดยาก และไม่พบว่ามีลูกแมวตัวใดมีลักษณะผิดปกติแต่กำเนิด

ตรวจร่างกายเบื้องต้น พบว่าแมวมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมดี มีอุณหภูมิร่างกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ (101 องศาฟาเรนไฮต์) เยื่อเมือกเป็นสีชมพูปกติ ค่า capillary refill time (CRT) เป็นปกติ ไม่พบภาวะแห้งน้ำ ตรวจฟังเสียงปอดและเสียงหัวใจไม่พบเสียงผิดปกติ อัตราการเต้นของหัวใจ 180 ครั้งต่อนาทีและมีจังหวะการเต้นที่สม่ำเสมอ อัตราการหายใจ 45 ครั้งต่อนาที พบการขยายใหญ่ของช่องท้อง พบน้ำนมไหลจากเต้านม และพบสิ่งคัดหลั่งเป็นเมือกใสทางช่องคลอด แมวแสดงอาการเบ่งคลอดเป็นระยะโดยที่ไม่มีการคลอดเกิดขึ้น

แมวได้รับการเจาะเลือดตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินสุขภาพ แล้วจึงเข้ารับการวินิจฉัยด้วยการถ่ายภาพรังสีของช่องท้อง (abdominal radiography) และตรวจช่องท้องด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (abdominal ultrasonography) ผลการตรวจเลือดไม่พบความผิดปกติ ภาพถ่ายรังสีของช่องท้องในท่านอนตะแคงขวาและนอนหงาย พบช่องท้องขยายใหญ่ มีโครงกระดูกของลูก (fetal skeleton) อย่างน้อย 1 ตัวอยู่ในมดลูก ไม่พบการสะสมของแก๊สภายในมดลูก คะเนอายุลูกโดยประเมินจากการพัฒนาของโครงกระดูกได้ไม่น้อยกว่า 60 วัน

การตรวจช่องท้องด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (GE^{TM} Logiq E9; real-time ultrasound scanner with 13 MHz broadband, transabdominal linear transducer) พบการขยายขนาดขึ้นของมดลูกและพบของเหลวที่มีลักษณะเป็น anechoic fluid อยู่ภายใน ไม่พบลักษณะของการอักเสบหรือการสะสมของเหลวอย่างผิดปกติอยู่ภายในช่องท้อง และไม่พบลักษณะผิดปกติของอวัยวะอื่นๆ ภายในช่องท้อง การตรวจมดลูกเพิ่มเติม พบลูกอยู่ในมดลูกจำนวน 2 ตัว โดยลูกแต่ละตัวอยู่ในถุงหุ้มตัวอ่อน (fetal sac) ที่แยกจากกัน และพบอยู่ในปีกมดลูก (uterine horn) คนละด้าน โดยพบลูกตัวแรกอยู่ในปีกมดลูกทางด้านขวา การตรวจประเมินลักษณะโครงร่างด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงไม่พบความผิดปกติ วัดขนาดของศีรษะที่ตำแหน่งที่กว้างที่สุดของกะโหลก (biparietal diameter; BPD) ได้ 2.50 เซนติเมตร วัดความยาวลำตัวตั้งแต่ส่วนหน้าสุดของกะโหลกจนถึงส่วนท้ายสุดของหลัง (crown-rump length; CRL) ได้ไม่น้อยกว่า 8.50 เซนติเมตร อัตราการเต้นของหัวใจไม่น้อยกว่า 250 ครั้งต่อนาที

วัด gestational sac diameter (GSD) ได้ประมาณ 3.60 เซนติเมตร ส่วนลูกตัวที่สองพบอยู่ในปีกมดลูกด้านซ้าย วัดขนาด BPD ได้ประมาณ 1.14 เซนติเมตร (Figure 1A) วัดขนาด CRL ได้ไม่น้อยกว่า 5.40 เซนติเมตร พบการโผล่ยื่นของอวัยวะคล้ายตับและลำไส้อยู่นอกช่องท้อง โดยพบลอยอยู่ในของเหลวภายในถุงหุ้มตัวอ่อน (Figure 1B) วัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ไม่น้อยกว่า 200 ครั้งต่อนาที วัดขนาด GSD ได้ประมาณ 3.20 เซนติเมตร คำนวณอายุท้องโดยประมาณด้วยการคำนวณจากสูตรของ Pollard *et al.* (2015) โดยใช้ค่า BPD จากลูกที่พบอยู่ในปีกมดลูกด้านขวาได้เป็น 65.5 ± 2 วัน ซึ่งสอดคล้องกับประวัติการผสมพันธุ์และการตั้งท้องของแม่แมว

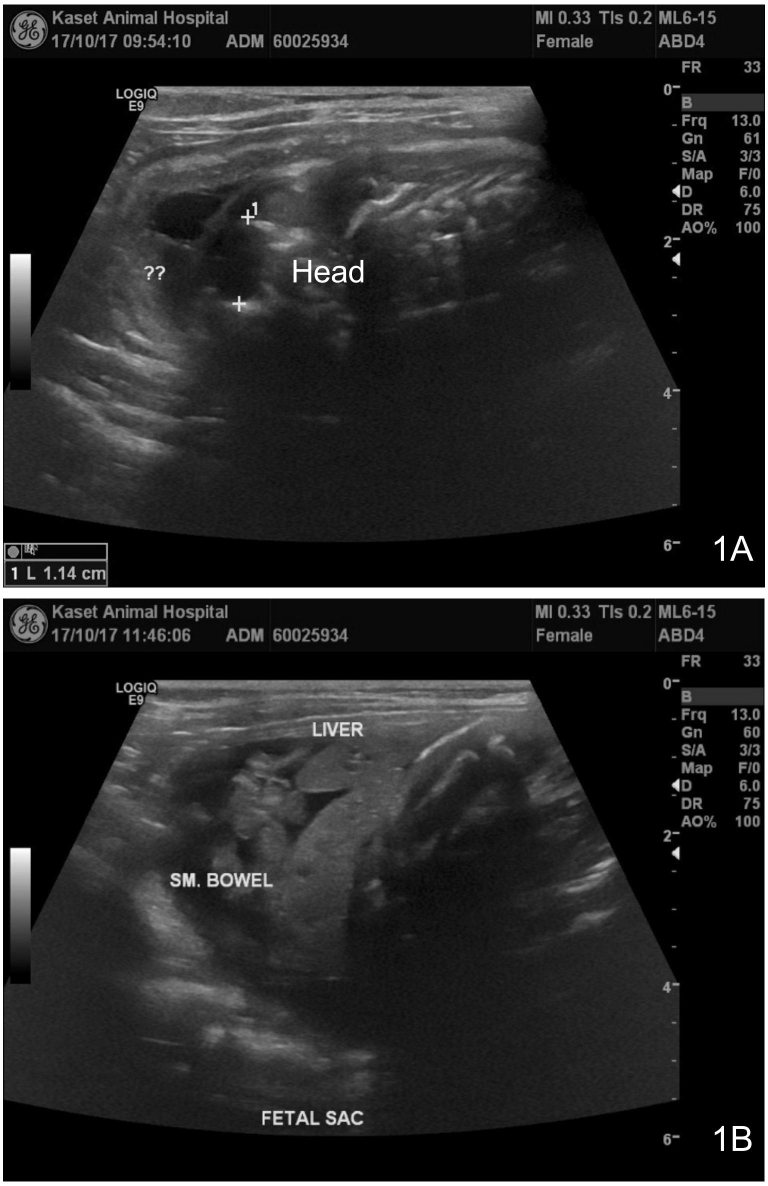


Figure 1 Transabdominal ultrasonographic features of the affected fetus. Transverse view of the fetal head demonstrating a small skull with the BPD of 1.14 cm (A). Transverse view of the fetal abdomen demonstrating eviscerated liver and small bowel floating in the amniotic fluid anterior to fetal abdomen (B). SM. BOWEL = small bowel.

จากลักษณะที่พบโดยการตรวจช่องท้องด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง สามารถให้การวินิจฉัยก่อนคลอด (prenatal diagnosis) ว่าลูกตัวที่สองมีการโผล่ยื่นของอวัยวะภายในซึ่งมีลักษณะคล้ายตับและลำไส้ออกมาอยู่นอกช่องท้อง ซึ่งอาจเป็นผลจากมีความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิด และอาจเป็นสาเหตุของภาวะคลอดยากในแม่แมวรายนี้ จึงได้แนะนำให้แก้ไขภาวะคลอดยากโดยการศัลยกรรม

ในการศัลยกรรม แมวได้รับสารน้ำชนิด 0.9% NaCl เข้าทางเส้นเลือดดำในอัตราเร็ว 10 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง และได้รับการเหนี่ยวนำการสลบด้วย propofol (Troypofol™ 1% w/v; Troikaa Pharmaceuticals Ltd., India) ในขนาด 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ให้เข้าทางเส้นเลือดดำ แล้วจึงสอดท่อช่วยหายใจและต่อเครื่องดมยาสลบ แล้วคงระดับการสลบด้วยยาดมสลบ isoflurane (Attane™; Piramal Critical Care, Inc., USA) ในระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงเปิดผ่าช่องท้องบริเวณข้างลำตัวด้านซ้าย ยกมดลูกออกมานอกช่องท้อง เปิดผ่าปีกมดลูกแล้วนำลูกแมวออกจากมดลูกโดยเริ่มจากด้านขวาแล้วตามด้วยด้านซ้าย แล้วจึงตัดรังไข่และมดลูกด้วยวิธี ovariohysterectomy และเย็บปิดผนังช่องท้องตามลำดับ ในการศัลยกรรมครั้งนี้ ใช้ morphine (morphine sulfate pentahydrate 10 mg/mL; M&H manufacturing Co.,Ltd., Thailand) ขนาด 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เข้าทางกล้ามเนื้อ และ tolfenamic acid (Tolfedine® 4% w/v; Vetoquinol, Australia) ขนาด 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เข้าทางใต้ผิวหนัง เพื่อควบคุมความเจ็บปวด และให้ยาปฏิชีวนะ cephazolin (Cefaben® 200 mg/mL; LBS Lab Ltd., Thailand) ขนาด 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เข้าทางเส้นเลือดดำเพื่อควบคุมการติดเชื้อ แมวมีการฟื้นตัวภายหลังการศัลยกรรมดี

ภายหลังการศัลยกรรมช่วยคลอด พบว่าลูกแมวตัวแรกมีลักษณะทางกายภาพปกติ มีน้ำหนักตัว 80 กรัม ความยาวลำตัวถึงโคนหางประมาณ 9.50 เซนติเมตร สามารถหายใจได้เองเป็นปกติ ส่วนลูกแมวตัวที่สองมีน้ำหนักตัว 50 กรัม ความยาวลำตัวถึงโคนหางประมาณ 6.20 เซนติเมตร พบความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิด โดยพบรูเปิดที่ผนังช่องท้อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.80 เซนติเมตร และมีการโผล่ยื่นของตับและลำไส้ออกมานอกช่องท้องผ่านทางรูเปิดดังกล่าว ร่วมกับมีลักษณะศีรษะผิดรูปและพบการโผล่ยื่นของเนื้อเยื่อสมองบางส่วนอยู่นอกกะโหลกศีรษะ (Figure 2A และ 2B) ลูกแมวตัวที่สองเสียชีวิตในเวลาไม่นานภายหลังการศัลยกรรมช่วยคลอด อย่างไรก็ดี เจ้าของไม่ยินยอมให้มีการเปิดผ่าชันสูตรร่างกายภายหลังการเสียชีวิต (necropsy) จึงไม่สามารถระบุเพิ่มเติมได้ว่ามีความผิดปกติแต่กำเนิดของอวัยวะอื่นร่วมด้วยหรือไม่

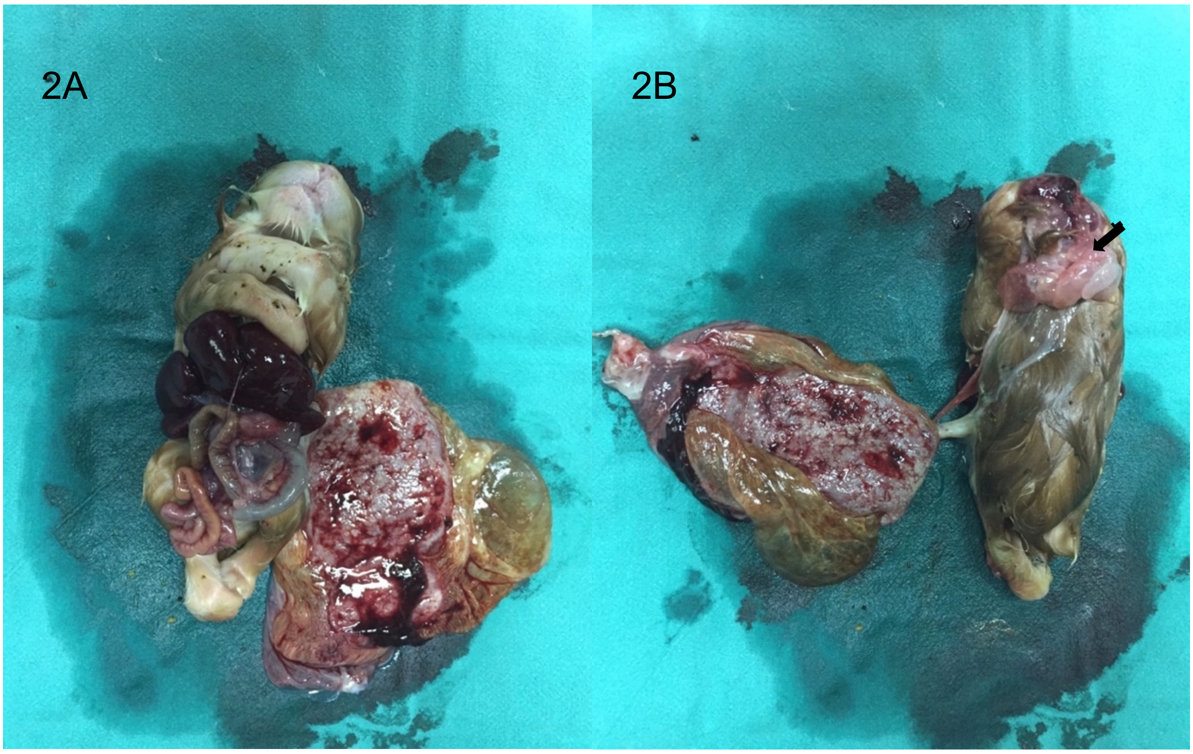


Figure 2 External appearance of the affected kitten. Ventral (A) and dorsal (B) view of the affected kitten exhibiting a large abdominal wall defect with eviscerated liver and intestinal loop. Note the protrusion of the brain from the skull (arrow).

สรุปและวิจารณ์

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่มีระยะเวลาการตั้งท้องตามธรรมชาติยาวนานประมาณ 65 วัน นับจากวันผสมพันธุ์ (เกษกนก, 2559) อย่างไรก็ดี เนื่องจากแมวเป็นสัตว์ที่ไม่ตกไข่เองตามธรรมชาติ การตกไข่จะเกิดขึ้นภายใน 29-40 ชั่วโมงหลังการผสมพันธุ์ จากการเหนี่ยวนำโดย penile spine ของตัวผู้ในขณะผสมพันธุ์ (England, 2010) ดังนั้น การกำหนดวันคลอดในแมวจึงไม่อาจทำได้โดยแม่นยำเท่าในสุนัขที่สามารถทราบวันตกไข่โดยการตรวจระดับฮอร์โมน progesterone (เกษกนก, 2558) สำหรับแมวในรายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้ เจ้าของให้ประวัติว่ามีการตั้งท้องมานานประมาณ 66 วันนับจากวันผสมพันธุ์ ซึ่งยังอยู่ในช่วงระยะเวลาการตั้งท้องปกติ แต่เนื่องจากแมวมีอาการเบ่งคลอดอย่างต่อเนื่องมานานกว่า 12 ชั่วโมงโดยไม่พบการคลอด จึงให้การวินิจฉัยว่าแมวรายนี้มีปัญหาการคลอดยาก

ปัญหาการคลอดยาก อาจเป็นผลมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแม่ (maternal factors) เช่น การเกิดปัญหามดลูกล้า (uterine inertia) หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวลูก (fetal factors) เช่น มีความผิดปกติทางกายวิภาคของลูก (anatomical anomalies) เป็นต้น อย่างไรก็ดี พบปัญหาการคลอดยากในแมวได้ไม่บ่อยนัก โดยปัญหาการคลอดยากในแมวที่พบมักเป็นผลจากการได้รับยาบางชนิดในขณะตั้งท้อง เช่น ยาคุมกำเนิด หรือเกิดจากแม่แมวมีความผิดปกติในช่องเชิงกราน หรือลูกแมวมีความผิดปกติหรือเสียชีวิตทั้งหมดในท้อง ทำให้ขาดฮอร์โมนในการเหนี่ยวนำการคลอด (เกษกนก, 2559) ส่วนการคลอดยากที่เกิดจากปัญหามดลูกล้าพบได้ไม่บ่อยนัก (Davidson, 2010) สำหรับปัญหาการคลอดยากของแมวในรายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้ สันนิษฐานว่าเกิดจากลูกแมวในท้องมีความผิดปกติ

ในกรณีที่ครบกำหนดที่คาดว่าแมวควรจะคลอดลูก แต่ไม่พบว่ามีการคลอดเกิดขึ้น สัตวแพทย์ควรแนะนำให้เจ้าของแมวพาแมวมารับการตรวจท้องโดยการถ่ายภาพรังสีร่วมกับการตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งอาจช่วยหาสาเหตุของปัญหาคลอดยากได้ โดยพบว่าการตรวจท้องโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในช่วงอายุท้องที่เหมาะสม จะมีความไวและความแม่นยำในการตรวจประเมินความผิดปกติของลูกในท้อง รวมทั้งยังใช้ในการประเมินการมีชีวิตอยู่ของลูกในท้องได้อีกด้วย (Zambelli, 2012) นอกจากนี้ การตรวจระหว่างการตั้งท้องในระยะต่างๆ โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ยังช่วยให้ทราบการพัฒนาการของตัวอ่อนภายในท้อง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการให้ข้อมูลแก่เจ้าของแมวในการเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ เช่น การประเมินวันคลอด หรือการตัดสินใจทำศัลยกรรมช่วยคลอด เป็นต้น โดยมีข้อแนะนำว่าในการวัดขนาดโครงสร้างของลูกเพื่อนำค่าตัวชี้วัดต่างๆ มาใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินวัดคลอดนั้น หากมีลูกมากกว่าหนึ่งตัว ควรทำการวัดค่าจากลูกมากกว่าหนึ่งตัวแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ (เกวลี, 2555) ในแมวป่วยรายนี้ การตรวจท้องด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง พบลักษณะความผิดปกติทางกายภาพของลูกในท้อง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการคลอดยากได้ และเมื่อประเมินอาการเบ่งคลอดของแมว ร่วมกับการประเมินอายุและความพร้อมของลูกแมวจากข้อมูลช่วยวินิจฉัยต่างๆ แล้ว สัตวแพทย์จึงแนะนำให้มีการศัลยกรรมช่วยคลอดเพื่อช่วยชีวิตลูกแมว

ความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดของลูกแมวในรายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้ อาจเป็นผลจากความผิดปกติในระหว่างการสร้างเอมบริโอในระยะที่มีการพัฒนาของผนังช่องท้อง (Wilson and Johnson, 2004) ทำให้มีการสร้างผนังหน้าท้องได้ไม่สมบูรณ์และเกิดการโผล่ยื่นของอวัยวะภายในออกมานอกช่องท้อง (Christison-Lagay *et al*., 2011; Wilson and Johnson, 2004) โดยความผิดปกติดังกล่าวนี้มีรายงานการพบในแมวได้ไม่บ่อยนัก และมักเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตตั้งแต่แรกคลอด (Baker and Davidson, 2011; Pratschke, 2014) การตรวจท้องโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงในช่วงอายุท้องที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่มีความไวในการวินิจฉัยภาวะดังกล่าวได้ตั้งแต่ก่อนคลอด (Agarwal, 2005; Baker and Davidson, 2011; Wilson and Johnson, 2004) อย่างไรก็ดี ความแม่นยำของการประเมินความผิดปกติดังกล่าวโดยใช้การตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้น อาจมีการแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ เช่น ความชำนาญของผู้ตรวจ ความไวของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจ อายุท้องในช่วงเวลาที่ทำการตรวจ รวมทั้งความพร้อมและการให้ความร่วมมือสัตว์ป่วยที่เข้ารับการตรวจ ฯลฯ

จากการศึกษาในคนพบว่า การเกิดความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิด อาจเป็นผลมาจากการตั้งครรภ์ตั้งแต่มารดาอายุน้อย ความผิดปกติของมารดาขณะตั้งครรภ์ การได้รับยาบางอย่างในขณะตั้งครรภ์ รวมทั้งอาจเป็นความผิดปกติทางพันธุกรรม (Wilson and Johnson, 2004) ส่วนการศึกษาในสัตว์นั้น แม้จะยังมีข้อมูลไม่มากนัก แต่มีรายงานว่าหากแมวที่กำลังตั้งท้องได้รับ acetylsalicylic acid, methotrexate และ ethylenethiourea อาจมีผลทำให้ลูกแมวมีความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดได้ (Khera, 1976; Khera *et al*., 1978; Vandorp et al, 2010) อย่างไรก็ดี ไม่พบว่าแมวในรายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้ มีประวัติการได้รับยาหรือสารเคมีดังกล่าว รวมทั้งไม่มีประวัติที่เกี่ยวข้องกับการตั้งท้องตั้งแต่อายุน้อย หรือการผสมพันธุ์สายเลือดชิด ส่วนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติทางพันธุกรรมนั้นยังไม่สามารถยืนยันได้

การวินิจฉัยความพิการของผนังหน้าท้องแต่กำเนิดในลูกแมวก่อนคลอดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงเป็นวิธีการที่มีความไวในการวินิจฉัย และเป็นประโยชน์ในการวางแผนการศัลยกรรมช่วยคลอดและการจัดการภายหลังการคลอดได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ภาพวินิจฉัยและรังสีรักษาทางสัตวแพทย์ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน แผนกศัลยกรรม โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และศูนย์เวชศาสตร์ระบบสืบพันธุ์ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน รวมทั้งเจ้าของสัตว์ป่วย ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำรายงานสัตว์ป่วยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

เกวลี ฉัตรดรงค์. 2555. การใช้อัลตราซาวด์วัดโครงสร้างลูกเพื่อประมาณวันคลอดในสุนัข. **วารสารสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย** 24(2): 25-31.

เกษกนก ศิรินฤมิตร. 2558. **วิทยาการระบบสืบพันธุ์สุนัขเพศเมีย.** โรงพิมพ์ บริษัท ทองสุขพริ้นต์ จำกัด, ปทุมธานี.

เกษกนก ศิรินฤมิตร. 2559. Things are not the same between dogs and cats: Guide to breeding management. *ใน* **การประชุมวิชาการบำบัดโรคสัตว์เลี้ยง ครั้งที่** 9 (VPAT Regional Veterinary **Congress 2016).** สมาคมสัตวแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Agarwal, R. 2005. Prenatal diagnosis of anterior abdominal wall defects: pictorial essay. **The Indian Journal of Radiology and Imaging** 15: 361-372.

Baker, T.W. and A.P. Davidson. 2011. Ultrasonography of the young patients, pp. 192-201. *In* M.E. Peterson and M.A. Kutzler., eds. **Small Animal Pediatrics: The First 12 Months of Life.** Saunders Elsevier, St. Louis.

Christison-Lagay, E.R., C.M. Kelleher, and J.C. Langer. 2011. Neonatal abdominal wall defects. **Seminars in Fetal & Neonatal Medicine** 16: 164-172.

Davidson, A. 2010. Problems during and after parturition, pp. 121-134. *In* G. England and A. von Heimendahl., eds. **BSAVA Manual of Canine and Feline Reproduction and Neonatology.** British Small Animal Veterinary Association, Gloucester.

England, G.C.W. 2010. Physiology and endocrinology of the female, pp. 1-12. *In* G. England and A. von Heimendahl., eds. **BSAVA Manual of Canine and Feline Reproduction and Neonatology.** British Small Animal Veterinary Association, Gloucester.

Khera, K.S. 1976. Teratogenicity studies with methotrexate, aminopterin, and acetylsalicylic acid in domestic cats. **Teratology** 14:21–27.

Khera, K.S. and F. Iverson. 1978. Toxicity of ethylenethiourea in pregnant cats. **Teratology** 18:311–313.

Pollard, R. and S. Hecht. 2015. Female reproductive tract, pp. 403-421. *In* D. Penninck, and M. d'Aujou., eds**. Atlas of Small Animal Ultrasonography.** John Wiley & Sons, Inc. Oxford.

Pratschke, K.M. 2014. Abdominal wall hernias and ruptures, pp. 269-280. *In* S.J. Langley-Hobbs, J.L. Demetriou, and J.F. Ladlow., eds. **Feline Soft Tissue and General Surgery.** Saunders Elsevier, St. Louis.

Van Dorp, D.R., J.M. Malleis, B.P. Sullivan, M.D. Klein. 2010. Teratogens inducing congenital abdominal wall defects in animal models. **Pediatric Surgery International** 26: 127-139.

Wilson, R.D. and M.P. Johnson. 2004. Congenital abdominal wall defect: An update**. Fetal Diagnosis and Therapy** 19: 385–398.

Zambelli, D. 2012. Reproductive physiology of feline pregnancy and parturition and conditions of the periparturient period, pp. 43-54. *In* C. Lopate., ed. **Management of Pregnant and Neonatal Dogs, Cats, and Exotic Pets.** John Wiley & Sons, Inc. Oxford.

ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนรวมใน seminal plasma กับการเคลื่อนที่ของอสุจิในช้างเอเชีย
Correlations of Total Protein in Seminal Plasma with Sperm Motility in Asian Elephant

กาวิล นันท์กลาง[1] สิทธิเดช มหาสาวังกุล[2] สุดธิษา เหล่าเปี่ยม[1] วิทย์ เลิศแสง[1] สุธี รัตนภิรมย์[1]
กรไชย กรแก้วรัตน์[1] พจนา วรรธนะนิตย์[3] เสรี กุญแจนาค[3] และ **<u>อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์</u>**[1*]
Gavin Nunklang[1], Sittidet Mahasawangkul[2], Sudthisa Laopiem[1], Wit Leartsang[1], Sutee Rattanapirom[1],
Kornchai Kornkaewrat[1], Podjana Wattananit[3], Seri Koonjaenak[3] and <u>Anuchai Pinyopummin</u>[1*]

บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนรวม (total protein) ใน seminal plasma (SP) กับการเคลื่อนที่ของอสุจิในช้างเอเชีย จากตัวอย่างน้ำเชื้อ 34 ตัวอย่างของช้าง 9 เชือก พบว่า น้ำเชื้อช้างแต่ละเชือกมีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ (mean±SE) (3.7±2.4 – 60.0±5.8) และมีปริมาณโปรตีนรวมใน SP (0.70±0.04 – 1.20±0.07 g/dL) ต่างกัน ($p<0.05$) เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างน้ำเชื้อตามร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่คือ กลุ่ม 1: น้อยกว่า 30 (16 ตัวอย่าง), กลุ่ม 2: 30 – 59 (14 ตัวอย่าง) และ กลุ่ม 3: ตั้งแต่ 60 ขึ้นไป (4 ตัวอย่าง) พบว่าปริมาณโปรตีนรวมใน SP ของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 0.87±0.05, 1.11±0.06 และ 1.13±0.05 g/dL ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ 1 มีค่าต่ำกว่าของกลุ่มที่ 2 และ 3 ($p<0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนของปริมาณโปรตีนรวมใน SP กับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่เท่ากับ 0.609 ($p<0.05$) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าในช้างเอเชีย ปริมาณโปรตีนรวมใน SP มีความสัมพันธ์ทางบวกกับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่

ABSTRACT

The correlations of total protein in seminal plasma (SP) with sperm motility were determined in Asian elephant. Semen samples (n = 34) from 9 males were studied. There were difference ($p<0.05$) in the motile sperm (mean±SE) (3.7±2.4 – 60.0±5.8 %) and SP total protein (0.70±0.04 – 1.20±0.07 g/dL) among males. When semen samples were grouped according to the motile sperm as 1) <30 % (n = 16), 2) 30-59 % (n = 14) and 3) ≥ 60 % (n = 4), the levels of SP total protein were 0.87±0.05, 1.11±0.06 และ 1.13±0.05 g/dL, respectively. The SP total protein of group 1 was lower ($p<0.05$) than those of group 2 and 3. Spearman rank correlation coefficient of SP total protein with the motile sperm was 0.609 ($p <0.05$). This study indicated that in Asian elephant, SP total protein had positive correlation with sperm motility.

Keywords: total protein, seminal plasma, sperm motility, Asian elephant

* Corresponding author; e-mail address: fvetacp@ku.ac.th

[1] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

[2] สถาบันคชบาลแห่งชาติ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จ. ลำปาง 52190

[2] The National Elephant Institute, The Forest Industry Organization, Lampang 52190, Thailand,

[3] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[3] Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

คำนำ

น้ำเชื้อประกอบด้วยอสุจิและน้ำเลี้ยงอสุจิ (seminal plasma; SP) โดย SP เป็นสิ่งคัดหลั่งจากอัณฑะ ท่อพักอสุจิ (epididymis) และต่อมช่วยสืบพันธุ์ (accessory sex glands) ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น โปรตีน สารให้พลังงาน และสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ (Gurupriya *et al.*, 2014; Juyena and Stelletta, 2012; Katila and Kareskoski, 2006) ทำหน้าที่เป็นสารอาหารและปกป้องอสุจิ ซึ่งในส่วนของโปรตีน พบว่าใน SP มีโปรตีนมากกว่า 2,000 ชนิด ทำหน้าที่ต่างๆ เช่น การจับกับ calcium ion, การต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย, การเคลื่อนที่ รวมทั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และการเกิด capacitation ของอสุจิ (Jodar *et al.*, 2017)

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ช้างเอเชียส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำเชื้อต่ำ โดยเฉพาะร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ (นิกร และคณะ 2544; O'Brien *et al.*, 2013) ทั้งนี้ มีรายงานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่กับปริมาณโปรตีนรวมในน้ำเชื้อ ซึ่งมีทั้งแบบสัมพันธ์ทางบวก เช่น ในแกะ (Almadaly *et al.*, 2016; Mahsud *et al.*, 2013) แบบสัมพันธ์ทางลบ เช่น ในกระบือ (Sharma *et al.*, 2016) และแบบไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่น ในคน (Lay *et al.*, 2001) ส่วนการศึกษาในช้างเอเชีย พบว่า น้ำเชื้อที่มีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่สูงมีปริมาณโปรตีนรวมในน้ำเชื้อ (Thongtip *et al.*, 2008) และในเลือด (Sajapitak *et al.*, 2016) มากกว่าน้ำเชื้อที่มีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ต่ำ

การศึกษานี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนรวมในน้ำเชื้อกับการเคลื่อนที่ของอสุจิ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอาจนำไปประกอบการพิจารณาการจัดการด้านอาหาร ซึ่งอาจจะช่วยให้ช้างมีคุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ช้าง

ช้างเอเชียตัวผู้ 9 เชือก สุขภาพดี อายุ 20 – 35 ปี เลี้ยงอยู่ที่ ศูนย์อนุรักษ์ช้างไทย สถาบันคชบาลแห่งชาติ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จ. ลำปาง ทำการรีดเก็บน้ำเชื้อระหว่างเดือนมกราคม 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 โดยทำรีดเก็บน้ำเชื้อเฉลี่ยเดือนละ 1 ครั้ง ทั้งนี้ช้างตัวผู้ทั้งหมดไม่ได้ใช้ผสมพันธุ์กับตัวเมีย

การรีดเก็บน้ำเชื้อและการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การรีดเก็บน้ำเชื้อ ทำโดยวิธีนวดส่วน ampullae ผ่านทางทวารหนัก (Schmitt and Hildebrandt, 1998) ได้ตัวอย่างน้ำเชื้อที่ไม่ปนเปื้อนปัสสาวะ จำนวน 34 ตัวอย่าง ทำการประเมินร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์ (phase contrast microscope) กำลังขยาย 100-400 เท่า ในการศึกษานี้ ใช้ร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่เป็นหลักในการประเมินคุณภาพน้ำเชื้อ

การเก็บตัวอย่าง seminal plasma

หลังการประเมินร้อยละของอสุจิที่มีการเคลื่อนที่ ทำการปั่นเหวี่ยงน้ำเชื้อที่ 1600x*g* เป็นเวลา 20 นาที และดูดเฉพาะส่วน supernatant ซึ่งเป็นส่วน SP เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับโปรตีนรวมต่อไป

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวม

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวม ใช้เครื่องตรวจสารชีวเคมีแบบอัตโนมัติ (ILab Aries, Instrumentation Laboratory, USA) ซึ่งเป็นวิธีการ modified biuret reaction ที่อาศัยปฏิกิริยาระหว่าง peptide bonds กับ Cu^{++} ions ในการเกิดสารประกอบมีสี ซึ่งจะเพิ่มการดูดกลืนแสงตามระดับความเข้มข้นของโปรตีน (IL Test™ Total protein, Instrumentation Laboratory, USA) ของโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนรวมเป็นช้างรายเชือก และข้อมูลที่ได้ นำมาแบ่งเป็นกลุ่มน้ำเชื้อแยกตามร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ ได้แก่ กลุ่ม 1: น้อยกว่า 30, กลุ่ม 2: 30-59 และ กลุ่ม 3: ตั้งแต่ 60 ขึ้นไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่และปริมาณโปรตีนรวม ระหว่างช้างรายเชือก วิเคราะห์โดย one-way analysis of variance และ Fisher's LSD multiple-comparison test การเปรียบเทียบความเข้มข้นของระดับโปรตีนรวม ระหว่างกลุ่มน้ำเชื้อแยกตามร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ วิเคราะห์โดยวิธี Kruskal-Wallis และ Dunn's tests

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของระดับโปรตีนรวม กับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ วิเคราะห์โดยใช้ Spearman’s correlation ทั้งนี้การวิเคราะห์ทั้งหมดกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p<0.05$

Table 1 Sperm motility and the concentration of total protein in seminal plasma in individual Asian elephant males (E2 – E11) (mean±SEM)

Parameters	E2	E3	E4	E5	E6	E8	E9	E10	E11
No. ejaculates	4	4	4	4	3	4	4	4	3
Sperm motility (%)	46.2 ± 6.2^{ab}	30.0 ± 9.1^{abc}	46.2 ± 2.4^{ab}	21.2 ± 11.6^{abc}	60.0 ± 5.8^{a}	27.5 ± 15.5^{abc}	3.7 ± 2.4^{c}	8.7 ± 7.2^{bc}	6.7 ± 3.3^{bc}
Total protein(g/dL)	1.13 ± 0.05^{ab}	1.20 ± 0.07^{a}	1.15 ± 0.10^{ab}	1.03 ± 0.14^{ab}	1.07 ± 0.03^{ab}	1.03 ± 0.10^{ab}	0.90 ± 0.11^{ab}	0.70 ± 0.04^{b}	0.77 ± 0.09^{ab}

a,b,c – values in the same row were differ significantly ($p<0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่และปริมาณโปรตีนรวมใน SP ของช้างรายเชือก

ผลการศึกษาพบความแตกต่าง ($p<0.05$) ของร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ (3.7±2.4–60.0±5.8) และปริมาณโปรตีนรวมใน SP (0.70±0.04 – 1.20±0.07 g/dL) ของช้างแต่ละเชือก (Table 1) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนรวมใน SP ของช้างเชือกที่มีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่สูงสุด (E6 – 1.07±0.03 g/dL) กับช้างเชือกที่มีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ต่ำสุด (E9 – 0.90±0.11 g/dL) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณโปรตีนรวมใน SP แยกตามกลุ่มร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่

ผลการศึกษาแสดงใน Table 2 โดยร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ (5.3±1.5 – 67.0±2.9) ของน้ำเชื้อแต่ละกลุ่มต่างกันอย่างชัดเจน ($p<0.05$) และปริมาณโปรตีนรวมใน SP ของกลุ่มที่ 1 (<30%) ต่ำกว่าของกลุ่มที่ 2 (30-59%) และ กลุ่มที่ 3 (≥60%) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีปริมาณโปรตีนรวมใน SP ไม่ต่างกัน

Table 2 The concentrations of total protein in seminal plasma of Asian elephant semen samples with different sperm motility (mean±SEM)

Parameters	Sperm motility		
	< 30 %	30 – 59 %	≥ 60 %
No. ejaculates	16	14	4
Mean motility (%)	$5.3±1.5^{a}$	$42.1±2.3^{b}$	$65.0±2.9^{c}$
Total protein (g/dL)	$0.87±0.05^{a}$	$1.11±0.06^{b}$	$1.13±0.05^{b}$

a,b,c – values in the same row were differ significantly ($p<0.05$).

ความสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนรวมใน SP กับการเคลื่อนที่ของอสุจิ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณโปรตีนรวมกับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่เท่ากับ 0.609 ($p<0.05$) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างปริมาณโปรตีนรวมใน SP กับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่

ปริมาณโปรตีนรวมใน SP ของน้ำเชื้อช้างเอเชีย (0.70±0.04-1.20±0.07 g/dL) ในการศึกษานี้ ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับที่รายงานก่อนหน้านี้ (0.63±0.04 g/dL ในช้างช่วงอายุ 23-43 ปี)(Thongtip *et al.*, 2008) ซึ่งอาจเกิดจากอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ตรวจต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมอื่นๆ เช่น โค (3.8 g/dL) แกะ (2.3-2.5 g/dL) แพะ (0.77-1.44 g/dL) กระบือ (5.74±0.18 g/dL) สุกร (3.7 g/dL) ม้า (0.95±0.04 g/dL) ลา (4.33±0.12 g/dL) อูฐ (2.2 g/dL) alpaca (4.0 g/dL) และ คน (3.01-4.68 g/dL) (Garner and Hafez,

2000; Juyena and Stelletta, 2012; Kershaw-Young and Maxwell, 2012; Lay *et al*., 2001; Talluri *et al*., 2017) อาจประมาณได้ว่าปริมาณโปรตีนรวมของน้ำเชื้อช้างเอเชีย มีค่าใกล้เคียงกับน้ำเชื้อของแพะและม้า

เนื่องจากคุณภาพน้ำเชื้อที่ตัวผู้หลั่งออกมาแต่ละครั้งมีความผันแปร จึงอาจเป็นผลให้ไม่สามารถชี้ชัดถึงความแตกต่างระหว่างช้างที่มีร้อยละของอสุจิเคลื่อนที่สูงกับช้างที่มีร้อยละของอสุจิเคลื่อนที่ต่ำ โดยใช้ปริมาณโปรตีนรวมใน SP ได้ อย่างไรก็ตาม การแบ่งกลุ่มน้ำเชื้อตามร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ ทำให้เห็นถึงความแตกต่างของปริมาณโปรตีนรวมใน SP ได้ชัดเจนขึ้น โดยน้ำเชื้อที่มีร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่สูง จะมีปริมาณโปรตีนรวมใน SP มาก หรือเป็นความสัมพันธ์ทางบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.609 ซึ่งเท่าที่ทราบ เป็นข้อมูลที่ยังไม่เคยมีการรายงานในช้างเอเชีย ทั้งนี้เมื่อเทียบกับแกะ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.728 (Mahsud *et al*., 2013) และ 0.616-0.895 (Almadaly *et al*., 2016) จะมีค่าใกล้เคียงกัน

โปรตีนใน SP สร้างโดยเซลล์ของอัณฑะ ท่อพักอสุจิ และต่อมช่วยสืบพันธุ์ ซึ่งเป็นการทำงานปกติของระบบสืบพันธุ์ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบสืบพันธุ์โดยทั่วไป ดังตัวอย่างในสุกร จะมีทั้งปัจจัยของตัวสัตว์เอง เช่น สายพันธุ์ อายุ ขนาดอัณฑะ ปัจจัยภายนอกเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความยาวช่วงแสง และปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ เช่น ความถี่ในการรีดเก็บน้ำเชื้อ อาหาร และสังคมแวดล้อม (Pinart and Puigmulé, 2013) จากตัวอย่างดังกล่าว ปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของระบบสืบพันธุ์หรือปริมาณโปรตีนรวมในน้ำเชื้อ คือ การจัดการทางด้านอาหาร ซึ่งอาจช่วยให้คุณภาพน้ำเชื้อดีขึ้นได้ ซึ่งในกรณีของช้าง จำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม

สรุป

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ในช้างเอเชีย ปริมาณโปรตีนรวมใน SP มีความสัมพันธ์ทางบวกกับร้อยละของอสุจิที่เคลื่อนที่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.609

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจาก สถาบันคชบาลแห่งชาติ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จ. ลำปาง และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณ สพ.ญ.ดร. สุพาที กิจค้า คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

นิกร ทองทิพย์ พรชัย สัญฐิติเสรี มังกร ดำยัง วุฒิวงศ์ ธีระพันธ์ ปิยวรรณ สุธรรมาภินันท์ สิทธิเดช มหาสาวังกุล ทวีโภค อังควาณิช ศรัณย์ จันทร์สิทธิเวช และ อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์. 2544. การศึกษาเบื้องต้นถึงลักษณะน้ำเชื้อของช้างเลี้ยงในประเทศไทย. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39** สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. หน้า 312-315.

Almadaly, E.A., F.A. Farrag, I.M. Saadeldin, M.A. El-Magd and I.M.A. El-Razek. 2016. Relationship between total protein concentration of seminal plasma and sperm characteristics of highly fertile, fertile and subfertile Barki ram semen collected by electroejaculation. **Small Ruminant Research** 144: 90-99.

Garner, D.L. and E.S.E. Hafez. 2000. Spermatozoa and seminal plasma. In: **Reproduction in Farm Animals**, 7th Edition. B. Hafez, E.S.E. Hafez (eds). Lippincott Williams & Wilkins, pp. 96-109.

Gurupriya, V.S., S.C. Roy, K. Dhama, D. Gopinath, V. Rekha, P.B. Aswathi, K.J. John and A. Gopalakrishnan. 2014. Proteases and proteases inhibitors of semen – A review. **Advances in Animal and Veterinary Sciences** 2: 447-456.

Jodar, M., A. Soler-Ventura and R. Oliva. 2017. Semen proteomics and male infertility. **Journal of Proteomics** 162: 125-134.

Juyena, N.S. and C. Stelletta. 2012. Seminal plasma: An essential attribute to spermatozoa. **Journal of Andrology** 33: 536-551.

Katila, T. and M. Kareskoski. 2006. Components of stallion seminal plasma and their influence on spermatozoa. **Pferdeheilkunde** 22: 193-200.

Kershaw-Young, C.M. and W.M.C. Maxwell. 2012. Seminal plasma components in camelids and comparisons with other species. **Reproduction in Domestic Animals** 47: 369-375.

Lay, M.F., M.E. Richardson, W.R. Boone, A.B. Bodine and R.J. Thurston. 2001. Clinical assisted reproduction: Seminal plasma and IVF potential. **Journal of Assisted Reproduction and Genetics** 18: 144-150.

Mahsud, T., H. Jamil, Z.I. Qureshi, M.N. Asi, L.A. Lodhi, M.S. Waqas and A. Ahmad. 2013. Semen quality parameters and selected bio-chemical constituents level in plasma of Lohi rams. **Small Ruminant Research** 113: 175-178.

O'Brien, J.K., K.J. Steinman, G.A. Montano, C.C. Love and T.R. Robeck. 2013. Sperm DNA fragmentation and morphological degeneration in chilled elephant (*Elephas Maximus* and *Loxodonta Africana*) semen collected by transrectal massage. **Andrology** 1(3): 387-400.

Pinart, E. and M. Puigmulé. 2013. Factors affecting boar reproduction, testis function, and sperm quality. In: **Boar Reproduction**. S. Bonet, I. Casas, W. V. Holt and M. Yeste (eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 109-202.

Sajapitak, S., K. Kornkaewrat, P. Suthunmapinanta, O. Boodde, S. Mahasawangkul and A. Pinyopummin. 2016. Investigation of relationship between expression of the glucose transporter3 (GLUT3) and sperm quality in Asian elephants (*Elephas maximus*). **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 40: 189-194.

Schmitt, D.L. and T.B. Hildebrandt. 1998. Manual collection and characterization of semen from Asian elephant (*Elephas maximus*). **Animal Reproduction Science** 53(1-4): 309-314.

Sharma, L., V. Pandey, R. Nigam, A. Saxena, D.K. Swain and B. Yadav. 2016. Association of oxidative status and semen characteristics with seminal plasma proteins of buffalo semen. **Iranian Journal of Veterinary Research** 17: 226-230.

Talluri, T.R., G. Mal and S.K. Ravi. 2017. Biochemical components of seminal plasma and their correlation to the fresh seminal characteristics in Marwari stallions and Poitou jacks. **Veterinary World** 10: 214-220.

Thongtip, N., J. Saikhun, S. Mahasawangkul, K. Kornkaewrat, P. Pongsopavijitr, N. Songsasen and A. Pinyopummin. 2008. Potential factors affecting semen quality in the Asian elephant (*Elephas maximus*). **Reproductive Biology and Endocrinology** 6: 9.

สาขาประมง

Subject: Fisheries

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

การใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาว การเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในห้องปฏิบัติการ

Application of *Bacillus* spp. for Controlling *Vibrio* spp. Causing White Feces Syndrome, Growth and Survival of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Laboratory Condition

พัณณิตา สุวานิชสุขสันต์[1*] นิติ ชูเชิด[1] และ อิสริยา วุฒิสินธุ์[2]

Pannita Suvanitsuksun[1*], Niti Chuchird[1] and Idsariya Wudtisin[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาว การรอดตายและเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนไม (*Litopenaeus vannamei*) ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง ทำการทดลองโดยใช้ถัง fiber glass ในการทดลอง จำนวน 12 ถัง แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ถัง คือ กลุ่มควบคุม ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ กลุ่มการทดลองที่ 1 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ในรูปแบบผงละเอียดผสมอาหารในอัตราส่วน 2 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม กลุ่มการทดลองที่ 2 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp.ในรูปแบบผงละเอียด ผสมอาหารในอัตราส่วน 4 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม และกลุ่มการทดลองที่ 3 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp.ในรูปแบบผงละเอียด ผสมอาหารในอัตราส่วน 6 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม แล้วเคลือบด้วยน้ำมันปลาหมึก หลังจากเลี้ยงเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าในลำไส้ของกุ้งชุดทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. เฉลี่ย $12.48\pm3.00\times10^6$, $4.13\pm0.27\times10^6$ และ $0.72\pm0.51\times10^6$ CFU/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีปริมาณแบคทีเรีย $22.57\pm3.01\times10^6$ CFU/มิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่ากลุ่มทดลองที่ผสม *Bacillus* spp. ในอาหารมีสายพันธุ์ของเชื้อก่อโรค *Vibrio* spp. น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ1.42±0.78 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติจากกลุ่มควบคุม กลุ่ม1 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.80±0.53, 0.58±0.57 และ 0.51±0.35 กรัม ตามลำดับ และอัตรารอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมในกลุ่มทดลองที่ 1, 2 และ3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 35.56±5.09, 43.33±3.33 และ 48.89±5.09 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุมที่มีอัตรารอดตายร้อยละ 24.44±6.94 ($P<0.05$)

ABSTRACT

Effect of *Bacillus* spp. on *Vibrio* spp. causing white feces syndrome, survival and growth of *Litopenaeus vannamei* was studied under laboratory condition. Twelve tanks were used and divided into 4 groups with 3 replicates per group. Control group, shrimp was fed with pelleted feed without *Bacillus* spp. Group1, shrimp were fed with pelleted feed mixed with *Bacillus* spp. powder at 2 g/kg of feed. Group2, shrimp were fed pelleted feed mixed with *Bacillus* spp. powder at 4 g/kg of feed. And in group3, shrimp were fed with pelleted feed mixed with *Bacillus* spp. powder at 6 g/kg of feed before coating with squid paste. After 30 day feeding trial, the average *Vibrio* spp. count in shrimp intestine of treatment group (group1, group2 and group3) were $12.48\pm3.00\times10^6$, $4.13\pm0.27\times10^6$ and $0.72\pm0.51\times10^6$ CFU/ml respectively, significantly lower than that of the control group ($22.57\pm3.01\times10^6$ CFU/ml) ($P<0.05$). The treatment group mix with *Bacillus* spp. had lower number of *Vibrio* spp. than that control group. The average increase body weight of shrimp in treatment group3 was 1.42±0.78 g show highest significantly different ($P<0.05$) than (control group, group1 and group2) was 0.80±0.53 g, 0.58±0.57 g and 0.51±0.35 g respectively. The average survival rate of shrimp in treatment group1, group2 and group3 was 35.56% , 43.33% and 48.89% respectively and control group was 24.44% with significantly different ($P<0.05$).

Keywords: *Bacillus* spp., *Vibrio* spp. and *Litopenaeus vannamei*

* Corresponding author; e-mail address: pannita.suvanit@gmail.com

[1]ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ 10900

[1] Aquaculture Business Research center, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ 10900

[2] Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900

คำนำ

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีการส่งออกและมูลค่ามากชนิดหนึ่งของไทยเนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีการพัฒนาสายพันธุ์ให้โตเร็ว เลี้ยงง่าย สามารถเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงได้ เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงกุ้งสายพันธุ์นี้กันอย่างแพร่หลายโดยเลี้ยงที่อัตราความหนาแน่นสูง มีการให้อาหารในปริมาณมาก จึงส่งผลให้เกิดการสะสมของของเสียภายในบ่อในปริมาณมาก จนส่งผลกระทบทำให้ค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงเสื่อมโทรมลง มีปริมาณแอมโมเนียในบ่อเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ทำให้กุ้งอ่อนแอ ป่วยและตายจากการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคต่างๆ โดยเฉพาะการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคขี้ขาว ซึ่งมีรายงานว่ามีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* spp. และกำลังเป็นปัญหาที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของไทยในปัจจุบัน (ชลอ และ พรเลิศ, 2547 ; มณฑกานต์ ,2557) เมื่อกุ้งตายจากการติดเชื้อแบคทีเรียส่งผลให้เกษตรกรบางรายหันมาแก้ปัญหาโดยนำยาปฏิชีวนะมาผสมอาหารให้กุ้งกินโดยหวังว่าจะสามารถลดการตายของกุ้งได้แต่สุดท้ายกลับทำให้เกิดปัญหายาปฏิชีวนะตกค้างในเนื้อเยื่อกุ้ง และทำให้เกิดปัญหาเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะในกุ้งที่เลี้ยง จนส่งผลร้ายต่อผู้บริโภค (วลัยพร, 2544) และเป็นเงื่อนไขสำคัญในการกีดกันทางการค้าของประเทศผู้ซื้อกุ้งหลายประเทศในปัจจุบัน

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นจึงมีความพยายามลดการใช้สารปฏิชีวนะและสารเคมีในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในปัจจุบันมีการหลีกเลี่ยงการใช้สารปฏิชีวนะ เช่นการใช้กรดอินทรีย์ และการนำจุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกมาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเพื่อควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในบ่อเลี้ยงกุ้ง (มณจันทร์, 2540) การใช้โพรไบโอติกในอาหารกุ้งเพื่อปรับสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง จุลินทรีย์บางชนิดสร้างสารเพื่อช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน บางชนิดเข้าไปแย่งอาหารหรือแย่งพื้นที่ยึดเกาะติดที่ผนังลำไส้จากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในกุ้งได้ การเลือกจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งนั้นควรเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในกุ้ง (non pathogen) และไม่ควรเป็นจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมแล้วสร้างสารพิษ หรือสามารถเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมากในบ่อเลี้ยง โดยจุลินทรีย์ที่ดีต้องมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของสิ่งมีชีวิตที่ก่อให้เกิดโรคได้ โดยการแย่งอาหารและที่อยู่ หรือยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์ และมีความสามารถในการเปลี่ยนสารพิษให้น้อยลงหรือไม่มีสารพิษ (วลัยพร, 2544) การใช้จุลินทรีย์สกุล *Bacillus* เพื่อเป็นโพรไบโอติกให้ได้ผลดีที่สุด ก็ต่อเมื่อได้รับจุลินทรีย์ผ่านทางการกินเข้าสู่ภายในระบบทางเดินอาหาร ต้องรอดชีวิต ยึดเกาะกับเยื่อบุภายในอวัยวะต่างๆ และแข่งขันกันเจริญเติบโตกับจุลินทรีย์ประจำถิ่น มีการเพิ่มปริมาณและผลิตสารเคมีที่เป็นประโยชน์ ในปัจจุบันนี้นิยมนำแบคทีเรียสกุล *Bacillus* มาใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำและใช้ในการบำบัดพื้นบ่อ (van Rijn *et al.*, 1995., van Rijn and Nussinovitch, 1997; Queiroz and Boyd, 1998)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาผลของแบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. 4 สายพันธุ์ ซึ่งแยกได้จากถั่วหมักในภาคเหนือของประเทศไทยในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาว การรอดตายและเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนไมในห้องปฏิบัติการ โดยผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโรคขี้ขาวในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp.

จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacillus* spp. ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นจุลินทรีย์ที่แยกมาจากถั่วหมักทางภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบไปด้วยสายพันธุ์ *Bacillus subtilis subsp. subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus methylotrophicus* โดย อ.ดร.วิเชียร ยงมานิตชัย ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการจำแนกสายพันธุ์ด้วยวิธี PCR–based technique ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เก็บรักษาในรูปผงละเอียด (lyophilized) และมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.0×10^{10} CFU/kg

2. แผนการทดลอง

การศึกษาใช้กุ้งขาวแวนนาไม ขนาดประมาณ 5-6 กรัม จากบ่อเลี้ยงของเกษตรกรซึ่งเป็นกุ้งป่วยที่แสดงอาการของโรคขี้ขาว คือพบขี้ขาวลอยตามผิวน้ำ มีกุ้งอ่อนแอตายในยอพบการติดเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. จำนวนมากในตับและเลือดกุ้ง จากฟาร์มในจังหวัดฉะเชิงเทรา มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง เมื่อเริ่มศึกษาได้ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักกุ้ง โดยสุ่มกุ้งมาปล่อยลงเลี้ยงในแต่ละถังที่อัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อถัง (60 ตัวต่อตารางเมตร) เลี้ยงกุ้งขาวทั้ง 4 กลุ่ม จำนวน 3 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยทำการชั่งน้ำหนัก นับอัตรารอดและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 10 วัน ซึ่งก่อนเปลี่ยนถ่ายน้ำจะวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้ถัง fiber glass ขนาด 500 ลิตร จำนวน 12 ถัง โดยในแต่ละชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ถัง คือ ชุดการทดลองที่ 1 ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปกติ (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 1 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. คลุกผสมอาหารในอัตราส่วน 2 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม ชุดการทดลองที่ 2 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. คลุกผสมอาหารในอัตราส่วน 4 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม และชุดการทดลองที่ 3 ให้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. คลุกผสมอาหารในอัตราส่วน 6 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 30 วัน

3. ผลของการใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp.ในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาวในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม

การวัดปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. และปริมาณแบคทีเรียรวมในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม จะเก็บข้อมูลที่ 30 วัน ในแต่ละชุดทดลองและชุดควบคุมจะทำการสุ่มกุ้งชุดละ 10 ตัว โดนการนำลำไส้กุ้งขาวในแต่ละการทดลองมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 1 กรัม แล้วนำไป homogenizer ซึ่งภายในบรรจุน้ำเกลือ 1.5% ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปวิเคราะห์จำนวนเชื้อแบคทีเรียสกุล *Vibrio* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ด้วยวิธีการ spread plate บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนที่ 2 นำไปนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA ด้วยวิธีการ spread plate ที่มีการเติมเกลือลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 1.5% นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการแยกโคโลนีที่เกิดขึ้นบนอาหาร เลี้ยงเชื้อ NA นำไป cross streak จนได้โคโลนีเดี่ยว แล้วใช้ลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียที่เจริญบน NA จำนวน 1–2 โคโลนี มาเลี้ยงในอาหาร NB (Nutrient Broth) ที่เติมเกลือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 96 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่าสาร เมื่อครบ 96 ชั่วโมง เก็บเชื้อจากอาหารเหลว NB เพื่อนำไปจำแนกดูแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่มีในลำไส้กุ้งขาว โดยการใช้ชุด API 50 CHB

4. **ผลของการใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. การเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนไม**

เก็บข้อมูลน้ำหนักในวันเริ่มต้นการทดลอง และวันที่ 30 โดยในแต่ละถังการทดลองสุ่มกุ้งขึ้นมาชั่ง ถังละ 10 ตัว โดยใช้ตาชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผลเพื่อวัดการเจริญเติบโต ส่วนอัตรารอดจะคำนวณตามสูตรดังนี้

$$\text{อัตรารอดตาย (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่รอดชีวิต}}{\text{จำนวนกุ้งทั้งหมดที่เลี้ยง}} \times 100$$

5. **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

นำข้อมูลปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio* spp. และปริมาณเชื้อแบคทีเรียรวม ในลำไส้กุ้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตรารอดตาย เมื่อทำการทดลองครบ 30 วันของในแต่ละการทดลอง มาคำนวณค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 17.0

ผลและวิจารณ์ผล

1. **ผลของแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ที่ก่อโรคขี้ขาวในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม**

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อ *Vibrio* spp. ในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไมแสดงไว้ใน (Figure 1) พบว่าในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไมมีปริมาณเชื้อ*Vibrio* spp. ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ผสม *Bacillus* spp. ในอัตราส่วน 2 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 22.57±3.01 ×10^{6} CFU/gm และ 12.48±3.00 ×10^{6} CFU/gm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มผสม *Bacillus* spp. ในอัตราส่วน 4 กรัม และ 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13±0.27 ×10^{6} CFU/gm และ 0.72±0.51 ×10^{6} CFU/gm ตามลำดับ และจากการจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่พบในลำไส้กุ้งขาวพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ให้อาหารผสมแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. มีสายพันธุ์เชื้อก่อโรคของ *Vibrio* spp. น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ คือ *Bacillus subtilis subsp. subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus methylotrophicus* มีความสามารถในการควบคุมแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ก่อโรคขี้ขาวในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไมได้และแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ทั้ง 4 สายพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างสปอร์ ทำให้สอดคล้องกับการศึกษาของ ปาจรีย์ (2554) ที่รายงานผลของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์กลุ่ม *Bacillus* spp. 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus velezensis*, *B.amyloliquifaciens*, *B. subtilis*, *B. megaterium* และกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่ส้ร้างสปอร์ คือ *Brevibacillus parabrevis* ในการยับยั้งเชื้อ *Vibrio harveyi* ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยการดู inhibition effect แสดงให้เห็นว่าการใช้ *Bacillus* spp. 4 สายพันธุ์ร่วมกันสามารถยับยั้งเชื้อ *Vibrio harveyi* ได้สูงกว่าแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ส้ร้างสปอร์ คือ *Brevibacillus parabrevis* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. มีความสามารถในการยึดเกาะเยื่อบุผิวภายในทางเดินอาหารและไปแย่งที่อยู่ของแบคทีเรียก่อโรคทำให้ไม่สามารถอาศัยในลำไส้ได้ อีก

ทั้ง *Bacillus* spp.เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะBacteriocin ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Jack *et al*., 1995)

จากการศึกษาปริมาณแบคทีเรียรวมในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม พบว่าปริมาณแบคทีเรียรวมในลำไส้ของกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.14±1.23 $\times 10^8$ CFU/gm ไม่แตกต่างกับปริมาณแบคทีเรียรวมในลำไส้ของกุ้งที่ได้รับ *Bacillus* spp. ในอัตรา 2 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.29±2.24$\times 10^8$ CFU/gm อย่างไรก็ตามปริมาณแบคทีเรียรวมในลำไส้ของกุ้งในกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มทดลองที่ได้รับ *Bacillus* spp. ในอัตราส่วน 4 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และ 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียรวมเท่ากับ 4.39±2.14 $\times 10^8$ CFU/gm และ 3.43±2.18 $\times 10^8$ CFU/gm ตามลำดับดังแสดงใน (Figure 2)

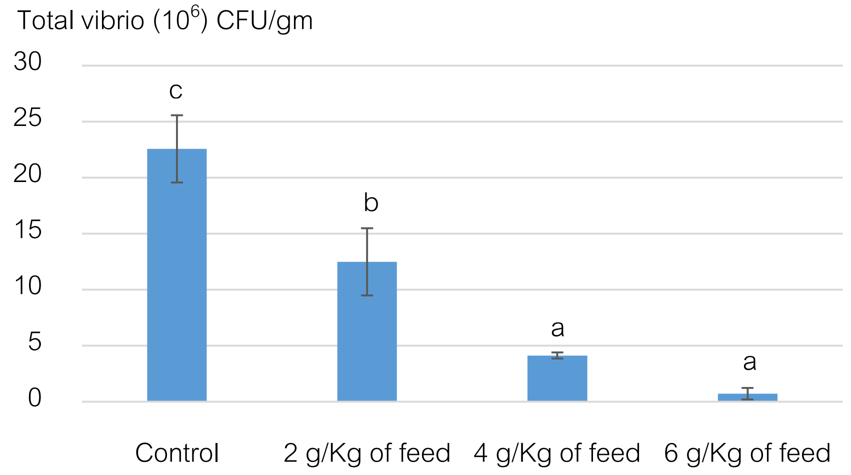


Figure 1: Total number of *Vibrio* spp. count at 30 days of feeding with different diet. Each value is mean±SD. Means with different letter superscripts are significantly different (P>0.05).

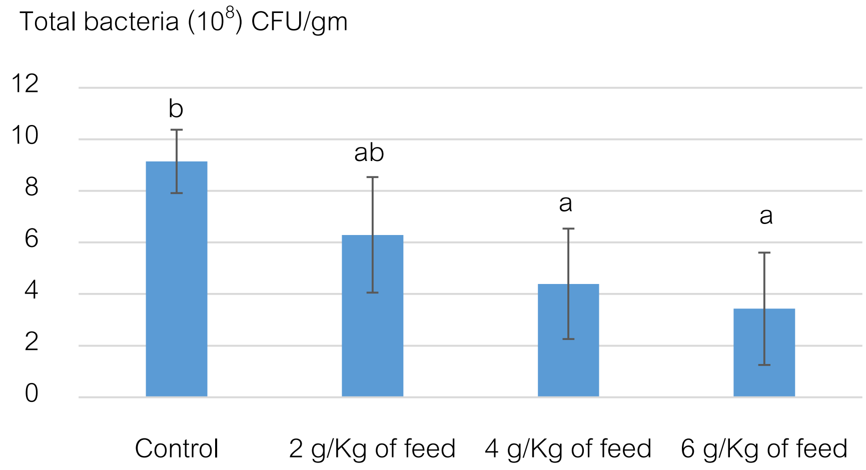


Figure 2: Total number of bacteria count at 30 days of feeding with different diet. Each value is mean±SD. Means with different letter superscripts are significantly different (P>0.05).

Table 1: Species of bacteria found in the intestine of experimental shrimp. (using API 50 CHB test kit)

Bacteria	without *Bacillus spp*. (control group)	*Bacillus spp*. at 2 g/Kg of feed	*Bacillus spp*. at 4 g/Kg of feed	*Bacillus spp*. at 6 g/Kg of feed
Bacillus spp.	*Bacillus subtilis* *B. pumilus* *B. licheniformis* *B.methylotrophicus*	*B. subtilis* *B.amyloliquefaciens* *B.licheniformis* *B.methylotrophicus*	*B. subtilis* *B.amyloliquefaciens* *B.methylotrophicus* *B.coagulans* *B.firmus*	*B. subtilis* *B.amyloliquefaciens* *B. licheniformis* *B. methylotrophicus* *B.megaterium*
Vibrio spp.	*Vibrio cholera* *V.parahaemolyticus* *V.fluvialis* *v.alginolyticus*	*V. cholera* *V.parahaemolyticus* *V.harveyi* *V. mimicus*	*V.parahaemolyticus* *V.fluvialis* *V.harveyi*	*V.parahaemolyticus* *V.fluvialis* *v.mimicus*

2. **ผลของแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม**

การศึกษาผลของแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ 30 วัน พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมกลุ่มที่ได้รับอาหารผสม *Bacillus* spp. ในอัตรา 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารผสมอัตรา 2 กรัม และ 4 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังแสดงใน (Table 2)

Table 2: The average increase body weight of *Litopeneaus vannamei* at 30 days of feeding with different diet.

Group	Increased body weight (g)
without *Bacillus spp*. (control group)	0.80±0.53[b]
Bacillus spp. at 2 g/Kg of feed	0.58±0.57[b]
Bacillus spp. at 4 g/Kg of feed	0.51±0.35[b]
Bacillus spp. at 6 g/Kg of feed	1.42±0.78[a]

Mean values with different superscripts are significantly different ($P>0.05$)

การศึกษาผลของแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. ต่อการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมพบว่าเมื่อครบ 30 วัน อัตรารอดตายเฉลี่ยกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.44±6.94 ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสม *Bacillus* spp. ในอัตรา 2, 4 และ 6 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 35.56±5.09, 43.33±3.33 และ 48.89±5.09 ตามลำดับ ดังแสดงใน (Figure 3)

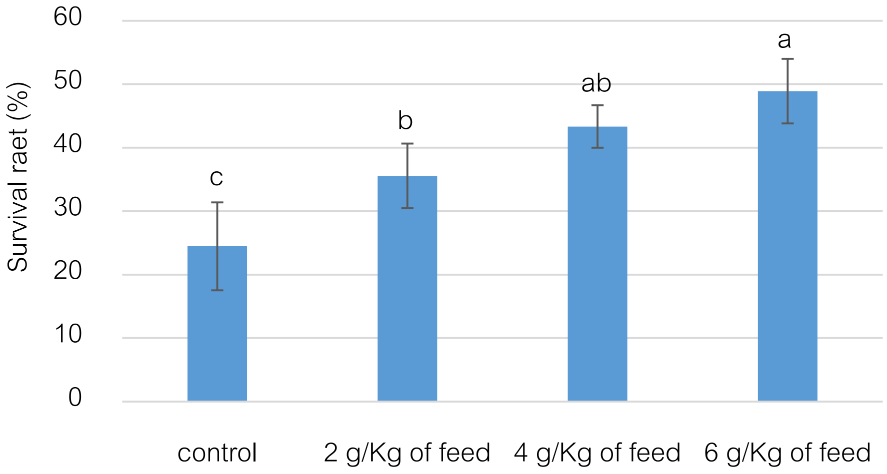


Figure 3: The survival rate of *Litopeneaus vannamei* at 30 days of feeding with different diets. Each value is mean±SD. Means with different letter superscripts are significantly different (P>0.05).

ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในลำไส้กุ้ง ทำให้ทราบว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. มีปริมาณของเซลล์จำนวนมาก ส่งผลให้แบคทีเรีย *Vibrio* spp. ที่อยู่ในลำไส้ไม่มีที่ยึดเกาะทำให้ปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ลดน้อยลง อีกทั้ง *Bacillus subtilis* ยังมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติกออกมา ซึ่งช่วยปรับสภาพพีเอชในทางเดินอาหารให้ไม่เหมาะสมต่อแบคทีเรียก่อโรค *Vibrio* spp. และผลิตสารแบคทีริโอซิน (bacteriocin) เพื่อช่วยในการยับยั้งเชื้อก่อโรคภายในลำไส้กุ้ง (Ali, 2006) ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับ Moriaty (1998) ที่ศึกษาว่า *Bacillus* spp. ที่ใช้ในบ่อเลี้ยงกุ้งและใช้เป็นโพรไบโอติกเพื่อควบคุมปริมาณ *Vibrio* spp. โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบในฟาร์มที่ประเทศอินเดีย ซึ่งประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคเรืองแสงที่มีสาเหตุมาจาก *Vibrio* spp. ในฟาร์มที่มีการใช้ *Bacillus* spp. ตลอดการเลี้ยงจะช่วยลดอัตราการตายและการเกิดโรคเรืองแสงได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้แบคทีเรียกลุ่มสร้างสปอร์ในการผสมอาหารให้กุ้งกินในอัตราส่วน 2 กรัมต่ออาหารกุ้ง 1 กิโลกรัม ในจังหวัดจันทบุรีเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าสามารถทำให้ปริมาณเชื้อก่อโรค *Vibrio* spp. ลดลงและอัตรารอดบ่อทดลองเท่ากับ 81.73% ซึ่งสูงกว่าบ่อควบคุม (ปาจรีย์, 2554)

สรุป

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการให้อาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Bacillus spp.* ทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus subtilis subsp. subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum*, *Bacillus licheniformis* และ *Bacillus methylotrophicus* เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถควบคุมปริมาณแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ซึ่งเป็นสาเหตุก่อโรคขี้ขาวในลำไส้ได้ เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของกุ้ง โดยปริมาณการใช้จุลินทรีย์ผสมอาหารในอัตราส่วนไม่น้อยกว่า 6 กรัม ต่ออาหารกุ้งสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ดร.วิเชียร ยงมานิตชัย ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp.

เอกสารอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณและพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. สนับสนุนการจัดพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติเพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคล เฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2557. บริษัทเมจิคพับบลิเคชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ.

ปาจรีย์ จือเหลียง. 2554. **การใช้แบคทีเรียกลุ่มสร้างสปอร์ในการควบคุมแบคทีเรียก่อโรค** *Vibrio harveyi* **ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม** (*Litopenaeus vannamei*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณจันทร์ เมฆธน. 2540. การใช้จุลินทรีย์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง, น. 70-72. ใน **การสัมมนาและนิทรรศการทางวิชาการงานกุ้งจันทบุรี 40**. กรมประมง, กรุงเทพฯ

มณฑกานต์ สมบูรณ์. 2557. **การศึกษาสาเหตุการเกิดโรคขี้ขาวในกุ้งขาวแวนนาไม** (*Litopenaeus vannamei*). วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

วลัยพร ทิมบุญธรรม. 2544. **การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ali Farzanfar. 2006. **The use of probiotics in shrimp culture**. Iranian Fisheries Research Organization(IFRO), No.297 Tehran, Iran, Editor: Willem van Leeuwen.

Jack, R. W., Tagg, J.R., and Ray, B. (1995). **Bacteriocins of Gram–positive bacteria**. Microbiological Review, 59(2), 171–200.

Moriarty, D.J.1998. **Control of luminous Vibrio species in penaeid aquaculture pond**. Aquaculture164:351-358.

Rajinikanth, T., P. Ramasamy and V. Ravi. 2010. **Efficacy of probiotic, growth promotors and disinfectants in shrimp grow out farms**. American-Eurasian J. Agric. &Environ. Sci., 7(3): 347-354.

van Riji, J. and Nussinovitch, A. 1997. **An empirical model for predicting degradation of organic matter in fish culture system based on short–term observations**. Aquaculture 154:173–179.

van Riji, Fonarew, N., and Berkowitz, B. 1995. **Anaerobic treatment of fish culture effluents: digestion of fish feed and release of volatile fatty acids**. Aquaculture 33: 9–20.

Queiroz, J.F. and Boyd, C.E. 1998. **Effect of bacterial inoculum in channel catfish ponds**. J. World Aquac. Soc. 29: 67–73.

คุณลักษณะของแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ *Bacillus* spp. และประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค AHPND

Characterization of Probiotic *Bacillus* spp. and Their Efficiency in Controlling of *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strain)

วีรสันต์ คิวเจริญ[1*] ชุมพล ศรีทอง[2] และ ประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ[1]

Werasan Kewcharoen[1*], Chumphon Srithong[2] and Prapansak Srisapoome[1]

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าโรคที่เกิดจากแบคทีเรียได้ส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค Acute hepatopacreatic necrosis disease (VP_{AHPND}) การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาแบคทีเรีย Probiotics ที่สามารถควบคุมเชื้อก่อโรคดังกล่าวได้ โดยศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* ที่แยกได้จากฟาร์มกุ้งภายในประเทศไทยโดยใช้คุณลักษณะทางชีวเคมีและลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA ซึ่งพบว่าประกอบด้วย *Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens/B. lentus* และ *B. subtilis* จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าแบคทีเรียทั้งสามชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิ 25 ถึง 40ºC นอกจากนี้ *B. pumilus* และ *B. subtilis* สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความเค็มตั้งแต่ 0 ถึง 50 ส่วนในพันส่วน (ppt) ยกเว้น *B. amyloliquefaciens/B. lentus* ที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความเค็ม 50 ppt และยังพบว่า *B. pumilus* และ *B. subtilis* มีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มี pH ระหว่าง 5 ถึง 9 อีกด้วย ยกเว้น *B. amyloliquefaciens/B. lentus* ที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มี pH เท่ากับ 9 และจากการศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ VP_{AHPND} ด้วยวิธี Co-culture system และ Dot-spot method พบว่า *B. subtilis* มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อ VP_{AHPND} มากกว่า *B. pumilus* และ *B. amyloliquefaciens/B. lentus* ที่ให้ผลที่ไม่แน่นอนในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND}

ABSTRACT

To date, diseases caused by bacteria greatly damage the culture of the Pacific white leg shrimp *(Litopenaeus vannamei)* world wide, particular *Vibrio parahaemolyticus* the causative agent of acute hepatopacreatic necrosis disease (VP_{AHPND}). The aim of the current study was to characterize effectively probiotic *Bacillus* bacteria isolated from shrimp farm in Thailand using biochemical properties and similarity of 16S rRNA genes. The isolated bacteria consisted of *Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens /B. lentus* and *B. subtilis*. These three *Bacillus* spp. could grow in various ranges of growth conditions including, salinity from 0 – 50 ppt, pH from 5 - 9, temperature ranged from 25-40ºC. The exceptional properties were partially found in *B. amyloliquefaciens/B. lentus*, that could not grow in salinity at 50 ppt and a pH of 9. Using co-culture system and dot-spot methods, the highest efficiency in controlling VP_{AHPND} was found in *B. subtilis*, while the other strains exhibited inconsistent effects of VP_{AHPND} controlling activities.

Keywords: Pacific white leg shrimp, Probiotic, *Bacillus*, *Vibrio parahhaemolyticus*, Acute hepatopacreatic necrosis disease.

*Corresponding author; e-mail address: werasan2535@gmail.com

[1]ห้องปฏิบัติการการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จัตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Laboratory of Aquatic Animal Health Management, Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bongkok, 10900

[2] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จัตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Chatuchak, Bongkok, 10900

คำนำ

กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลก เนื่องจากเป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและสามารถปรับตัวให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ทำให้กุ้งขาวสามารถสร้างรายได้และผลตอบแทนสูงกว่าสัตว์น้ำชนิด อื่น ๆ เป็นผลให้เกษตรกรทั่วภูมิภาคของไทยหันมาเลี้ยงกุ้งชนิดนี้กันเป็นจำนวนมาก ทดแทนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงมาในอดีต อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสภาพการเลี้ยงของเกษตรกรที่มีการปล่อยกุ้งอย่างหนาแน่นมากจนเกินไปและมีการเร่งกระบวนการเลี้ยงเพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้ผลตอบแทนและกำไรในการเลี้ยงให้สูงขึ้น นอกจากนี้การที่เกษตรกรมีการให้อาหารที่มากไปทั้งปริมาณและคุณภาพ ก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการเกิดโรคระบาด ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวของไทยกำลังประสบปัญหาความเสียหายอย่างหนัก อันเป็นผลมาจากการเกิดโรค Acute hepatopacreatic necrosis disease (AHPND) หรือรู้จักในอีกชื่อคือ “โรคตายด่วน” (Early Mortality Syndrome: EMS) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษต่อตับและตับอ่อน (Hepatopancreas) ของกุ้งได้ (VP_{AHPND}) ส่งผลทำให้กุ้งขาวเกิดการตายที่รุนแรงและสร้างความเสียหายต่ออุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวของไทยมาจนถึงปัจจุบัน (Joshi *et al*., 2014)

จากสาเหตุที่เกิดขึ้นดังกล่าว เกษตรกรส่วนใหญ่มักเลือกที่จะใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันและรักษา เนื่องจากยาปฏิชีวนะสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามการใช้ยาปฏิชีวนะที่ผิดวิธี หรือใช้มากเกินความจำเป็น โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา นอกจากจะก่อให้เกิดปัญหาการตกค้างของยาปฏิชีวนะในตัวสัตว์และในสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถก่อให้เกิดการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย มีผลทำให้ต้องใช้ยาปฏิชีวนะในปริมาณที่สูงขึ้น หรือต้องเสริมยาปฏิชีวนะชนิดอื่น เพื่อที่จะควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในระบบการเลี้ยงให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลกระทบด้านลบตามมาอย่างเนือง ๆ

เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวอย่างตรงประเด็น การใช้หลักโปรไบโอติกส์ซึ่งได้รับการพิสูจน์มาแล้วในสัตว์หลายกลุ่มว่ามีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต เสริมภูมิคุ้มกันโรค ยับยั้งเชื้อก่อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Balcázar *et al*., 2008; Pandiyan *et al*., 2013) และมีใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ทั้งในคน สัตว์บก สัตว์ปีกรวมถึงสัตว์น้ำหลายชนิด โดยเฉพาะในการเลี้ยงกุ้งขาวเอง พบว่ามีใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความพยายามนำเอาแบคทีเรียชนิดใหม่ ๆ มาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเสมอ ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงชนิดของ Probiotics ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งในประเทศ จะพบว่าส่วนใหญ่เป็นชนิดที่นำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกแบคทีเรียในกลุ่มของ *Bacillus* ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่จัดเป็น Probiotic ที่มีประสิทธิภาพและใช้กันอย่างแพร่หลายที่แยกได้จากฟาร์มกุ้งในประเทศไทย มาทดสอบประสิทธิภาพเพื่อการนำมาใช้เป็นโปรไบโอติกส์ ควบคุมเชื้อ VP_{AHPND} ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพการเลี้ยงจริง ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการลดผลกระทบด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยในปัจจุบันให้พลิกฟื้นกลับมาเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถดำเนินไปอย่างเข้มแข็งและยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การแยกเชื้อแบคทีเรียโปรไปโอติกส์

ทำการสุ่มแยกเชื้อแบคทีเรียจากลำไส้กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 3 ฟาร์ม ฟาร์มละ 10 ตัว โดยทำการเก็บตัวอย่างลำไส้ของกุ้งมาบดด้วยเครื่องบด แล้วเติม 1.5% NaCl 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางครั้งละ 10 เท่า (Serial Ten-fold dilution) เพื่อประเมินปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมด โดยวิธี Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol-egg yolk-polymyzin agar (MYP Agar) ที่มีความจำเพาะต่อแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการเลือกโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียที่พบ มาเขี่ยบนอาหาร Tryptic Soy Agar ผสม 1.5% NaCl ด้วยเทคนิค Cross streak streak และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดสอบและนำเชื้อไปเลี้ยงในอาหาร Tryptic soy broth (TSB) ผสม 1.5% NaCl ก่อนจะเติม กลีเซอรอลให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 20% ก่อนนำไปเก็บที่ -80ºC

2.2 การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp.

เขี่ยเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ลงในอาหาร TSA ผสม 1.5% NaCl ด้วยเทคนิค Cross streak และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกเฉพาะโคโลนีเดี่ยว ๆ (Single colony) ไปเพาะเลี้ยงต่อในอาหาร TSB ผสม 1.5% NaCl และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 18 ชั่วโมงในสภาพที่มีการเขย่าตลอดเวลาที่ 150 rpm จากนั้นนำไปปั่นที่ 4,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25ºC เป็นเวลา 7 นาที หลังจากนั้นทิ้งส่วนใส (Supernatant) และนำตะกอนของเชื้อแบคทีเรียที่ได้ไป Inoculate ลงใน 1.5% NaCl และจะทำการประเมินปริมาณแบคทีเรียที่ละลายอยู่ โดยดูจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ซึ่งพบว่าปริมาณของ *Bacillus* spp. ที่มีค่า Absorbance เท่ากับ 1.0 จะมีความเข้มของเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 1.95×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (CFU/mL) จากนั้นจะทำการเตรียมความเข้มของเชื้อแบคทีเรียให้ได้ 2×10^6 CFU/mL โดยใช้สารละลาย 1.5% NaCl

2.3 การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus*

นำแบคทีเรีย VP_{AHPND} สายพันธุ์ AQHVP1.2 ที่แยกได้จากกุ้งขาวแวนนาไมที่ป่วยและเก็บในห้องปฏิบัติการ การจัดการสุขภาพสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ผสม 1.5% NaCl ด้วยเทคนิค Cross streak จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคัดเลือกเฉพาะโคโลนีเดี่ยว ๆ ไปเพาะเลี้ยงต่อในอาหาร TSB ผสม 1.5% NaCl ตามวิธีการในข้อ 2.2 ซึ่งพบว่าปริมาณของ VP_{AHPND} ที่มีค่า Absorbance เท่ากับ 1.0 จะมีความเข้มของเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 5.0×10^8 CFU/mL จากนั้นจะทำการเตรียมความเข้มของเชื้อแบคทีเรียให้ได้ 2×10^6 CFU/mL โดยใช้สารละลาย 1.5% NaCl

2.4 การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ด้วยชุดทดสอบ API 50 CHB/E

ทำการจำแนกชนิดแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ทั้งสามชนิดโดยทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์โดยวิธีการย้อมแกรม (Gram's stain) โดยสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นอกจากนี้ยังทดสอบคุณสมบัติทางเคมีโดยนำสารละลายจากข้อ 2.2 ไปทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีด้วยชุดทดสอบ API CHB/E ตามวิธีของบริษัทผู้ผลิต (BioMerieux, France) จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ชนิดของแบคทีเรียด้วยโปรแกรมพื้นฐานภายในเว็บไซต์ของผู้ผลิต (apiWeb™, France)

2.5 การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ 16S rRNA

ทำการสกัด DNA ของ *Bacillus* spp. ที่ได้ด้วย DNA*zol* reagent โดยทำตามวิธีการของบริษัทผู้ผลิต (Molecular Research Center) จากนั้นนำ DNA ที่เตรียมได้ไปเป็น Template เพื่อนำไปเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยวิธี polymerase chain reaction (PCR) และใช้ Primer ที่จำเพาะต่อยีน 16sRNA ของแบคทีเรียในกลุ่มของ *Bacillus* ได้แก่ Forward primer (5‘-GCGGCGTGCCTAATACATGC-3) และ Reverse primer (5‘-CACCTTCCGATACGGCTACC-3‘) ตามวิธีของ Yamada *et al*. (2000) จากนั้นตรวจสอบขนาดของ PCR โดยใช้เครื่อง Electrophoresis ใน 2% agarose gel ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ แล้วตรวจสอบแถบ DNAด้วยการย้อมใน Ethidium bromide หลังจากนั้นนำ PCR product ไปเชื่อมต่อกับ pGEM-T Easy vector (Promega, USA) และทำการถ่ายฝากเข้าไป (Transformation) ในเชื้อ *Escherichia coli* strain JM109 แล้วทำการคัดเลือก Positive clone ที่มีชิ้น Insert โดยวิธี Blue-White colony screening จากนั้นทำการสกัดพลาสมิด โดยใช้ชุดสกัดสำเร็จรูป Plasmid DNA Extraction Mini Kit ตามวิธีการของบริษัทผู้ผลิต (Favorgen biotech, Taiwan) จากนั้นทำการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์โดยบริษัท Macrogen, Inc. (Korea) แล้วนำลำดับ นิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ (BlastN) ของยีน 16S rRNA ในฐานข้อมูล GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) เพื่อหาค่าความคล้ายคลึง (% homology) ของลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไป

2.6 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในสภาพหลอดทดลอง

ทดสอบความสามารถในการเจริญเติบโต เมื่ออยู่ในสภาวะเป็นกรด-ด่าง (pH), สภาวะที่มีความเข้มข้น NaCl และสภาวะที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Hyronimus *et al*. (2000) โดยนำสารละลายแบคทีเรียที่ได้จากข้อ 2.2 ที่มีความเข้มของเชื้อแบคทีเรียที่ $2x10^6$ CFU/mL 0.5 มิลลิลิตรมา Inoculate ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Müeller-Hinton broth ผสม 1.5% NaCl ปริมาตร 9.5 มิลลิลิตร ที่มีการปรับค่า pH ไว้เท่ากับ 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 และ 11 รวมถึง Müeller-Hinton broth ที่มีความเข้มข้นของ NaCl 0, 1, 2, 3, 4 และ 5% จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30ºC ในสภาพที่มีการเขย่าตลอดเวลา นอกจากนี้ นำเชื้อแบคทีเรียจากข้อ 2.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรไป Inoculate ลงหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ Müeller-Hinton broth ผสม 1.5% NaCl ปริมาตร 9.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 40ºC โดยจะตรวจสอบการเจริญเติบโต โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 120 ชั่วโมง โดยจะมีชุดการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2.7 การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย VP_{AHPND} ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ด้วยวิธี Dot-spot technique (ตามวิธีของ Spelhaug and Harlander, 1989)

ดูดสารละลายแบคทีเรียก่อโรคจากข้อ 2.3 มา 100 ไมโครลิตร จากนั้นหยดสารละลายแบคทีเรียก่อโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Müeller-Hinton agar ที่ผสม 1.5% NaCl จากนั้นเกลี่ยเชื้อบนผิวหน้าอาหารด้วยเทคนิค Spread plate จนแห้ง จากนั้นทำการแตะโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. แต่ละชนิดจากข้อ 2.2 ด้วยทิปปลายแหลมก่อนจะ นำมาแตะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการ Spread plate ด้วยเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} จำนวน 3 จุด โดยแต่ละจุดมีระยะห่างประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 30ºC เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจสอบการเกิดขอบวงใสของการยับยั้ง หรือ Clear zone ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ โคโลนีของเชื้อ *Bacillus* แต่ละชนิด ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ซึ่งถ้าพบขอบวงใสรอบ ๆ โคโลนีแบคทีเรียที่ทดสอบ แสดงว่าแบคทีเรียที่ทดสอบมีความสามารถในการสร้างสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค VP_{AHPND}

2.8 การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย VP_{AHPND} ของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ด้วยวิธี Co-Culture system ในน้ำทะเล

ดูดสารละลายแบคทีเรียจากข้อ 2.2 และ 2.3 มาชนิดละ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นหยดสารละลายแบคทีเรียทั้งสองชนิดลงในน้ำทะเลที่มี 1% Müeller-Hinton broth และมีความเข้มข้นของ NaCl 2.5% (25ppt) 9 มิลลิลิตร โดยชุดการทดสอบนี้จะใช้หลอดทดลองที่มีเฉพาะเชื้อแบคทีเรียชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม (Control) ชนิดละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C ในสภาพที่มีการเขย่าตลอดเวลา หลังจากนั้น ทุก ๆ 24 ชั่วโมง นำสารละลาย 100 ไมโครลิตรมา Spread plate เพื่อประเมินจำนวนเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Thiosulfate citrate bile salt sucrose (TCBS) agar และ แบคทีเรีย *Baciilus* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อMYP agar เป็นเวลาทั้งหมด 120 ชั่วโมง จากนั้นทำการคำนวณค่าจำนวนเชื้อแบคทีเรียแล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS ตามวิธีของ อนันต์ชัย (2542)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย *Bacillus* spp.

จากการสังเกตแบคทีเรียที่แยกได้จากลำไส้ของกุ้ง พบว่ามีแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่มีจำนวนมากในทุก ๆ ตัวอย่างมีจำนวน 3 ชนิด โดยชนิดแรก คือ *Bacillus* 4 (B4) ที่มีลักษณะโคโลนีสีขาวนวล มีรูปร่างกลม มีขอบและพื้นผิวเรียบ ชนิดที่ 2 คือ *Bacillus* 6 (B6) ที่มีลักษณะโคโลนีสีขาวนวล มีรูปร่างกลม ขอบเป็นหยักเป็นซี่และมีพื้นผิวขรุขระและชนิดที่ 3 คือ *Bacillus* 12 (B12) มีลักษณะโคโลนีสีขาว มีรูปร่างไม่แน่นอน มีขอบเรียบและมีพื้นผิวเป็นเมือกเยิ้ม หลังจากทำการย้อมแกรมพบว่า แบคทีเรียทั้งสามชนิดมีผลการย้อมแกรมเป็นบวก มีลักษณะของเซลล์เป็นแท่ง (Bacillus) นอกจากนี้เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางเคมี พบว่าแบคทีเรียทั้งสามชนิดมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ Catalase และ Oxidase และสามารถเคลื่อนที่ได้ หลังจากทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีวะเคมีด้วย API 50 CHB/E พบว่า *Bacillus* 4 มีความคล้ายคลึงกับ *Bacillus pumilus* มากถึง 99.9% ส่วน *Bacillus 6* มีความคล้ายคลึงกับ *B. lentus* เท่ากับ 97.6% และ *Bacillus* 12 มีความคล้ายคลึงกับ *B. subtilis* มากถึง 99.9% นอกจากนี้ผลการจำแนกชนิดด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA sequence พบว่าแบคทีเรียทั้งสามชนิดมีขนาดของ PCR products ของยีน 16S rRNA ประมาณ 1,400 bp และเมื่อเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับฐานข้อมูล GenBank โดยใช้โปรแกรม BlastN พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของ PCR products ที่ได้จาก *Bacillus 4* มีความคล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของ *B. pumilus* มากที่สุด โดยมีค่า score ของความคล้ายคลึง (Similarity) และ *E*-value สูงสุดเท่ากับ 100% และ 0.0 ตามละดับ ขณะที่ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากแบคทีเรีย *Bacillus 6* มีความคล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์บางส่วนของ *B. amyloliquefaciens* มากที่สุด โดยมีค่า score ของความคล้ายคลึงและ *E*-value สูงสุดเท่ากับ 100% และ 0.0 ตามละดับ ส่วนลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จาก *Bacillus* 12 มีความคล้ายคลึงกับลำดับ นิวคลีโอไทด์บางส่วนของ *B. subtilis* มากที่สุด โดยมีค่า score ของความคล้ายคลึงและ *E*-value สูงสุดเท่ากับ 100% และ 0.0 ตามละดับ ซึ่งผลการจำแนกชนิดของแบคทีเรีย *Bacillus* spp.ด้วยลำดับ นิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA sequence สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วย API 50 CHB/E ยกเว้น *B. amyloliquefaciens*/*B. lentus* ที่ให้ผลแตกต่างกับการจำแนกชนิดของแบคทีเรียด้วยวิธี API 50 CHB/E ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียชนิดนี้มีความสัมพันธ์

ใกล้เคียงกันกับแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดข้างต้น อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการจำแนกว่าเป็นแบคทีเรียชนิดนี้เป็นแบคทีเรียชนิดใหม่หรือไม่

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในหลอดทดลอง

หลังจากการนำแบคทีเรียทั้งสามชนิดจากข้อ 2.1 มาทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเข้มข้นของเกลือแกงและความเป็นกรด-ด่าง พบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* 4, *Bacillus* 6 และ *Bacillus* 12 สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 40ºC (Figure 1) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงกว้างให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของเจ้าบ้าน จะช่วยให้การทำงานของจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Fuller, 1989; Hansen and Olafsen, 1999) และยังพบว่า *Bacillus* 4 สามารถเจริญเติบได้ในสภาพที่มี pH เท่ากับ 4 จนถึง 10 ในขณะที่ *Bacillus* 6 สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มี pH 7 จนถึง 9 และ *Bacillus* 12 สามารถเจริญเติบโตในสภาพที่มี pH ในช่วง 5 จนถึง 9 (Figure 2) โดยพบว่าภายในกระเพาะอาหารของกุ้งจะมีสภาพเป็นกรดซึ่งมี pH อยู่ในช่วง 5-7 (Amita, 2005) เพื่อที่จะย่อยสลายโปรตีนและช่วยในการทำงานของเอนไซม์ และยังมีรายงานว่าเอนไซม์ Proteases ของ Crustacean ที่พบใน Hepatopancreas สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มี pH ในช่วง 5 จนถึง 8.5 (Asahara, 1973; Johnson *et al*., 2006) ดังนั้นการเลือกแบคทีเรียที่สามารถทนทานต่อสภาพกรดได้ในช่วงกว้างอย่างเช่น *Bacillus* 4 และ *Bacillus* 12 จะช่วยให้การใช้โปรไบโอติกส์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ *Bacillus* ทั้งสามชนิดยังสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีความเข้มข้นของ NaCl ตั้งแต่ 0 ถึง 5% ยกเว้น *Bacillus* 6 ที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของ NaCl 5% (Figure 3) ซึ่งปัจจุบันพบว่าการเพาะเลี้ยงกุ้งสามารถเลี้ยงได้ในพื้นที่ที่มีระดับความเค็ม ตั้งแต่ 0 จนไปถึง 30 ppt ทำให้การเลือกใช้โปรไบโอติกส์ชนิดที่สามารถมีชีวิตรอดได้ในช่วงความเค็มกว้างก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในพื้นที่ที่มีความเค็มแตกต่างกันได้ (Conway *et al.*, 1987)

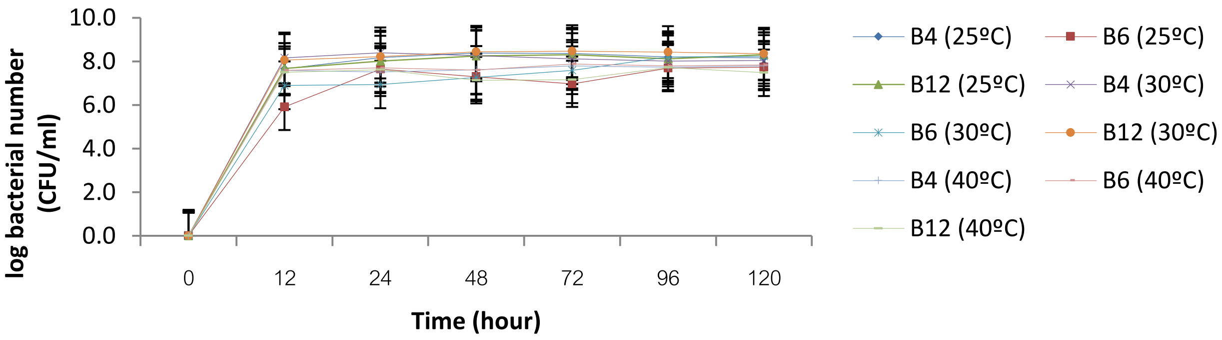


Figure 1 Growth of *Bacillus* spp. in Müeller-Hinton agar at different conditions of temperature

3.3 ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย VP_{AHPND} ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ด้วยวิธี Dot-spot method

จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} ที่แตกต่างกัน ซึ่งสังเกตได้จาก Clear zone รอบ ๆ โคโลนีของแบคทีเรียแต่ละชนิด (Figure 4) โดยแสดงให้เห็นว่า *Bacillus* 4 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย VP_{AHPND} โดยมีความกว้างของ Clear zone เท่ากับ 8.76±1.37 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับ *Bacillus* 6 ที่มีความกว้างของ Clear zone เท่ากับ 9.43±0.72 มิลลิเมตร และ *Bacillus* 12 มีร่องรอยการยับยั้งได้มากกว่าเมื่อเทียบกับแบคทีเรียชนิดอื่นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีความกว้างของ Clear zone เท่ากับ 30.0±2.0 มิลลิเมตร สอดคล้องกับการทดลองของ Hill *et al*. (2009) พบว่า

แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. ที่แยกได้จากกุ้งกุลาดำประกอบด้วย *Bacillus pumilus, B. licheniformis* และ *B. subtilis* มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Vibrio alginolyticus*, *V. mimicus*, *V. harveyi* และ *V. parahaemolyticus* นอกจากนี้ยังให้ผลคล้ายกับการทดลองของ Sreenivasulu *et al*. (2016) ที่พบว่า แบคทีเรีย *B. pumillus* มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* โดยเกิดเป็น Clear zone ขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน

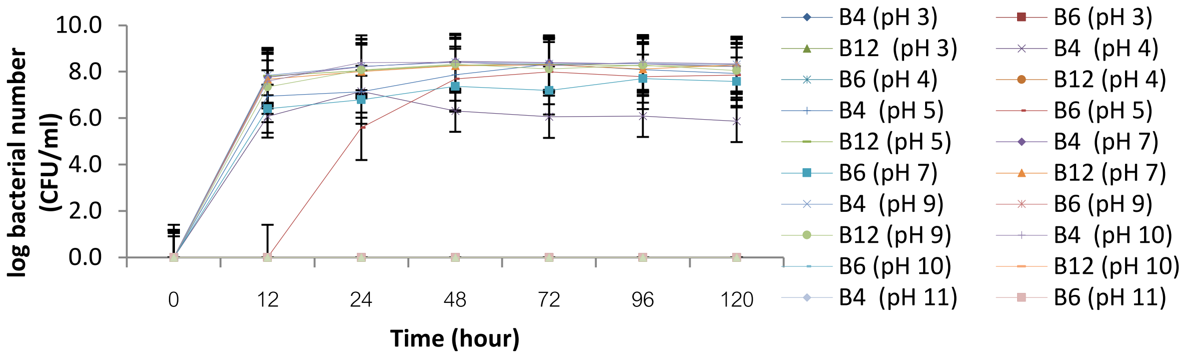


Figure 2 Growth of *Bacillus* spp. in Müeller-Hinton agar at different conditions of pH

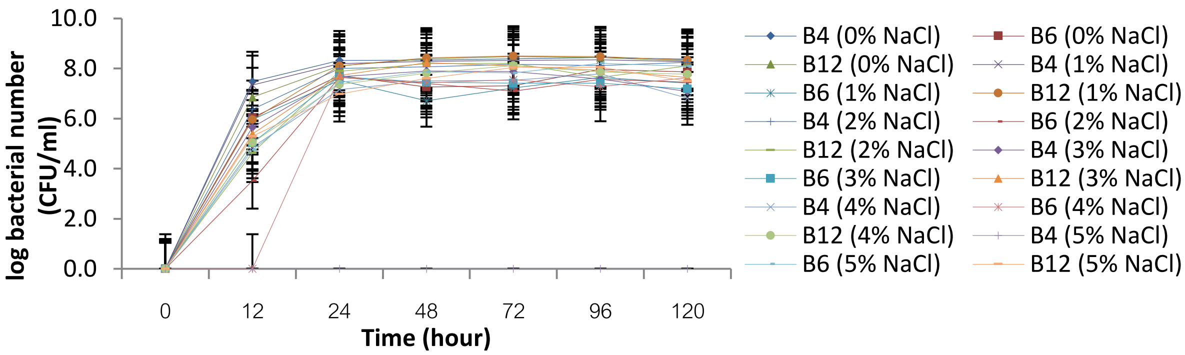


Figure 3 Growth of *Bacillus* spp. in Müeller-Hinton agar at different conditions of salinity

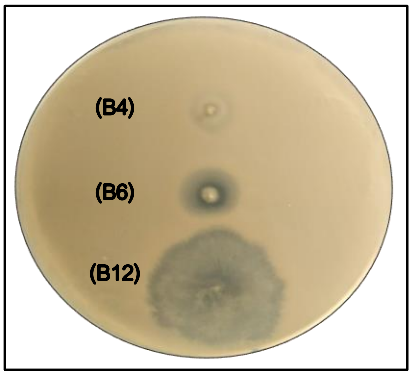


Figure 4 Inhibitory effects of: *Bacillus* 4 (B4): *Bacillus* 6 (B6) and: *Bacillus* 12 (B12) on VP_{AHPND} by Dot-spot method technique.

3.4 ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย VP_{AHPND} ของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ด้วยวิธี Co-Culture system

เมื่อหลังสิ้นสุดการทดลองของการเลี้ยงร่วมกันของ *Bacillus* 4 และ VP_{AHPND} พบว่า *Bacillus* 4 ไม่สามารถยับยั้งปริมาณเชื้อ VP_{AHPND} ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) (Figure 5a) เช่นเดียวกับชุดการ

ทดลองของ *Bacillus* 6 ซึ่งพบว่ามีจำนวนของ VP_{AHPND} สูงกว่า *Bacillus* 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) (Figure 5b) แม้ว่า *Bacillus* 4 และ *Bacillus* 6 จะให้ผลการยับยั้งได้ดีเมื่อทดสอบด้วยวิธี Dot-spot method แต่ก็ไม่สามารถให้ผลการยับยั้งได้ดีเมื่อทดสอบด้วยวิธี Co-culture system ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดสอบ Dot-spot method และ Co-culture system มีวิธีการรวมไปถึงสภาพของการทดสอบที่แตกต่างกัน เป็นผลทำให้แบคทีเรียเกิดกิจกรรมสำหรับการสร้างเอนไซม์และการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า *Bacillus* 12 ที่เลี้ยงร่วมกับ VP_{AHPND} เป็นเวลา 48 ชั่วโมงมีจำนวนมากกว่า VP_{AHPND} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) (Figure 5c) และยังแสดงให้เห็นว่า *Bacillus* 12 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโต VP_{AHPND} ได้ดีทั้งในการทดสอบ Dot-spot method (Figure 4) และ Co-culture system (Figure 5c)

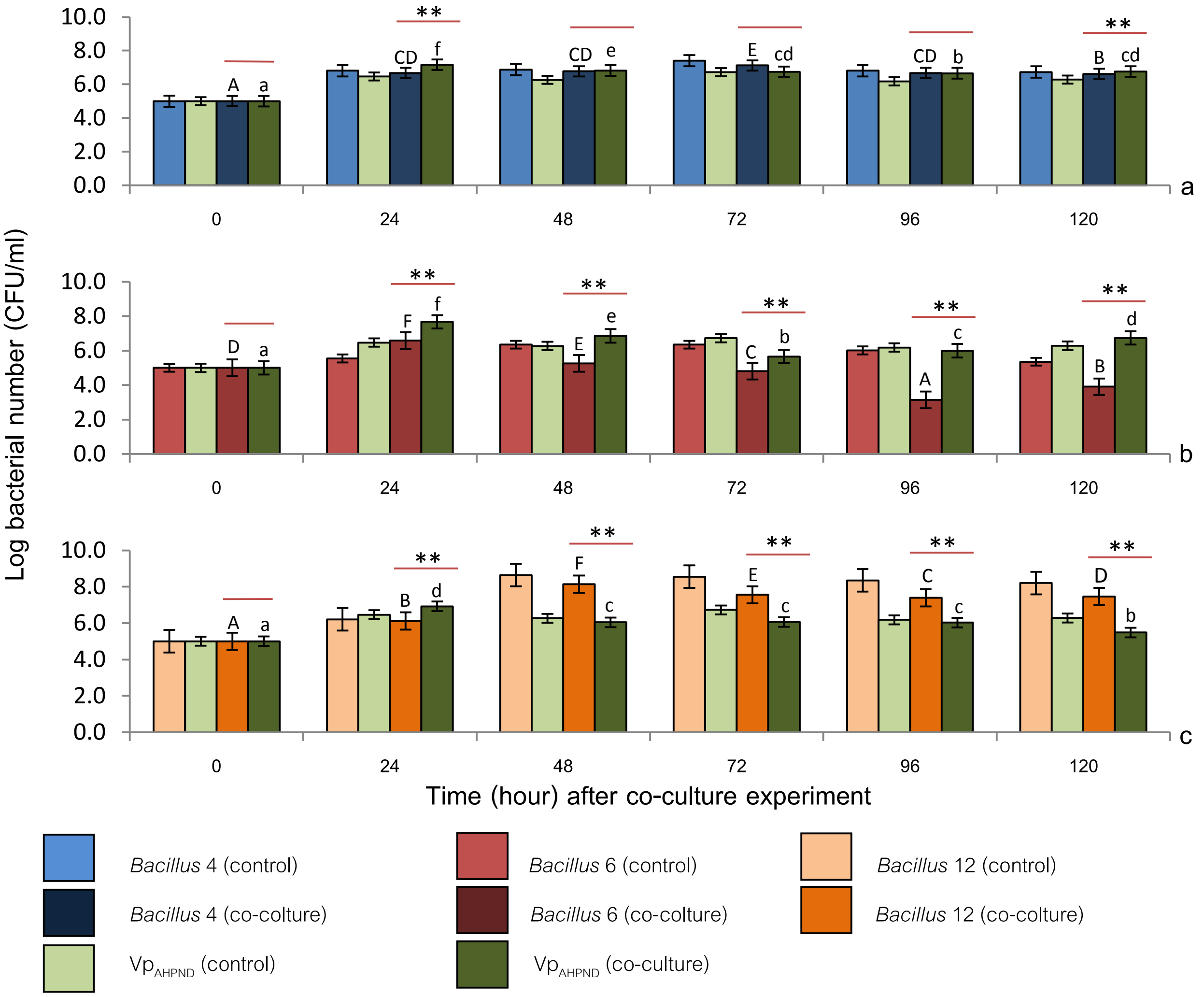


Figure 5 Inhibitory effects of *Bacillus* spp. (*Bacillus* 4:a, *Bacillus* 6:b and *Bacillus* 12:c) on VP_{AHPND} growth under co-culture systems. Double asterisks (**) denote highly significant differences between *Bacillus* spp. (co-culture) and VP_{AHPND} (co-culture) at P<0.01. Differences of capital letters indicate significant differences of each *Bacillus* spp. at different time points (P<0.05). Differences of small letters indicate significant differences of each VP_{AHPND} at different time points (P<0.05).

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย VP_{AHPND} ด้วยวิธี Dot-spot method และ Co-culture system แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อก่อโรคชนิดนี้ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างสาร Antimicrobial compounds หลายชนิดเช่น

Antibiotics, Bacteriocins, Lysozymes, Proteases และหรือ Hydrogen peroxide ออกมาภายนอกตัวเซลล์ได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งสารดังกล่าวมีความสามารถในการทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลายชนิด (Moriarty, 1998; Verschuere *et al.,* 2000) สอดคล้องกับการศึกษาของ Purivirojkul and Areechon (2007) ซึ่งแยกแบคทีเรีย *Bacillus* w1106 ได้จากลำไส้ของกุ้งกุลาดำและเมื่อนำมาทดสอบด้วยวิธี cross streak พบว่า *Bacillus* w1106 สามารถสร้าง Antibacterial ที่ยับยั้งเชื้อ *V. harveyi* ได้สูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง และยังสอดคล้องกับการทดลองของ Vaseeharan and Ramasamy (2003) โดยการนำ *B. subtilis* BT23 มาเลี้ยงร่วมกับ *V. harveyi* ด้วยวิธี Co-culture system พบว่าเมื่อ *B. subtilis* BT23 มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดจำนวน *V. harveyi* ได้ดียิ่งขึ้น ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานถึงกลไกในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคของโปรไบโอติกส์ได้อย่างชัดเจน แต่จากการศึกษาในปัจจุบันพบแล้วว่า การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคนั้นเป็นผลมาจากจากการสร้าง Antimicrobial compounds, การเปลี่ยนแปลงค่า pH เนื่องจากการผลิตกรดอินทรีย์, การแข่งขันยึดพื้นที่และการแย่งสารอาหารเหล่านี้ สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ที่สำคัญเพื่อนำมาใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคได้ (Irianto and Austin 2002; Vaseeharan and Ramasamy, 2003)

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} จากลำไส้ของกุ้งโดยเป็นแบคทีเรียที่มีความถี่สูงที่สุดที่พบจำนวน 3 ชนิด โดยหลังจากการจำแนกชนิดแบคทีเรียของแต่ละชนิดด้วยเทคนิคทางชีวเคมีและลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA แล้วพบว่าเป็น *Bacillus pumilus, B. amyloliquefaciens/B. lentus* และ *B. subtilis* โดยพบว่า *Bacillus* ทั้ง 3 ชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และยังพบว่า *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens/B. lentus* และ *B. subtilis* มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} โดยการทดสอบด้วย Dot-spot methods อย่างไรก็ตามมีเพียง *B. subtilis* ที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} เมื่อทดสอบด้วยวิธี Co-culture system แสดงให้เห็นว่า *B. subtilis* ที่พบในการศึกษาครั้งนี้อาจมีศักยภาพในการใช้เป็นแบคทีเรียโปรไบโอติกส์ ในการควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรีย VP_{AHPND} ในอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้ง อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการทดสอบความสามารถในการเป็นโปรไบโอติกส์ของ *B. subtilis* ชนิดนี้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันและความต้านทานต่อโรคในกุ้งขาวแปซิฟิกภายในห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสมในสภาพการเลี้ยงจริงต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการทดลอง.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Amita, S. 2005. **Text Book of Crustacea**. Discovery Publishing House, Indian.

Asahara, M. 1973. Studies on proteolytic enzyme in the liver of shrimp, *Trachypenaeus curvirostris*. **Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.** 39: 987-991

Irianto, A. and B. Austin. 2002. Probiotic in aquaculture. **J. Fish Dis.** 25: 633-642

Balcázar, J.L., D. Vendrell, I.D. Blas, I.R. Zarzuela, O. Girones and J.L. Muzquiz. 2008. Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from intestinal microbiota of fish. **Aquaculture** 278: 188-191.

Conway, P.L., S.L. Gorbach and B.R. Goldin. 1987. Survival of lactic acid bacteria in the human stomach and adhesion to intestinal cells. **J. Dairy Sci.** 70: 1–12.

Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. **J. Appl. Bacteriol.** 66: 365–378.

Hansen, G.H. and J. A. Olafsen. 1999. Bacterial interactions in early life stages of marine cold water fish. **Microb. Ecol.** 38: 1–26.

Hill, J.E., J.C.F. Baiano and A.C. Barnes. 2009. Isolation of a novel strain of *Bacillus pumilus* from Penaeid shrimp that is inhibitory against marine pathogens. **J. Fish Dis.** 32: 1007-1016.

Hyronimus, B., C.L. Marrec, A.H. Sassi. and A. Deschamps. 2000. Acid and bile tolerance of spore-forming lactic acid bacteria. **Int. J. Food Microbiol**. 61: 193-197.

Johnson, K.,J. R.T. Cygan and F.B. Fein. 2006. Molecular simulation of metal adsorption to bacterial surfaces. **Geochim. Cosmoshim. Ac.** 70: 5075-5088.

Joshi, J., Srisala, J., V. H. Truong, I. T. Chen, B. Nuangsaeng, O. Suthienkul, C. F. Lo, T. W. Flegel, K. Sritunyalucksana and S. Thitamadee. 2014. Variation in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from a single Thai shrimp farm experiencing an outbreak of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). **Aquaculture** 428–429: 297–302.

Moriarty, D.J. 1998. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. **Aquaculture.** 164:351–358

Pandiyan, P., D. Balaraman, R. Thirunavukkarasu, E.G.J. Gerorge, K. Subaramaniyan, S. Manikkam and B. Sadayappan. 2013. Probiotic in aquaculture. **DIT. 5**: 55-59

Purivirojkul, W., and N. Areechon, 2007. Application of *Bacillus* spp. Isolated from the Intestine of black tiger shrimp (*Penaeus monodon Fabricius*) from natural habitat for control pathogenic bacteria in aquaculture. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 41: 125-132.

Spelhaug, S.R. and S.K. Harlander. 1989. Inhibition of food-borne bacterial pathogens by bacteriocins from *Lactococcus lactis* and *Pediococcus pentosaceous*. **J. Food Prot.** 52: 856-862.

Sreenivasulu, P., D.S.D. Suman-Joshi, K. Narendra, G.V. Rao and A.K. Satya. 2016. *Bacillus pumilus* as a potential probiotic for shrimp culture. **Int. J. Fish. Aquat. Stud.** 4 (1): 107-110.

Verschuere, L., G. Rombaut, P. Sorgeloos and W. Verstraete. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.** 64: 655–671.

Vaseeharan, B. and P. Ramasamy. 2003. Control of pathogenic *Vibrio* spp. by *Bacillus subtilis* BT23, a possible probiotic treatment for black tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Lett. Appl. Microbiol.** 36 (2): 83.

Yamada, Y., K. Kazushige, H. Kawasaki, Y. Widyastuti, S. Saono, T. Seki, T. Uchimura and K. Komagata. 2000. Asia bogorensis gen. nov., sp. nov., an unusual acetic acid bacterium in the proteobacteria. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol**. 50: 823-829.

ผลของโปรตีน Pro-hepcidin (Pro *On*-Hep) ต่อการต้านทานเชื้อ *Streptococcus agalactiae* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค Streptococcosis ในปลานิล *(Oreochromis niloticus*, Linn.)

Effects of Pro-hepcidin protein (Pro *On*-Hep) on Anti-bacterial activity against *Streptococcus agalactiae* in Nile Tilapia *(Oreochromis niloticus*, Linn.)

ผกาภรณ์ พันธุ์อร่าม[1*] พัฒนพล ขยันสำรวจ[1] ปิติ อ่ำพายัพ[2] และ ประพันธ์ศักดิ์ ศีรษะภูมิ[1]

Pagaporn Phanaram[1*], Pattanapon Kayansamruaj[1], Piti Amparyup[2] and Prapansak Srisapoome[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการผลิตโปรตีนลูกผสม Pro-hepcidin protein (Pro-*On*-Hep) ในปลานิลโดยใช้ระบบแบคทีเรีย *Escherichia coli* expression system ซึ่งโปรตีนที่ผลิตได้มีขนาดประมาณ 10 kDa เมื่อนำโปรตีนที่ผลิตได้นี้ไปทำการศึกษาประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* ในปลานิลขนาด 70.6±4.7 กรัม โดยการฉีดเชื้อที่ระดับความเข้มข้น 2x10^{7} CFU และมีโปรตีนที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 10, 50 และ 100 µg เข้าที่บริเวณช่องท้อง (Intraperitoneal injection) พบว่าในชั่วโมงที่ 108-240 (10วัน) ชุดการทดลองที่ได้รับโปรตีน Pro-*On*-Hep ความเข้มข้น 100 µg มีอัตราการตายสะสมเท่ากับ 58.33±8.33% ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุมและชุดทดลองที่ได้รับโปรตีน 10 และ 50 µg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเป็น 91.67±8.33%, 77.78±9.62% และ 80.56±9.62% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรตีน Pro-*On*-Hep นี้มีประสิทธิภาพในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ในปลานิลในสภาพการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

ABSTRACT

In this study Pro-hepcidin protein (Pro-*On*-Hep) of Nile tilapia was produced using *Escherichia coli* expression system. Pro-*On*-Hep was 10 kDa when this protein was applied to test its ability against *S. agalactiae* in Nile tilapia (70.6±4.7g) *S. agalactiae* at 2x10^{7} CFU, co-injected with 3 different concentrations of Pro-*On*-Hep at 10, 50 และ 100 µg/fish by Intraperitoneal injection. Results revealed that at hours 108-240 fish injected with 100 µg showed significant lower of mortality by 58.33±8.33% than control and other treated groups that exhibited mortality of 91.67±8.33%, 77.78±9.62% and 80.56±9.62% respectively. The obtained results suggest that the Pro-*On*-Hep has a potential to inhibit *S. agalactiae* in Nile tilapia in a laboratory-trial scale.

Key Words: Nile tilapia, Pro-hepcidin, Anti-bacterial activity, *Streptococcus agalactaie.*

* Corresponding author; e-mail address: pagaporn.ph@ku.ac.th

[1]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

[2]ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค), ประทุมธานี 12120

[2]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), Pathum Thani 12120

คำนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*, Linn.) เป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งของประเทศไทยและของโลก โดยประเทศไทยนั้นมีผลผลิตอยู่ในอันดับ 6 เมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตปลานิลรายอื่นทั่วโลก นอกจากนี้ปลานิลยังเป็นปลาน้ำจืดที่มีอัตราการผลิตมากที่สุดในประเทศไทยและมีแนวโน้มของผลผลิตที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี รูปแบบที่นิยมเลี้ยงส่วนใหญ่จะเป็น ระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive culture system) ซึ่งจะมีการปล่อยปลาในอัตราที่หนาแน่นสูง มีการให้อาหารที่มากไปทั้งปริมาณและคุณภาพ ส่งผลให้น้ำในแหล่งเลี้ยงมีการสะสมของของเสียและสิ่งขับถ่ายอยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งสาเหตุดังกล่าวจะเป็นส่วนโน้มนำให้ปลาเกิดภาวะความเครียด (Stress) อ่อนแอ ยอมรับเชื้อโรคได้ง่าย ส่งผลทำให้เกิดโรคระบาดที่สร้างความเสียหายที่รุนแรงในระบบการเลี้ยงในที่สุด ปัจจุบันโรคที่สร้างความเสียหายอย่างมากในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงปลานิลของประเทศไทยมีสาเหตุมาจากโรคติดเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิดหลัก คือ *Aeromonas hydrophila* ที่ก่อให้เกิดโรค “Aeromonad septicemia”, *Flavobacterium columnarae* ก่อให้เกิดโรค “Columnaris” รวมถึงแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคที่เรียกว่า “Streptococcosis” เป็นต้น (Kayansamruaj *et al*. 2015)

เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดโรคดังกล่าวข้างต้น เกษตรกรส่วนใหญ่มักจะเลือกใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีในการป้องกันรักษา เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่ายและเห็นผลในการรักษาเร็ว แต่ปัจจุบันมักพบเสมอว่าวิธีดังกล่าวนี้กลับใช้ไม่ได้ผลเหมือนเช่นในอดีต ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ที่ผิดวิธี นำมาซึ่งปัญหาต่าง ๆ เช่น การดื้อยาของเชื้อแบคทีเรีย ปัญหาการตกค้างทั้งในตัวสัตว์น้ำและในสิ่งแวดล้อม รวมถึงยาและสารเคมีเหล่านี้ ยังมีผลข้างเคียงต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น การศึกษาเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลจึงถือเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งในปัจจุบันได้มีนักวิจัยที่เกี่ยวข้องให้ความสนใจและเริ่มมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันและรักษาโรคที่เกิดขึ้นได้ โดยข้อมูลในปัจจุบันเป็นที่ทราบแล้วว่าสามารถจำแนกระบบภูมิคุ้มกันของปลาออกเป็น 2 ประเภท คือ ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง (Innate immunity) และระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง (Adaptive immunity) โดยระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงนี้ถือเป็นระบบภูมิคุ้มกันที่มีมาตั้งแต่เกิด มีความสามารถในการตอบสนองต่อเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมไม่จำเพาะ มีความสามารถในการจดจำได้ต่ำ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างมากในการเป็นด่านแรก (First-line defenses) ในการป้องกันร่างกายของปลาจากการบุกรุกของเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมเป็นส่วนใหญ่ (Ellis, 2001; Christophides *et al*., 2004) ภูมิคุ้มกันระบบนี้ยังสามารถแบ่งย่อยเป็น 3 ส่วน คือ (1) Physical defenses ถือเป็นกลไกด่านแรกในการป้องกันเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมจากภายนอกเข้าสู่ร่างกาย โดยประกอบด้วย ผิวหนัง, เกล็ดและเมือก (2) Cellular defenses เป็นการตอบสนองผ่านทางเซลล์โดยการกลืนกินเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมเข้าไปภายในเซลล์แล้วย่อยทำลาย เช่น กระบวนการ Phagocytosis และ (3) Humoral defenses เป็นการตอบสนองโดยอาศัยสารน้ำหรือโปรตีนที่ละลายในเลือดหรือสารคัดหลั่งตามร่างกาย (Janeway and Medzhitov, 2002; Esteban *et al*., 2008) จากการศึกษาหน้าที่และโครงสร้างทางอณูวิทยาของยีนในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ก่อนหน้านี้ทำให้ทราบว่ายีน Hepcidin ก็เป็นส่วนสำคัญหนึ่งใน Humoral defenses โดยโปรตีน Hepcidin นี้มีหน้าที่เป็น Antimicrobial peptide ซึ่งมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการต้านทานเชื้อโรคโดยเฉพาะในกลุ่มของแบคทีเรีย (Li *et al*.,

2013; Rishi *et al*., 2015) ถือเป็นโปรตีนที่มีหน้าที่สำคัญในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายชนิดหนึ่ง ซึ่งจะมีการหลั่งออกมาจากตับในขณะที่ร่างกายเกิดการติดเชื้อและเกิดภาวะการอักเสบขึ้น (Hsieh *et al*., 2010) นอกจากนี้ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูง จะพบว่าโปรตีน Hepcidin จะถูกสร้างและปลดปล่อยที่ตับ มีบทบาทสำคัญในการเป็น Peptide hormone ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการดูดซึมธาตุเหล็ก (Fe^{2+}) จากอาหารและการทำงานของเซลล์ Macrophages (พัตธนี, 2551; Nemeth and Ganz, 2006) ซึ่งถือเป็นกลไกสำคัญอย่างมากในการป้องกันการเกิดโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อโรคหลายชนิด

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตและศึกษาโครงสร้างโปรตีนของยีน *Hepcidin* ของปลานิลในรูป Pro-peptide และทดสอบประสิทธิภาพของโปรตีนที่ผลิตได้นี้ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Streptococcus agalactiae* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรค “Streptococcosis” ในปลานิลอีกด้วย โดยก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของโปรตีน Pro *On*-Hep ในหลอดทดลอง (*in vitro*) กับเชื้อ *S. agalactiae* พบว่า โปรตีนดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งเชื้อได้ จึงได้เกิดทดลองครั้งนี้ขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรตีนดังกล่าวในสัตว์ทดลอง (*in vivo*) โดยข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จะทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของระบบภูมิคุ้มกันและบทบาทหน้าที่การทำงานของโปรตีน Hepcidin ในปลานิล ซึ่งสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับนี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาวิธีการป้องกันและรักษาโรคระบาดในปลานิล ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตโปรตีนลูกผสม Pro-hepcidin ของปลานิล (Pro-*On*-Hep) ในระบบเซลล์แบคทีเรีย *Escherichia coli*

ทำการสืบค้น cDNA ที่มีข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน Hepcidin จากห้องสมุด cDNA ซึ่งสร้างจากม้ามของปลานิล (GenBank accession number: FF280957) โดยให้ชื่อลำดับนิวคลีโอไทด์เส้นเต็มของยีน Hepcidin ในปลานิลนี้ว่า “*On*-Hep” หลังจากนั้นทำการออกแบบไพรเมอร์ ให้มีความจำเพาะ (Specific primers) ต่อบริเวณของโปรตีนที่สมบูรณ์ (Pro-peptide) ของยีน Hepcidin ในปลานิล (Forward primer: 5’-AACATATGGAGAGCTCTGCCATCCCATTT-3’ และ Reverse primer: 5’-GGCTTCTGCTGCAGGTTCTG ACTCGAG-3’) เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มจำนวน cDNA ที่บรรจุโปรตีนที่สมบูรณ์ของยีน Hepcidin โดยใช้เทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) ด้วยเครื่อง Thermal cycler โดยสภาวะของปฏิกิริยาในช่วงแรกใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ช่วงที่สองของปฏิกิริยา ใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที, 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที โดยใช้จำนวนรวม 30 รอบ ในส่วนของปฏิกิริยาช่วงสุดท้ายใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำการสกัดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอ (DNA fragment) เป้าหมาย โดยใช้ FavorPrep Gel/PCR Purification Mini Kit (Favorgen) จากนั้นนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่บริสุทธิ์ที่ได้มาเชื่อมต่อเข้าสู่ pGEM-T Easy Vector (Promega) และจะทำการ Transform เข้าสู่แบคทีเรียเจ้าบ้าน (*Escherichia coli* สายพันธุ์ JM109) หลังจากนั้นจะทำการเลือกเฉพาะโคโลนีที่เป็นสีขาว (Blue-white colony screening) ซึ่งคาดว่าน่าจะมีชิ้น Insert เป้าหมายที่เราต้องการมาสกัด Plasmid DNA จากนั้นตัด Plasmid ที่ได้ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ 2 ชนิด (Double restriction enzyme digestion) คือ *Nde* I และ *Xho* I ทำการสกัด DNA fragment โดยใช้ FavorPrep Gel/PCR Purification Mini Kit (Favorgen) ทำการ

เชื่อมต่อดีเอ็นเอและ pET-28b(+) Expression Vector เข้าด้วยกันและทำการ Transform เข้าสู่ Completent cell (*E. coli* สายพันธุ์ JM109) คัดเลือกโคโลนีที่คาดว่าจะมีชิ้น Insert เป้าหมายเพื่อนำมาสกัด Plasmid DNA อีกครั้งแล้วเหนี่ยวนำพลาสมิดที่มีลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนเป้าหมายเข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านชนิดใหม่ (*E. coli* สายพันธุ์ BL21) ซึ่งเป็น Expression host ทำการเพิ่มการแสดงออกของโปรตีนลูกผสม โดยจะเลือกโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียที่มีชิ้น Insert cDNA ของโปรตีนที่ต้องการมาเลี้ยงใน อาหาร LB broth ที่ผสมยา Kanamycin 100 mg/ml เขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำแบคทีเรียดังกล่าวปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในอาหาร LB broth ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ซึ่งผสมยา Kanamycin 100 mg/ml เช่นเดียวกัน เขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง ระหว่างนี้วัดค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ให้อยู่ในช่วง 0.5-0.8 ซึ่งความเข้มข้นของแบคทีเรียจะอยู่ในช่วง 10^9 CFU/ml หลังจากนั้นจึงทำการเติม Isopropyl-β-D-thiogalactoside (IPTG) ให้ได้ค่าความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1 mM เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมในระดับที่สูงขึ้น หลังจากเติมสารดังกล่าวแล้ว นำไปเขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง แล้วถูกนำไปปั่นเหวี่ยงโดยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ส่วนใสด้านบนจะถูกทิ้ง และแทนที่ด้วยการเติม 20 mM Tris-HCl buffer (pH 8.0) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อทำการล้างตะกอน 2 รอบ โดยปั่นที่ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที เช่นเดิม เมื่อครบเวลาใช้ปิเปตดูดบัฟเฟอร์ทิ้งและละลายตะกอนโดยใช้ 20 mM Tris-HCl (pH 8.0) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม DNase และ RNase ชนิดละ 3 ไมโครลิตร แช่ในน้ำแข็งเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไป Sonicate เพื่อให้เซลล์แตกด้วยเครื่อง Digital sonifler cell (Branson) รวมเวลา 15 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที โดยจะแยกส่วนใสด้านบนและตะกอนออกจากกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้

2. การทำให้โปรตีนบริสุทธิ์

โปรตีนลูกผสม Pro-*On*-Hep ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เพิ่มการแสดงออกนี้จะอยู่ในรูปของ Inclusion body ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ Ni-NTA Purification System (Invitrogen™, USA) โดยละลายตะกอนที่ได้หลังจากการ Sonicate โดยใช้ 8M Urea ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 ชั่วโมง แบ่งมา 6 มิลลิลิตร เติม Ni-NTA beads 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำไปหยดให้ไหลผ่าน Column และเติมบัฟเฟอร์ต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้ Lysis buffer, Wash 20 buffer, Wash 50 buffer, Wash 100 buffer และ Elution buffer โดยโปรตีนที่หลุดมากับบัฟเฟอร์ในแต่ละ Fraction จะเก็บไว้ใน Microcentrifuge tube ปริมาตร 2 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำโปรตีนที่อยู่ในแต่ละ Fraction ไปตรวจสอบปริมาณโปรตีนคร่าว ๆ ด้วยการทำ Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) โดยเลือก Fraction ที่มีโปรตีนเข้มข้นมากมารวมกันเพื่อทำ Dialysis โดยใช้ 50 mM Tris-HCl pH 8.0 เป็นบัฟเฟอร์ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการทำ Concentration เพื่อให้ได้โปรตีนเข้มข้น วัดความเข้มข้นของโปรตีนที่ได้ตามวิธี Bradford Protein Assay ด้วยเครื่อง Microplate reader (Bio-Rad, USA) และนำไปเทียบกับค่าความเข้มข้นโปรตีนมาตรฐาน Bovine serum albumin (BSA) และนำไปคำนวณความเข้มข้นของโปรตีนที่ผลิตได้ต่อไป

3. การยืนยันการแสดงออกของโปรตีน Pro *On*-Hep ของปลานิล ด้วยวิธี Western blot analysis

นำโปรตีนลูกผสม Pro-*On*-Hep ที่ผลิตได้มาตรวจสอบขนาดโดยใช้ SDS-PAGE และทำการถ่ายโปรตีนลงบน Nitrocellulose membrane ด้วยเครื่อง Mini Trans-Blot® cell (Bio-Rad, USA) โดยจะใช้ค่าความต่างศักดิ์ไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที และเติม 2% skim milk เพื่อป้องกัน Non-specific binding นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจะทำการเติม Anti-His tag antibody บ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง และจะทำการล้างโดยใช้ 0.5% Tween-Phosphate buffered saline (PBS) pH7.4 หลังจากนั้นจะเติม Anti-mouse IgG secondary antibody ใน Membrane แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา30 นาที แล้วล้างด้วย 0.5% Tween-PBS (pH7.4) ซ้ำอีกครั้ง ก่อนนำไปตรวจสอบแถบเพื่อดูขนาดอย่างคร่าว ๆ ของโปรตีนเป้าหมาย

4. ผลของโปรตีน Pro *On*-Hep ที่มีต่อความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ในปลานิล

4.1) การเตรียมสัตว์ทดลอง

เตรียมปลานิลสุขภาพดีที่มีน้ำหนักประมาณ 70.6±4.7 กรัม จำนวน 180 ตัว เลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 1,000 ลิตร เพื่อให้ปลาทดลองปรับตัวในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน ระหว่างนี้ให้อาหารเม็ดวันละสองมื้อทุกวัน เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำปลาทดลองไปแยกใส่ ถังไฟเบอร์กลาสที่บรรจุน้ำปริมาตร 400 ลิตร ทั้งหมด 3 ถัง ถังละ 48 ตัว ให้อาหารต่อไปอีก 3 วัน ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 20 % ทุก ๆ วัน จนสิ้นสุดการทดลอง

4.2) การเตรียมเชื้อและโปรตีน Pro-*On*-Hep

นำเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* สายพันธุ์ที่ก่อโรค มาเลี้ยงในอาหารเหลว Trypticase soy broth (TSA) บ่มโดยการเขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ข้ามคืน หลังจากนั้นนำเชื้อที่ได้มา 100 ไมโครลิตรเติมในอาหารเหลวปริมาตร 10 มิลลิลิตร เลี้ยงต่อไปอีกเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรให้ได้ เท่ากับ 0.669 ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของแบคทีเรียเท่ากับ $1x10^9$ CFU/ml. จากนั้นนำมาเจือจาง ใน 0.85% NaCl เพื่อให้ได้ความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml เมื่อได้ความเข้มข้นของเชื้อดังกล่าวแล้ว จะนำโปรตีน Pro-*On*-Hep ที่ผลิตได้ในข้อ 2 เติมลงไปให้ได้โปรตีนความเข้มข้นต่าง ๆ ตามที่วางแผนไว้ ในข้อ 4.3 โดยจะทำให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของเชื้อเป็น $2x10^7$ CFU/ml

4.3) การดำเนินการทดลอง

นำปลาที่เตรียมไว้ในแต่ละถังมาฉีดด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน ดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) ปลา 12 ตัว ในแต่ละถัง ฉีดด้วยสารละลายแบคทีเรียความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml ปริมาตร 200 µl, ชุดทดลองที่ 2 ปลา 12 ตัว ในแต่ละถัง ฉีดด้วยสารละลายแบคทีเรียความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml ปริมาตร 200 µl ที่มีโปรตีน Pro-*On*-Hep ละลายอยู่ 10 µg, ชุดทดลองที่ 3 ปลา 12 ตัว ในแต่ละถัง ฉีดด้วยสารละลายแบคทีเรียความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml ปริมาตร 200 µl ที่มีโปรตีน Pro-*On*-Hep ละลายอยู่ 50 µg และชุดทดลองที่ 4 ปลา 12 ตัว ในแต่ละถัง ฉีดด้วยสารละลายแบคทีเรียความเข้มข้น $1x10^8$ CFU/ml ปริมาตร 200 µl ที่มีโปรตีน Pro-*On*-Hep ละลายอยู่ 100 µg จากนั้นทำเครื่องหมายปลาในแต่ละกลุ่มด้วยด้ายไนลอนที่มีสีแตกต่างกัน 4 สี และทำการเฝ้าสังเกตอาการปลาในช่วงเวลาต่าง ๆ บันทึกผลอัตราการตายสะสมของปลาชุดทดลองจนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลองที่ 10 วัน (240 ชั่วโมง) โดยปลาที่แสดงการตายใหม่ ๆ จะถูกนำไปเขี่ยเชื้อจาก ตับ ม้าม และไต บนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA เพื่อยืนยันผล นำค่าอัตราการตายสะสมในแต่ละกลุ่มการทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน

โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การผลิตโปรตีนลูกผสม Pro-*On*-Hep ของปลานิลในระบบเซลล์แบคทีเรีย *Escherichia coli*

ในการศึกษาครั้งนี้โปรตีนลูกผสม Pro-*On*-Hep สามารถถูกเหนี่ยวนำให้มีการแสดงออกในปริมาณที่มากขึ้นในเซลล์แบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21 โดยใช้ 1 mM ของ IPTG เมื่อเทียบกับ *E. coli* (BL21) ที่ไม่ถูกเหนี่ยวนำและ *E. coli* (BL21) ที่ถูกเหนี่ยวนำด้วย 1 mM ของ IPTG แต่ไม่ได้มีส่วน Pro-*On*-Hep vector อยู่ภายในเซลล์ โดยพบว่าแถบของโปรตีนที่ได้นี้มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนขนาดประมาณ 10 kDa (Figure 1) หลังจากการนำเซลล์ของแบคทีเรียที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วย 1 mM ของ IPTG ไปทำการ Sonicate เพื่อให้เซลล์แตกพบว่าโปรตีนลูกผสมนี้อยู่ในรูปของ Inclusion bodies เนื่องจากพบการแสดงออกในส่วนของตะกอนมากกว่าส่วนใสด้านบน (Figure 1)

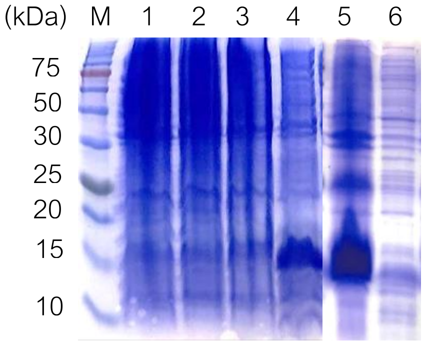


Figure 1 Recombinant Pro-*On*-Hep overexpression. SDS-PAGE was performed to detect the overexpression of Pro-*On*-Hep in *E. coli* BL21 cells. Lane M: protein marker, 1: BL21, 2: BL21+1 mM IPTG, 3: Pro-*On*-Hep, 4: Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG, 5: pellet of Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG after sonication, 6: supernatant of Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG after sonication

2. การทำโปรตีนให้บริสุทธิ์

เมื่อนำโปรตีนลูกผสมที่ได้ไปทำให้บริสุทธิ์ ตามขั้นตอน Ni-NTA Purification System แล้ว พบว่าแถบของโปรตีนเป้าหมาย Pro-*On*-Hep ในแต่ละ Fraction ปรากฏเพียงแถบเดียว ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10 kDa ซึ่งแตกต่างจาก Pro-*On*-Hep ที่ปรากฏให้เห็นเป็นหลายแถบในส่วนของตะกอน (Pellet) และส่วนใสด้านบน (Supernatant) (Figure 2a และ 2b)

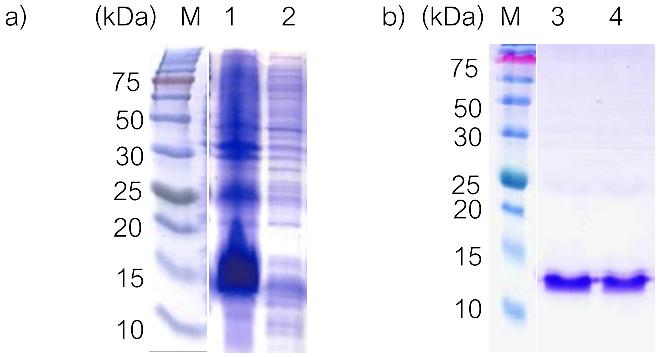


Figure 2 SDS-PAGE showing the production and purification of Pro-*On*-Hep protein in *E. coli* BL21 cells. Lane M: protein marker, 1: pellet of Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG after sonication, 2: supernatant of Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG after sonication (a). Lane M: protein marker, 3: purified Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG (fraction1), 4: purified Pro-*On*-Hep+1 mM IPTG (fraction2) (b).

3. การยืนยันการแสดงออกของโปรตีน Pro-*On*-Hep ของปลานิล ด้วยวิธี Western blot analysis

ผลการศึกษาด้วยเทคนิค Western blot analysis พบว่าแถบของโปรตีนเป้าหมายนั้นถูก Specific antibodies จับได้อย่างจำเพาะเจาะจง ซึ่งขนาดที่ปรากฏนั้นพบว่ามีความใกล้เคียงกันกับขนาดของโปรตีนลูกผสม Pro-*On*-Hep ที่ผลิตได้จากการตรวจสอบโดยวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นก่อนหน้านี้ (Figure 3a และ 3b)

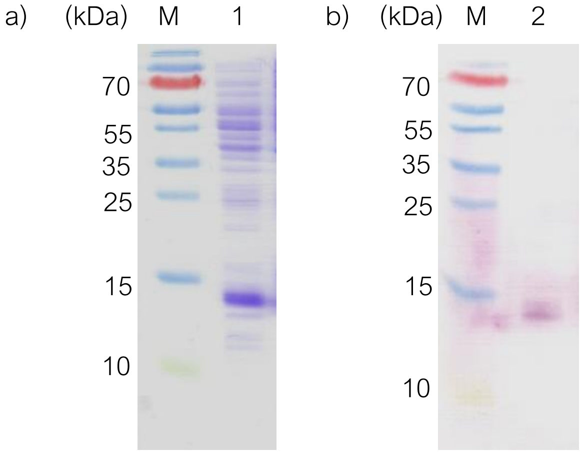


Figure 3 SDS-PAGE showing the production of Pro-*On*-Hep protein Lane M: protein marker, 1: Pro-*On*-Hep in cell lysed product (a) Western blot analysis of Pro-*On*-Hep. Lane M: protein marker, 2: Pro-*On*-Hep hybridized (b)

4. ผลของโปรตีน Pro *On*-Hep ต่อความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ในปลานิล

ภายหลังจากปลาทดลองได้รับเชื้อและโปรตีน Pro-*On*-Hep ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว พบว่า ปลาทดลองในแต่ละกลุ่มเริ่มมีอัตราการตายสะสมที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งได้รับเชื้อ *S. agalactiae และ*โปรตีน Pro-*On*-Hep ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 100 µg/ตัว มีอัตราการตายสะสมเท่ากับ 13.89±4.81% ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (*P*<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 ที่ได้รับเพียงเชื้อ *S. agalactiae*, ชุดการทดลองที่ 2 ได้รับเชื้อ *S. agalactiae และ*โปรตีน Pro-*On*-Hep ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 10 µg/ตัว และ ชุดการทดลองที่ 3 ได้รับเชื้อ *S. agalactiae และ*โปรตีน Pro-*On*-Hep ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 50 µg/ตัว โดยมีค่าอัตราการตายสะสมเท่ากับ 58.33±14.43%, 36.11±4.81% และ 27.78±9.62% ตามลำดับ ส่วนที่เวลา 60 ชั่วโมงนั้น พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีอัตราการตายสะสมมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ๆ โดยมีอัตราการตายสะสมเท่ากับ 86.11±17.35% ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าอัตราการตายสะสมเท่ากับ 58.33±16.67%, 52.78±4.81% และ 36.11±12.73% ตามลำดับ และในช่วงเวลาที่ 108 ชั่วโมงจนถึงสิ้นสุดการ

ทดลองที่ 10 วัน (240 ชั่วโมง) พบว่าชุดการทดลองที่ 4 มีอัตราการตายสะสมเท่ากับ 58.33±8.33% ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีค่าอัตราการตายสะสมเท่ากับ 91.67±8.33%, 77.78±9.62% และ 80.56±9.62% ตามลำดับ (Figure 4 และ Table 1)

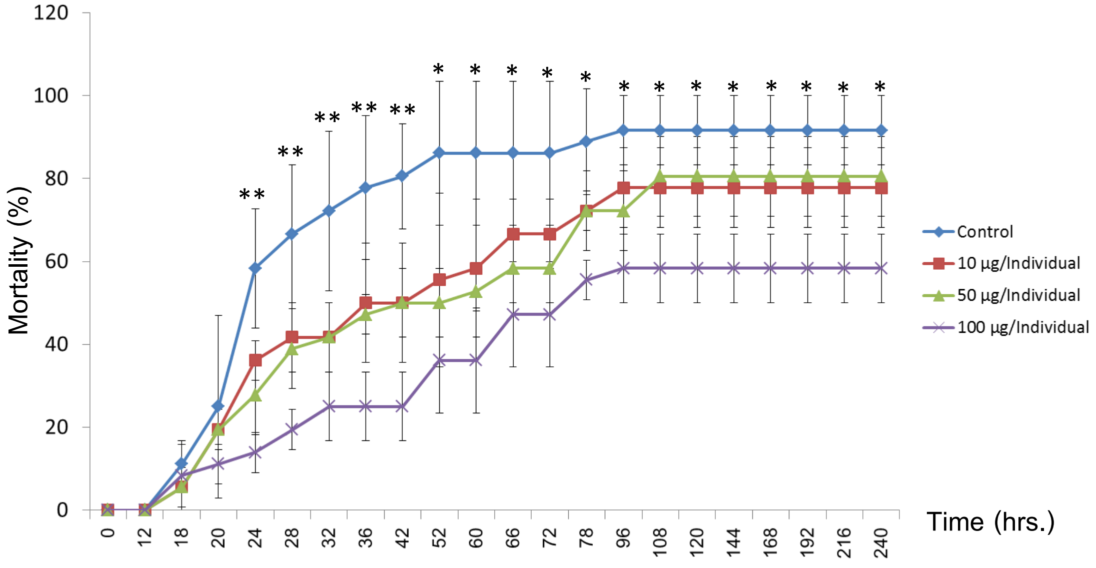


Figure 4 Effects of Pro *On*-Hep on anti-*Streptococcus agalactiae* activity in Nile tilapia.

* and ** indicate significant differences at *P*<0.05 and *P*<0.01, resppectively.

จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า Hepcidin ในปลาถูกค้นพบครั้งแรกในปลาลูกผสมระหว่าง White bass (*Morone chrysops*) x Striped bass (*M. saxatilis*) ซึ่งโปรตีน Hepcidin ของปลาลูกผสมชนิดนี้ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Micrococcus luteus* และ *Escherichia coli* ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลอดทดลอง (Shike *et al*., 2002) ภายหลังจากการค้นพบในครั้งนั้นทำให้มีผู้สนใจเริ่มศึกษาเกี่ยวกับโปรตีน Hepcidin ในปลาอีกหลายชนิดยกตัวอย่างเช่น Lin *et al*. (2014) พบว่าโปรตีนลูกผสม Hepcidin จาก Zebrafish มีความสามารถในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ คือ *Escherichia coli* และ *Vibrio anguillarum* รวมถึงเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus subtilis* อีกด้วย เช่นเดียวกันกับ Tao *et al*. (2014) ทำการศึกษาโปรตีน Hepcidin ของปลาดุก (*Ictalurus punctatus*) ซึ่งพบว่าบริเวณที่เป็นส่วนของ Mature peptide มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ หลายชนิดในหลอดทดลอง ซึ่งได้แก่ *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* เป็นต้น อย่างไรก็ตามก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองประสิทธิภาพของโปรตีน Pro *On*-Hep ในหลอดทดลอง (*in vitro*) กับเชื้อ *S. agalactiae* พบว่า โปรตีนดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งเชื้อได้ถึงแม้จะใช้ความเข้มข้นที่สูงเท่ากันก็ตาม ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าโปรตีน Pro *On*-Hep อาจมีผลต่อกลไกอื่น ๆ ในตัวปลาเช่น ระบบภูมิคุ้มกันหรือการแสดงออกโปรตีนซึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน ให้เข้ามามีบทบาทในการทำงานร่วมด้วย จึงทำให้การทดสอบ โปรตีน Pro *On*-Hep ซึ่งเป็น Pro-peptide ในปลาทดลอง (*in vivo*) ได้ผลแตกต่างจากการทดลองในหลอดทดลอง (*in vitro*) ซึ่งเป็นเพียงผลการศึกษาวิจัยเบื้องต้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันผลและกลไกการทำงานที่แน่ชัด ผู้วิจัยจะ

ทำการศึกษาความสามารถในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ของ Mature *On*-Hep เพื่อเปรียบเทียบกับผลของ Pro *On*-Hep ที่ได้ในครั้งนี้ ต่อไป

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการผลิตโปรตีนลูกผสม Pro *On*-Hep ในปลานิลได้สำเร็จเป็นครั้งแรกของโลก โดยใช้ระบบแบคทีเรีย *E. coli* expression system ภายหลังมีการนำโปรตีนดังที่ได้กล่าวมาทำให้บริสุทธิ์และทำการยืนยันผลการแสดงออกโดยใช้วิธี Western blot analysis แล้วพบว่าโปรตีนอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย จะถูกนำมาทำ refolding โดยการใช้ 8 M ยูเรีย เพื่อให้โปรตีนพับตัวอยู่ในสภาวะที่มีประสิทธิภาพพร้อมทำงาน และเมื่อนำโปรตีนมาทดสอบประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ในปลานิล พบว่ากลุ่มการทดลองที่ได้รับโปรตีน Pro-*On*-Hep ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 100 µg/ตัว มีอัตราการตายสะสมน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้ถึงประสิทธิภาพในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *S. agalactiae* ในปลานิลที่ชัดเจน โดยในอนาคตนั้น ผู้วิจัยได้วางแผนที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของ Mature *On*-Hep ซึ่งเป็น Mature-peptide ที่มีต่อเชื้อ *S. agalactiae* นี้ต่อไป ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จะทำให้เกิดความเข้าใจบทบาทและหน้าที่ในการทำงานของโปรตีนชนิดนี้ในระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลได้ดีขึ้น ซึ่งสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการหาวิธีการป้องกันและรักษาโรคระบาดในปลานิล ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

Table 1 Effects of Pro *On*-Hep on anti-*Streptococcus agalactiae* activity in Nile tilapia.

Treatment	Time (hrs) 18	20	24	28	32	36	42	52	60	66	72	78	96	108	120	144	168	192	216	240
Control (0µg/fish)	11.11 ± 4.81^{a}	25.00 ± 22.05^{a}	58.33 ± 14.43^{c}	66.67 ± 16.67^{c}	72.22 ± 19.25^{b}	77.78 ± 17.35^{c}	80.56 ± 12.73^{c}	86.11 ± 17.35^{b}	86.11 ± 17.35^{b}	86.11 ± 17.35^{b}	86.11 ± 17.35^{b}	88.89 ± 12.73^{b}	91.67 ± 8.33^{c}	91.67 ± 8.33^{b}	91.67 ± 8.33^{b}	91.67 ± 8.33^{b}	91.67 ± 8.33^{b}	91.67 ± 8.33^{b}	91.67 ± 8.33^{b}	**91.67 ± 8.33^{b}**
T1 (10µg/fish)	5.56 ± 4.81^{a}	19.44 ± 4.81^{a}	36.11 ± 4.81^{b}	41.67 ± 8.33^{b}	41.67 ± 8.33^{a}	50.00 ± 14.43^{b}	50.00 ± 14.43^{b}	55.56 ± 20.97^{a}	58.33 ± 16.67^{a}	66.67 ± 8.33^{ab}	66.67 ± 8.33^{ab}	72.22 ± 4.81^{ab}	77.78 ± 9.62^{bc}	77.78 ± 9.62^{b}	77.78 ± 9.62^{b}	77.78 ± 9.62^{b}	77.78 ± 9.62^{b}	77.78 ± 9.62^{b}	77.78 ± 9.62^{b}	**77.78 ± 9.62^{b}**
T2 (50µg/fish)	5.56 ± 4.81^{a}	19.44 ± 4.81^{a}	27.78 ± 9.62^{ab}	38.89 ± 9.62^{ab}	41.67 ± 8.33^{a}	47.22 ± 4.81^{ab}	50.00 ± 8.33^{b}	50.00 ± 8.33^{a}	52.78 ± 4.81^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	72.22 ± 9.62^{ab}	72.22 ± 9.62^{ab}	80.56 ± 9.62^{b}	80.56 ± 9.62^{b}	80.56 ± 9.62^{b}	80.56 ± 9.62^{b}	80.56 ± 9.62^{b}	80.56 ± 9.62^{b}	**80.56 ± 9.62^{b}**
T3 (100µg/fish)	8.33 ± 8.33^{a}	11.11 ± 4.81^{a}	13.89 ± 4.81^{a}	19.44 ± 4.81^{a}	25.00 ± 8.33^{a}	25.00 ± 8.33^{a}	25.00 ± 8.33^{a}	36.11 ± 12.73^{a}	36.11 ± 12.73^{a}	47.22 ± 12.73^{a}	47.22 ± 12.73^{a}	55.56 ± 4.81^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	58.33 ± 8.33^{a}	**58.33 ± 8.33^{a}**
P-value	0.626	0.574	0.002	0.005	0.008	0.005	0.002	0.024	0.014	0.026	0.026	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012

เอกสารอ้างอิง

พัตธนี วินิจจะกูล. 2551. **บทบาทของธาตุเหล็กต่อปัญหาโลหิตจางในประเทศกำลังพัฒนา.** วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต. 18: 321-330.

Christophides, G.K., D. Vlachou and F.C. Kafatos. 2004. Comparative and functional genomics of the innate immune system in the malaria vector *Anopheles gambiae*. **Immunol. Rev.** 198: 27-48.

Ellis, A.E. 2001. Innate host defense mechanisms of fish against viruses and bacteria. **Dev. Comp. Immunol.** 25: 827-839.

Esteban, M.A., J. Meseguer, C. Tafalla and A. Cuesta. 2008. NK-like and oxidative burst activities are the main early cellular innate immune responses activated after virus inoculation in reservoir fish. **Fish Shellfish Immunol.** 25: 433-438.

Hsieh, J.C., C.Y. Pan and J.Y. Chen. 2010. Tilapia hepcidin (TH)2-3 as a transgene in transgenic fish enhances resistance to *Vibrio vulnificus* infection and causes variations in immune-related genes after infection by different bacterial species. **Fish Shellfish Immunol.** 29: 430-439.

Janeway, C.A. and R. Medzhitov. 2002. Innate immune recognition. **Annu. Rev. Immunol.** 20: 197-216.

Kayansamruaj, P., N. Pirarat, H. Kondo, I. Hirono and C. Rodkhum. 2015. Genomic comparison between pathogenic *Streptococcus agalactiae* isolated from Nile tilapia in Thailand and fish-derived ST7 strains. **Infect. Genet. Evol.** 36: 307-14.

Li, H., F. Zhang, H. Guo, Y. Zhu, J. Yuan, G. Yang and L. An. 2013. Molecular characterization of hepcidin gene in common carp (*Cyprinus carpio*) and its expression pattern responding to bacterial challenge. **Fish Shellfish Immunol.** 35: 1030-1038.

Lin, W., S. Liu, L. Hu and S. Zhang. 2014. Characterization and bioactivity of hepcidin-2 in zebrafish: dependence of antibacterial activity upon disulfide bridges. **Peptides** 57: 36-42.

Nemeth, E. and T. Ganz. 2006. Regulation of iron metabolism by regulation of iron metabolism by hepcidin. **Annu. Rev. Nutr.** 26: 323-342.

Rishi, G., D.F. Wallace and V.N. Subramaniam. 2015. Hepcidin: regulation of the master iron regulator. **Biosci. Rep.** 35: 1-12.

Shike, H., X. Lauth, M.E. Westerman, V.E. Ostland, J.M. Carlberg and J.C. Van. 2002. Bass hepcidin is a novel antimicrobial peptide induced by bacterial challenge. **Eur. J. Biochem.** 269: 2232–2237.

Tao, Y., D.M. Zhao and Y. Wen. 2014. Expression, purification and antibacterial activity of the channel catfish hepcidin mature peptide. **Protein. Expr. Purif.** 94: 73-78.

โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำที่มีการขุดลอก: กรณีศึกษาหนองเลิงเปือย จังหวัดกาฬสินธุ์

Phytoplankton Community Structure and Its Relationship to Water Quality in Dredged Lake: A Case Study of Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

<u>พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ</u>[1*] ภูวดล โดยดี[1] เกตุนภัส ศรีไพโรจน์[1] และ สิทธิชัย ฮะทะโชติ[1]

<u>Pichasit Sangmek</u>[1*], Puvadol Doydee[1], Kednapat Sriphairoj[1] and Sittichai Hatachote[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในหนองเลิงเปือย จังหวัดกาฬสินธุ์ รวมทั้งสิ้น 5 สถานี ดำเนินการศึกษาในเดือนมกราคม 2559 (ฤดูแล้ง) และเดือนกันยายน 2559 (ฤดูน้ำหลาก) โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยถุงแพลงก์ตอนขนาดตา 30 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมในน้ำ อุณหภูมิน้ำ ความโปร่งแสงของน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ผลการศึกษาพบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 56–247 หน่วยต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 146±77 หน่วยต่อลิตร) และ 2,080–8,344 หน่วยต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 4,705±3,243 หน่วยต่อลิตร) ในเดือนมกราคมและกันยายน 2559 ตามลำดับ โดยพบแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลต ได้แก่ *Ceratium* spp. เป็นชนิดเด่นทั้งสองฤดูกาล อุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($r=0.784$, $p<0.01$)

ABSTRACT

Study on phytoplankton community structure and its relationship to water quality in dredged Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province was conducted on 5 sampling sites in January 2016 (dry season) and September 2016 (rainy season). Phytoplankton was collected by 30 µm-mesh size plankton net. Water samples were analyzed for Chlorophyll *a* concentration, Total Suspended Solids, water temperature, transparency, pH and dissolved oxygen. Density of phytoplankton ranged from 56–247 unit/L (average 146±77 unit/L) in January 2016 and 2,080–8,344 unit/L (average 4,705±3,243 unit/L) in September 2016. Dinoflagellate *Ceratium* spp. was dominant species in both seasons. Water temperature was significantly positive correlated with density of phytoplankton ($r=0.784$, $p<0.01$).

Key Words: Phytoplankton, Water quality, Seasonal variation, Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

* Corresponding author; e-mail address: pichasit.sa@ku.th

[1]ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[1]Department of Agriculture and Resources, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakonnakhon Province Campus 47000

คำนำ

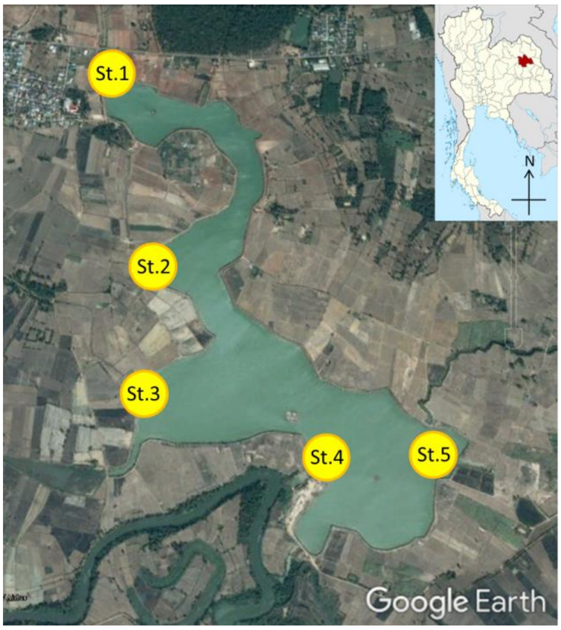
แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบนิเวศแหล่งน้ำในฐานะผู้ผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำ โดยเป็นอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารลำดับสูงขึ้นไป (Closs *et al.*, 2004) จึงสามารถใช้ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (ลัดดา, 2544) โดยเฉพาะแหล่งน้ำปิดที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยรอบ เช่น น้ำทิ้งจากชุมชนและการเกษตรกรรม ซึ่งพบว่ามีธาตุอาหารไหลลงสู่แหล่งน้ำและทำให้ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำเพิ่มขึ้นจนกลายเป็นปัญหาการตื้นเขินและคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมในแหล่งน้ำหลายแห่ง การขุดลอกแหล่งน้ำเป็นวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมและสามารถเพิ่มความจุน้ำของแหล่งน้ำนั้นได้ (Cooke *et al.*, 1986) อย่างไรก็ตามการขุดลอกอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของแหล่งน้ำทั้งในมวลน้ำและพื้นท้องน้ำซึ่งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าว (Peterson, 1982)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแพร่กระจายตามฤดูกาลของประชาคมแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำที่มีการขุดลอกใหม่คือ หนองเลิงเปือย จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งดำเนินการขุดลอกเมื่อ พ.ศ. 2556 และแล้วเสร็จใน พ.ศ. 2558 ทั้งนี้ยังไม่เคยมีการสำรวจด้านทรัพยากรแพลงก์ตอนพืชก่อนและหลังจากขุดลอกหนองเลิงเปือยมาก่อน รวมทั้งศึกษาคุณภาพน้ำและปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อประชาคมแพลงก์ตอนพืช ซึ่งผลการศึกษาจะนำไปสู่แนวทางการเพิ่มกำลังผลิตขั้นต้นเพื่อสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับระบบนิเวศของหนองเลิงเปือยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในบริเวณแก้มลิงหนองเลิงเปือย อำเภอกมลาไสย และอำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ (Figure 1) โดยมีสถานีเก็บตัวอย่าง 5 สถานี สถานีศึกษาทั้งหมดล้อมรอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ การปลูกข้าว พืชไร่ เลี้ยงสัตว์ และเกษตรผสมผสาน แต่ไม่พบการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่หนองน้ำทุกบริเวณ



Station	UTM	
	Easting	Northing
St.1	359078	1803322
St.2	359228	1802132
St.3	359162	1801616
St.4	359964	1801143
St.5	360652	1801195

Figure 1 Study site in Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

การขุดลอกหนองเลิงเปือยเพื่อใช้ประโยชน์ในการเก็บกักน้ำและป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เกษตรกรรม ในโครงการพัฒนาแก้มลิงหนองเลิงเปือยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดำเนินการแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2558 ทำให้แหล่งน้ำแปรสภาพจากเดิมที่เป็นหนองน้ำตื้นเขินกลายเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีความลึกมากถึง 6 เมตร ความลาดชันของขอบฝั่งสูง หลายพื้นที่ไม่มีพืชปกคลุมหน้าดินทำให้เกิดการพังทลายของขอบฝั่งเป็นบริเวณกว้าง

ระยะเวลาทำการศึกษา

ตรวจวัดและเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในเดือนมกราคม 2559 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูแล้ง และเดือนกันยายน 2559 ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูน้ำหลาก ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดกาฬสินธุ์จากสถิติข้อมูลน้ำฝน 52 ปี (พ.ศ. 2500-2551) พบว่าค่าเฉลี่ยในเดือนมกราคมเท่ากับ 4.0 มิลลิเมตรและในเดือนกันยายนเท่ากับ 241.4 มิลลิเมตร (กรมชลประทาน, 2553) แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างฤดูกาลอย่างชัดเจน

วิธีการศึกษา

1. คุณภาพน้ำ

ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยมีพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปรของ YSI รุ่น Professional Plus วัดความโปร่งแสงของน้ำโดยใช้ Secchi disc พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมในน้ำ โดยการกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ของ Whatman ก่อนนำไปทำให้แห้งและชั่งน้ำหนัก ส่วนการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* ในน้ำ ใช้วิธี Spectrophotometric method (Parson *et al*., 1992)

2. แพลงก์ตอนพืช

ศึกษาองค์ประกอบทางชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชโดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 30 ไมโครเมตร นำน้ำตัวอย่างมาใส่ในขวดพลาสติกปริมาตร 120 มิลลิลิตร รักษาสภาพตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยน้ำยาฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 หลังจากนั้นนำมาจำแนกชนิดแพลงก์ตอนพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ตามเอกสารของ ลัดดา (2544) และยุวดี (2558) นับปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ Sedgwick-Rafter counting chamber ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คำนวณหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ตามสูตร

$$C = NV_2 / V_1$$

เมื่อ C = ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (หน่วย(เซลล์หรือโคโลนี)/ลิตร), N = ค่าเฉลี่ยของจำนวนแพลงก์ตอนพืชที่นับได้ในน้ำ 1 มิลลิลิตร, V_1 = ปริมาตรน้ำที่กรองผ่านถุงแพลงก์ตอน (ลิตร) และ V_2 = ปริมาตรน้ำตัวอย่างแพลงก์ตอนในขวดเก็บตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำเสนอข้อมูลแบบสถิติพรรณนา การเปรียบเทียบกลุ่มความแตกต่างใช้วิธี t-test และ One-way ANOVA การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแพลงก์ตอนพืชกับปัจจัยคุณภาพน้ำ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman’s rank correlation coefficient)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. การศึกษาคุณภาพน้ำ

อุณหภูมิของน้ำมีความผันแปรตามฤดูกาลอย่างชัดเจน (Table 1) ในเดือนมกราคม 2559 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิมีค่าต่ำ (21.8-23.5 องศาเซลเซียส) ขณะที่เดือนกันยายน 2559 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน อุณหภูมิค่อนข้างสูง (30.4-32.2 องศาเซลเซียส) ความโปร่งแสงของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 24.0-33.7 เซนติเมตรในเดือนมกราคม 2559 และ 20.0-34.0 เซนติเมตรในเดือนกันยายน 2559 แสดงให้เห็นว่าน้ำในหนองเลิงเปือยมีความขุ่นค่อนข้างมากซึ่งอาจเกิดจากอนุภาคต่าง ๆ ที่ละลายหรือแขวนลอยในมวลน้ำซึ่งเป็นผลจากการขุดลอกหนอง ในเดือนมกราคม 2559 มีสีของน้ำเป็นสีน้ำตาลซึ่งอาจเป็นตะกอนของดินหรือสารอนินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่เดือนกันยายน 2559 สีของน้ำจะเป็นสีน้ำตาลอมเขียว ซึ่งอาจเกิดจากมีแพลงก์ตอนพืชในมวลน้ำในปริมาณมากผสมกับตะกอนที่มีอยู่เดิม ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 8.07-8.88 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กรมควบคุมมลพิษ (ราชกิจจานุเบกษา, 2537) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดในรอบปี อยู่ในช่วง 6.03-9.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530)

Table 1 Water quality in Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

Station	Parameters											
	Temperature (°C)		Transparency (cm)		pH		Dissolved Oxygen (mg/L)		Chlorophyll *a* (µg/L)		TSS (mg/L)	
	Jan16	Sep16	Jan16	Sep16	Jan16	Sep16	Jan16	Sep16	Jan16	Sep16	Jan16	Sep16
St.1	22.0	32.1	32.5	32.0	8.85	8.71	6.45	7.99	1.11	29.37	31.67	30.86
St.2	22.7	32.2	29.0	29.0	8.82	8.87	8.70	8.25	1.34	33.38	39.75	40.86
St.3	23.5	32.2	29.6	32.0	8.07	8.70	8.35	7.81	2.67	36.41	27.60	52.26
St.4	22.8	31.4	33.7	34.0	8.69	8.77	9.20	7.36	3.14	10.01	46.67	36.34
St.5	21.8	30.4	24.0	20.0	8.62	8.88	8.64	6.03	5.34	14.05	30.00	44.84

ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ในเดือนมกราคม 2559 มีค่าอยู่ในช่วง 1.11-5.34 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่ามัธยฐาน 2.67 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้อยมาก และถูกจัดให้อยู่ในประเภทของแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Oligotrophic waters) ตามการจำแนกของ Niles *et al*. (1996) ขณะที่ในเดือนกันยายน 2559 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* อยู่ในช่วง 10.01-36.41 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่ามัธยฐาน 29.37 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่สูงมากในระดับ Eutrophic level เป็นการสะท้อนความอุดมสมบูรณ์อย่างมากของแหล่งน้ำ โดยค่าคลอโรฟิลล์ สามารถใช้แสดงศักยภาพทางมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืดได้ (OECD, 1982)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวมในน้ำ เดือนมกราคม 2559 ณ พื้นที่ศึกษา มีค่าเท่ากับ 27.60–46.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ามัธยฐาน 31.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในเดือนกันยายน 2559 มีค่าอยู่ในช่วง 30.86–52.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ามัธยฐาน 40.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยแปรผันตรงตามความขุ่นและแปรผกผันกับความโปร่งแสงของน้ำ โดยเฉพาะอนุภาคอนินทรีย์สาร ซึ่งขัดขวางการส่องผ่านของแสงและไม่

สามารถสร้างกำลังผลิตขั้นต้นได้ ในขณะที่สารแขวนลอยที่เป็นแพลงก์ตอนพืชจะสะท้อนความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ดี

2. การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช

ผลการศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่หนองเลิงเปือย จังหวัดกาฬสินธุ์ พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 ดิวิชั่น (Division) 6 ชั้น (Class) 14 อันดับ (Order) 28 วงศ์ (Family) 55 สกุล (Genus) ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม 2559) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 ดิวิชั่น 6 ชั้น 12 อันดับ 20 วงศ์ 29 สกุล โดยแพลงก์ตอนพืช Class Chlorophyceae และ Class Bacillariophyceae มีจำนวนสกุลมากที่สุด 9 สกุล และฤดูน้ำหลาก (เดือนกันยายน 2559) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 3 ดิวิชั่น 5 ชั้น 13 อันดับ 25 วงศ์ 47 สกุล แพลงก์ตอนพืชใน Class Chlorophyceae มีจำนวนสกุลมากที่สุด 25 สกุล รองลงมาได้แก่ Class Bacillariophyceae พบ 12 สกุล

การศึกษาเชิงปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ศึกษา พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วง 56-247 หน่วยต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 146±77 หน่วยต่อลิตร) ในเดือนมกราคม 2559 และ 2,080-8,344 หน่วยต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย 4,705±3,243 หน่วยต่อลิตร) ในเดือนกันยายน 2559 (Figure 2) โดยสถานีที่มีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมากที่สุด ได้แก่ สถานี St.2 (8,344 หน่วยต่อลิตร) รองลงมาคือ St.3 (8,155 หน่วยต่อลิตร) เนื่องจากเป็นพื้นที่อ่าวปิดสามด้าน แพลงก์ตอนพืชล่องลอยมารวมกันจากกระแสลมโดยไม่สามารถถ่ายเทไปยังบริเวณอื่น จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในฤดูแล้งและฤดูน้ำหลากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

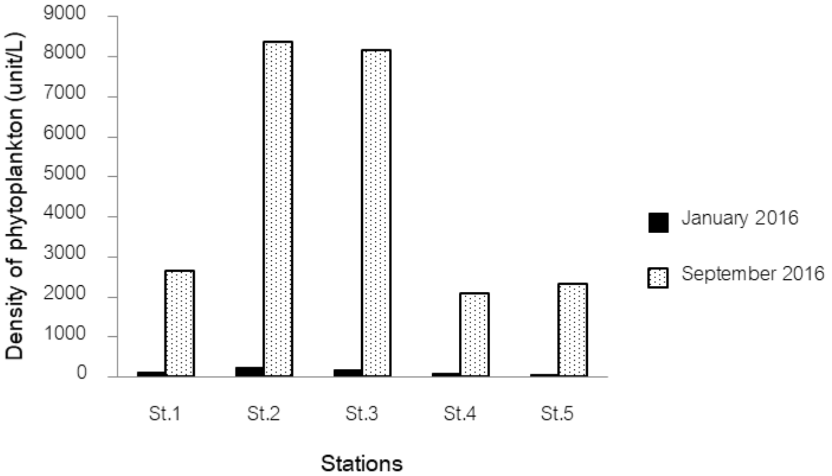


Figure 2 Density of phytoplankton in Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในระดับชั้น (Class) พบว่าในเดือนมกราคม 2559 แพลงก์ตอนพืชใน Class Dinophyceae และ Class Cyanophyceae มีจำนวนเซลล์คิดเป็นสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 37.55 และ 36.87 ตามลำดับ โดยมีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นได้แก่ *Ceratium* และ *Oscillatoria* ส่วนแพลงก์ตอนพืชใน Class Chlorophyceae และ Bacillariophyceae แม้จะพบความหลากหลายของชนิดมาก แต่มีจำนวนเซลล์ในแต่ละชนิดน้อย ขณะที่เดือนกันยายน 2559 พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลัก ได้แก่ Class Dinophyceae มีสัดส่วนมากถึงร้อยละ 53.34 โดยมีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นได้แก่ *Ceratium* และ *Peridinium*

ทั้งนี้พบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียว Class Chlorophyceae เพิ่มจำนวนขึ้นมากและมีสัดส่วนมากถึงร้อยละ 26.15 (Figure 3) ขณะที่กลุ่มไซยาโนแบคทีเรียในสกุล *Oscillatoria* และ *Anabaena* ยังสามารถพบได้ในทุกสถานีและมีความหนาแน่นมากกว่าเดือนมกราคม 2559

แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลตเป็นประชากรกลุ่มเด่นในพื้นที่หนองเลิงเปือย โดยเฉพาะ *Ceratium hirundinella* ซึ่งพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด เนื่องจากมีการดำรงชีวิตได้ทั้งแบบสังเคราะห์ด้วยแสงและกินสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหารทำให้แพร่กระจายพันธุ์ได้มาก ขณะที่กลุ่มไซยาโนแบคทีเรียซึ่งพบจำนวนมากเช่นกันทั้งสองฤดูกาลสามารถตรึงไนโตรเจนเพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นกรดอะมิโนได้ตลอดทั้งปีและสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากขึ้นในฤดูฝน ทั้งนี้แพลงก์ตอนกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในทุกสภาวะความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ

การเปลี่ยนแปลงประชาคมของแพลงก์ตอนพืชระหว่างฤดูแล้งและฤดูน้ำหลากที่เห็นได้เด่นชัดคือการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนสีเขียว Class Chlorophyceae โดยเฉพาะ Family Volvocaceae (สกุล *Eudorina*, *Pandorina* และ *Volvox*) ซึ่งพบจำนวนมากในเดือนกันยายน 2559 ขณะที่เดือนมกราคม 2559 นั้นไม่พบแพลงก์ตอนพืชสกุลเหล่านี้เลย แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ มวลน้ำ ธาตุอาหาร ทำให้สาหร่ายสีเขียวเจริญได้มากยิ่งขึ้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงประชาคมในระดับสกุล พบว่าแพลงก์ตอนพืชสกุล *Peridinium* หลายชนิดเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก เนื่องจาก *Peridinium* เป็นสกุลแพลงก์ตอนน้ำจืดที่ตอบสนองต่อสภาพอากาศร้อน อุณหภูมิสูงได้ดี โดยเฉพาะ *Peridinium gatunense* ซึ่งมักพบร่วมกับ *Ceratium hirundinella* เสมอ (ลัดดา, 2544)

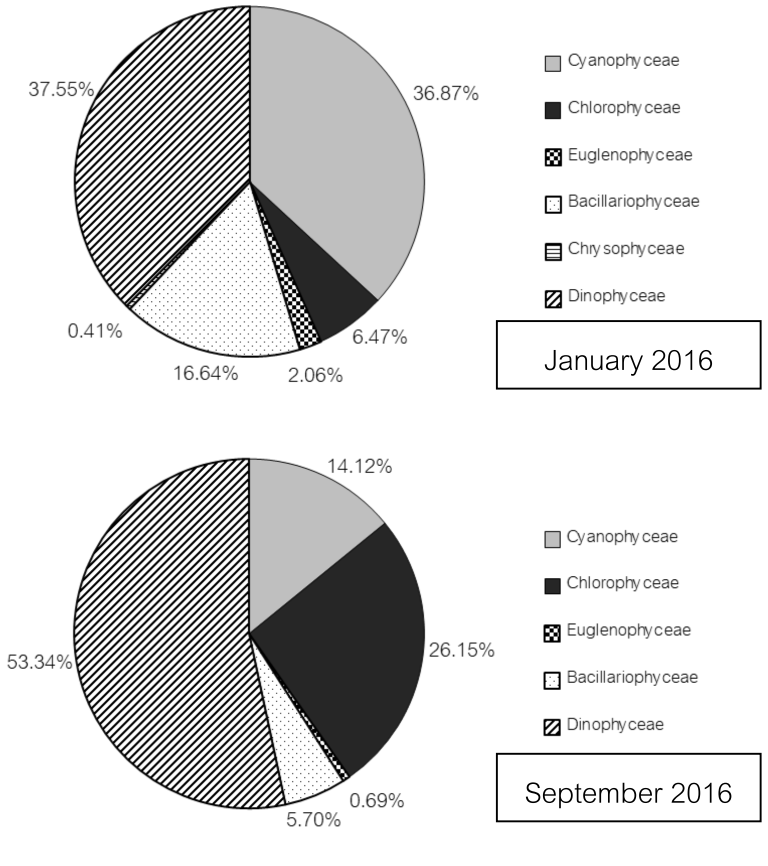


Figure 3 Composition of phytoplankton groups in Nong Lerng Pueay Lake, Kalasin Province

3. **ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในหนองเลิงเปือย**

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืช พบว่าอุณหภูมิของน้ำและปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<0.01) โดยความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* แสดงถึงมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (Kalchev *et al.*, 1996) ขณะที่อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ (Schabhüttl *et al.*, 2013) โดยจากผลการศึกษาครั้งนี้พบแพลงก์ตอนกลุ่มสาหร่ายสีเขียวและไดโนแฟลเจลเลตที่แพร่กระจายได้ดีในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง โดย Boney (1975) กล่าวว่าสาหร่ายสีเขียวสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ได้แก่ ธาตุอาหารและแสงอีกด้วย (Canale and Vogel, 1974) โดยแพลงก์ตอนพืชจำนวนมากในช่วงฤดูน้ำหลากสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในลำน้ำสาขาที่ไหลลงหนองเลิงเปือยในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งมีค่า 1.12–1.68 มิลลิกรัมต่อลิตร (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2559) ซึ่งเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 กรมควบคุมมลพิษ (ราชกิจจานุเบกษา, 2537)

สรุป

แหล่งน้ำที่มีการขุดลอกใหม่อย่างเช่นหนองเลิงเปือยยังคงมีความอุดมสมบูรณ์ของกำลังผลิตขั้นต้นในระดับต่ำในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีความขุ่นของน้ำมากในช่วงเริ่มต้นของการเก็บกักน้ำซึ่งขัดขวางการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช และจะมีการเพิ่มขึ้นของแพลงก์ตอนพืชทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณเมื่อเข้าสู่ฤดูน้ำหลากที่มีปัจจัยในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณธาตุอาหารและปริมาตรน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้การใช้ประโยชน์ของพื้นที่โดยรอบแหล่งน้ำซึ่งเป็นการเกษตรกรรมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำตามช่วงฤดูกาล การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่สร้างขึ้นใหม่หรือมีการปรับปรุงขุดลอก จึงต้องใช้ระยะเวลาในการสร้างกำลังผลิตขั้นต้นเพื่อเป็นฐานรากที่ดีของห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศแหล่งน้ำต่อไป ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรทางน้ำในหนองเลิงเปือยได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2553. **รายงานการศึกษาโครงการเบื้องต้น โครงการแก้มลิงหนองเลิงเปือย พร้อมอาคารประกอบ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์.** สำนักชลประทานที่ 6.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2559. **รายงานฉบับสมบูรณ์การติดตามและการบูรณาการอย่างมีส่วนร่วมของโครงการพัฒนาแก้มลิงหนองเลิงเปือย (โครงการต่อเนื่อง ปีที่ 2).** สถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2558. **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ราชกิจจานุเบกษา. 2537. เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. **แพลงก์ตอนพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 75/2530**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

Boney, A.D. 1975. **Phytoplankton**. The institute of biology's studies in biology, No.52, Edward Arnold Ltd., London, UK. 116 pp.

Canale, R.P. and A.H. Vogel. 1974. Effects of temperature on phytoplankton growth. **Journal of the Environmental Engineering Division** 100(1): 231-241.

Closs, G.P., B.J. Downes and A.J. Boulton. 2004. **Freshwater Ecology: A Scientific Introduction**. Blackwell Science Ltd., Blackwell Publishing. Oxford, UK.

Cooke, G.D., E.B. Welch, S.A. Peterson and P.R. Newroth. 1986. **Lake and Reservoir Restoration**. Butterworth Publishers. Stoneham, MA.

Kalchev, R.K., M.B. Beshkova, C.S. Boumbarova, R.L. Tsvetkova and D. Sais. 1996. Some allometric and non-allometric relationships between chlorophyll-*a* and abundance variables of phytoplankton. **Hydrobiologia** 341(3): 235-245.

Niles, R.K., D.L. King and R. Ring. 1996. **Lake Classification System Part I**. The Michigan riparian.

OECD. 1982. **Eutrophication of Water: Monitoring Assessment and Control**. Organization of economic co-operation and development, Paris.

Parson, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli. 1992. **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press.

Peterson, S.A. 1982. Lake restoration by sediment removal. **Journal of the American Water Resources Association** 18: 423–436.

Schabhüttl, S., P. Hingsamer, G. Weigelhofer, T. Hein, A. Weigert and M. Striebel. 2013. Temperature and species richness effects in phytoplankton communities. **Oecologia** 171(2): 527-536.

การสำรวจสภาวะทรัพยากรประมงจากประมงพาณิชย์เพื่อกำหนดเขตการประมง บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช

Investigation on Fishery Resource Status from Commercial Fisheries for Fishing Zone Demarcation in Nakhon Si Thammarat Province

วิรัตน สนิทมัจโร[1*]

Wirat Sanitmajjaro[1*]

บทคัดย่อ

ศึกษาสภาวะการประมงพาณิชย์บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อใช้ข้อมูลประกอบการกำหนดเขตการประมง และการบริหารจัดการประมงอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยเก็บข้อมูลจากเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และอวนลากคู่ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557– กันยายน พ.ศ. 2558 พบว่ามีอัตราการจับเฉลี่ยเท่ากับ 20.43±6.01 35.65±5.89 และ 111.09±32.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ องค์ประกอบสัตว์น้ำจากเรืออวนลากขนาดเล็ก ประกอบด้วยกลุ่มกุ้งสูงสุด ร้อยละ 52.22 รองลงมา คือ กลุ่มปลาเป็ด ปลาหน้าดิน ร้อยละ 19.66 และ 19.21 ตามลำดับ เรืออวนลากขนาดกลาง ประกอบด้วยปลาเป็ดสูงสุด ร้อยละ 52.88 รองลงมา คือ กลุ่มปลาหน้าดิน กลุ่มกุ้ง ร้อยละ 24.82 และ 10.56 ตามลำดับ เรืออวนลากคู่ประกอบด้วยกลุ่มปลาเป็ดสูงสุด ร้อยละ 50.92 รองลงมา คือ ปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ ร้อยละ 32.92 และ 9.91 ตามลำดับ ในกลุ่มปลาเป็ดจากเรืออวนลากทั้งสามชนิดประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก ได้แก่ ปลาเป็ดแท้ ร้อยละ 31.17:68.83, 20.18:79.82 และ 56.12:43.88 ตามลำดับ เขตทะเลชายฝั่งที่เหมาะสมไม่ควรน้อยกว่า 3 ไมล์ทะเล ควรกำหนดเขตการประมงสำหรับเรือประมงอวนลากตามขนาดเรือ

ABSTRACT

The study of the commercial fishery status survey in Nakhon Si Thammarat province in order to use the data for determination the fishing zone and appropriate fishery management. The small and medium otter board trawlers (OBT1 and OBT2) and pair trawlers (PT) were conducted between October 2014 and September 2015. The CPUE average of OBT1, OBT2 and PT were 20.43±6.01, 35.65±5.89 and 111.097±32.096 kg/hr, respectively. The species composition of catches from OBT1 comprised with shrimps at the highest percentage (52.22%) followed by trash fish (19.66%) and demersal species (19.21%). The highest percentage of species composition from OBT2 catches was trash fish (52.88%) followed by demersal species (24.82%) and shrimps (10.56%). For PT, species composition of catches consisted of trash fish at the highest percentage (56.12%) follow by demersal species (32.92%) and pelagic fish (9.91%). In trash fish of 3 trawlers comprised with juvenile of economic fish species and true trash fish percentage were 31.17:68.83, 20.18:79.82 and 56.12:43.88, respectively. The establishment of coastal zone should not less than 3 nautical miles from shore line. The zoning for fisheries should zoning for all type of trawlers by vessel size.

Key Words: fishery resource, commercial Fisheries, fishing zone ,Nakhon Si Thammarat Province

*Corresponding author; e-mail address: **wiratanas@gmail.com**

[1]กองบริหารจัดการเรือประมงและการทำการประมง กรมประมง กรุงเทพฯ 10900

[1]Fishing and Fleets Management Division, Department of Fisheries, Bangkok 10900

คำนำ

การบริหารจัดการการทำประมงที่ถูกต้องและเหมาะสม เกิดผลให้เกิดการฟื้นฟูของทรัพยากรสัตว์น้ำในแหล่งประมง สามารถรักษาฐานทรัพยากรและความสมดุลของระบบนิเวศได้ การกำหนดเขตห้ามทำการประมงของเครื่องมือประมงชนิดหนึ่งชนิดใดสามารถพิจารณาจากประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำ และผลกระทบต่อความยั่งยืนของทรัพยากรในเขตพื้นที่ชายฝั่ง จากการวิจัยที่พบว่าสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิดที่จับในเขตชายฝั่งด้วยเครื่องมืออวนลากและอวนล้อมจับมีขนาดเล็กกว่าขนาดความยาวแรกสืบพันธุ์ (อำนวย และคณะ, 2547; 2550; วิรัตน และคณะ, 2548; 2549; 2555) แสดงให้เห็นว่าสัตว์น้ำส่วนใหญ่ถูกจับก่อนที่จะมีโอกาสสืบพันธุ์ จะทำให้สัตว์น้ำที่โตเป็นพ่อแม่พันธุ์มีน้อย ผลิตสัตว์น้ำรุ่นลูกได้น้อย เกิดการทดแทนที่ไม่ทัน ทำให้เกิดสภาพที่เรียกว่าการทำประมงเกินกำลังผลิตจนทดแทนที่ไม่ทัน (recruitment overfishing) (Sparre and Venema, 1992) แนวทางหนึ่งที่ช่วยลดการจับสัตว์น้ำขนาดเล็กจากเครื่องมืออวนลากได้ คือ การขยายขนาดตาอวนก้นถุงของอวนลาก (ทวีป บุญวานิช, 2551) ซึ่งสามารถใช้สนับสนุนมาตรการการจัดการเครื่องมือที่กระทบต่อลูกสัตว์น้ำ จัดการเพื่อลดการจับสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กและพ่อแม่พันธุ์ จึงจำเป็นอย่างยิ่งต้องศึกษาเพื่อการจัดการที่เหมาะสม โดยจุมพล (2553) ได้เสนอแนวทางการจัดการการประมงสัตว์น้ำหน้าดินในอ่าวไทยที่เหมาะสม ซึ่งมีปัจจัยเกี่ยวข้องที่ต้องพิจารณาประกอบด้วย ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ ความเหมาะสมของแหล่ง ระบบนิเวศวิทยาปากอ่าวและปากแม่น้ำ

พระราชกำหนดการประมง พ.ศ. 2558 แบ่งน่านน้ำไทยออกเป็น 3 เขต ได้แก่ น่านน้ำภายใน ทะเลชายฝั่ง และทะเลนอกชายฝั่ง การบริหารจัดการในเขตทะเลชายฝั่ง ได้แก่การกำหนดเครื่องมือ รูปแบบ วิธีการ พื้นที่ทำการประมง ขนาดเรือประมงที่ใช้ทำการประมง เงื่อนไขการทำประมง การทำประมงประจำที่ และข้อกำหนดอื่นๆ กฎหมายให้อำนาจคณะกรรมการประมงประจำจังหวัดโดยอนุมัติรัฐมนตรีในการประกาศกำหนดและบังคับใช้ได้ การจัดการพื้นที่เพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล เพื่อให้ทรัพยากรประมงทะเลฟื้นคืนสู่ความสมบูรณ์ สร้างความมั่นคงทางอาหาร แนวทางหนึ่งคือการกำหนดเขตการประมงที่เหมาะสม หรือแนวทางการห้ามทำการประมงในบางพื้นที่ (area closure) ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ข้อมูลวิชาการสนับสนุน การศึกษาวิจัยสถานภาพทรัพยากรและการประมงอวนลาก ในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เนื่องจากเป็นเครื่องมือประมงที่ได้รับใบอนุญาตประมงพาณิชย์มากที่สุด จับสัตว์น้ำได้สูงสุดทั้งสัตว์น้ำหน้าดินและปลากลางน้ำ เครื่องมือ วิธีทำการประมงไม่สามารถเลือกจับสัตว์น้ำได้มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำขนาดเล็กและนิเวศพื้นท้องทะเล เกิดปัญหาข้อขัดแย้งกับเครื่องมืออื่น ๆ อยู่เป็นประจำ เพื่อใช้ข้อมูลประกอบการกำหนดเขตการประมง และการบริหารจัดการประมงอย่างถูกต้องและเหมาะสมบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บรวมรวมข้อมูลการทำประมงและสุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำจากเรือประมงอวนลาก จากท่าขึ้นสัตว์น้ำในเขตอำเภอหัวไทร สิชล และขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช (Figure 1) ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เป็นประจำทุกเดือน รวมทุกประเภทอย่างน้อย 10 ลำต่อเดือน โดยสอบถามข้อมูลแหล่งทำการประมง การลงแรงประมง (ชั่วโมง) ปริมาณการจับสัตว์น้ำ (กิโลกรัม) และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรือตัวอย่างด้วยแบบ

สัมภาษณ์ บันทึกผลจับสัตว์น้ำ หน่วยกิโลกรัม โดยแยกสัตว์น้ำเป็น 2 กลุ่ม แล้วจำแนกชนิดสัตว์น้ำในแต่ละกลุ่ม เป็นกลุ่มสัตว์น้ำเศรษฐกิจ (Economic fauna) ได้ แก่กลุ่มสัตว์น้ำที่ใช้บริโภค ซื้อขายกันในท้องตลาด และกลุ่มปลาเป็ด (Trash fish) หมายถึงปลาเบญจพรรณขนาดเล็ก ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาป่นหรือเลี้ยงสัตว์ สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำเศรษฐกิจและสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก วัดความยาวเป็นเซนติเมตร โดยกลุ่มปลาวัดความยาวตลอดลำตัว (Total length) กลุ่มปลาหมึกวัดความยาวลำตัว (Mantle length) กลุ่มกุ้งและกั้งวัดความยาวจากปลายกรีถึงปลายหาง (Total length) ส่วนกลุ่มปูวัดความกว้างกระดอง (Carapace width)

การวิเคราะห์ผลจับสัตว์น้ำต่อหน่วยการลงแรงประมง (catch per unit effort, CPUE) ของเรือ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง หาอัตราการจับเฉลี่ยของสัตว์น้ำรายเดือนของเครื่องมือแต่ละประเภท ตามฤดูมรสุม ดังนี้ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม – มกราคม) ช่วงเปลี่ยนลมมรสุม (เดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน) และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม– กันยายน) วิเคราะห์องค์ประกอบสัตว์น้ำในรูปของร้อยละกลุ่มสัตว์น้ำต่อปริมาณสัตว์น้ำทั้งหมด หาค่าความยาวเฉลี่ยของสัตว์น้ำชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ผลและวิจารณผลการศึกษา

1. ศึกษาแหล่งทำการประมง อัตราการจับสัตว์น้ำ องค์ประกอบสัตว์น้ำ การกระจายขนาดความยาวของสัตว์น้ำชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ

1.1 เรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดเล็ก (small otter board trawlers; OBT1) เก็บตัวอย่าง 138 ลำ พบว่าออกทำการประมงเฉพาะกลางคืน ร้อยละ 89.13 เฉพาะกลางวัน ร้อยละ 7.97 ทั้งกลางวันและกลางคืน ร้อยละ 2.9 โดยเรือที่ออกทำการประมงในเวลากลางคืน ทำการประมงเกือบตลอดทั้งปี เฉลี่ยเที่ยวละ 3.33±3.90 วัน มีการลงอวนในเวลากลางวัน 2-3 ครั้ง ๆ ละ 3-6 ชั่วโมง ส่วนใหญ่ 6 ชั่วโมง และลงอวนในเวลากลางคืน 2 ครั้ง ๆ ละ 5.5-6 ชั่วโมง เวลาทำประมงเฉลี่ย 26.34±36.92 ชั่วโมงต่อเที่ยว อัตราการจับเฉลี่ยเท่ากับ 20.43±6.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการจับเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 เท่ากับ 33.213 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการจับเฉลี่ยสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เท่ากับ 25.33±8.89 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยพบว่าอัตราการจับเฉลี่ยระหว่างฤดูมรสุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลจับสัตว์น้ำประกอบด้วยกลุ่มกุ้งสูงสุด ร้อยละ 52.22 รองลงมา คือ กลุ่มปลาเป็ด ปลาหน้าดิน ปลาหมึก ปลาผิวน้ำ และสัตว์น้ำอื่นๆ ร้อยละ 19.36, 19.21, 8.82, 0.39 และ 0.01 ตามลำดับ ในกลุ่มของปลาเป็ดประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ดแท้ ร้อยละ 31.17 และ 68.83 ตามลำดับ สัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กที่สำคัญ คือ กลุ่มปลาหน้าดิน ร้อยละ 24.17 ปลาผิวน้ำ ร้อยละ 2.45 ของกลุ่มปลาเป็ดที่จับได้ทั้งหมด (Table 1, Figure 1 และ 2)

เรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดเล็ก มีการเปลี่ยนรูปแบบมาทำการประมงในเวลากลางคืนเป็นหลัก จากเดิมทำการประมงเฉพาะกลางคืน เพียงร้อยละ 56.52 เรือกลุ่มนี้ออกไปทำการประมงห่างจากฝั่งและครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น มีการเพิ่มการลงแรงมากขึ้นเพื่อให้สามารถจับสัตว์น้ำได้ในปริมาณใกล้เคียงกับที่เคยจับได้ในอดีต องค์ประกอบสัตว์น้ำที่จับได้เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจสูงสุด ทั้งกลุ่มกุ้งและปลาหน้าดิน โดยมีองค์ประกอบปลาเป็ดต่ำเพียงร้อยละ 19.36

1.2 เรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลาง (medium otter board trawlers; OBT2) เก็บตัวอย่าง 74 ลำ ออกทำการประมงเฉพาะกลางคืน ร้อยละ 17.57 เฉพาะกลางวัน ร้อยละ 2.70 ทั้งกลางวันและกลางคืน ร้อยละ 79.73

เมื่อพิจารณาตามพื้นที่ทำการประมงตามระยะห่างฝั่ง พบว่าร้อยละ 4.05 ของเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลางทำการประมงในเขต 6 ไมล์ทะเล ร้อยละ 31.08 เขต 6-12 ไมล์ทะเล และมากกว่าเขต 12 ไมล์ทะเล ร้อยละ 64.87 อัตราการจับเฉลี่ยเท่ากับ 35.65±5.89 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยพบว่ามีอัตราการจับเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เท่ากับ 43.785 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาอัตราการจับเฉลี่ยตามฤดูมรสุมพบว่า มีอัตราการจับเฉลี่ยสูงในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เท่ากับ 38.738±5.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยพบว่าอัตราการจับเฉลี่ยระหว่างฤดูมรสุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อพิจารณาตามพื้นที่ทำการประมง พบว่าเรือที่ทำการประมงในเขตระยะห่างฝั่ง 12 ไมล์ทะเลออกไป มีอัตราการจับเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 38.42±13.95 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมา คือ ภายในเขต 6 ไมล์ทะเล เท่ากับ 34.22±6.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และในเขต 6-12 ไมล์ทะเล เท่ากับ 29.53±8.48 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลจับสัตว์น้ำประกอบด้วยปลาเป็ดสูงสุด ร้อยละ 52.88 รองลงมา คือ กลุ่มปลาหน้าดิน กลุ่มกุ้ง ปลาหมึก ปลาผิวน้ำ ปู และสัตว์น้ำอื่นๆ ร้อยละ 24.82, 10.56, 9.10, 1.91, 0.48 และ 0.25 ตามลำดับ ในกลุ่มของปลาเป็ดประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ดแท้ ร้อยละ 20.18 และ 79.82 ตามลำดับ สัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กที่สำคัญ คือ กลุ่มปลาหน้าดิน ร้อยละ 11.45 กุ้ง ร้อยละ 2.67 และปลาผิวน้ำ ร้อยละ 1.53 ของกลุ่มปลาเป็ดที่จับได้ทั้งหมด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบสัตว์น้ำตามพื้นที่ทำการประมง พบว่าเรือที่ทำการประมงภายในเขตระยะห่างฝั่ง 6 ไมล์ทะเล ประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ด ร้อยละ 38.16 และ 61.84 ส่วนในเขตระยะห่างฝั่ง 6-12 ไมล์ทะเล ประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ด ร้อยละ 56.45 และ 43.55 และเขตระยะห่างฝั่งตั้งแต่ 12 ไมล์ทะเลออกไป ประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ด ร้อยละ 49.71 และ 50.29 (Table 1 และ 2, Figure 1 และ 2)

เรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลาง ออกไปทำการประมงนานและห่างฝั่งมากขึ้นจากการศึกษาในอดีต จนเกือบถึงแนวน่านน้ำประชิดกลางอ่าวไทย มีอัตราการจับลดลงจากการศึกษาของ วิรัตน และคณะ (2555) ในปี 2552 และใกล้เคียงกับรายงานของ อำนวย และคณะ (2550) และจุมพล (2553) ที่พบว่าอัตราการจับสัตว์น้ำเฉลี่ยของเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลางบริเวณอ่าวไทย ปี 2546-2546 และในปี 2550 มีค่าเท่ากับ 35.43 และ 38.15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ องค์ประกอบของสัตว์น้ำที่จับได้เป็นปลาเป็ดร้อยละ 52.88 แสดงให้เห็นถึงความเสื่อมโทรมลงของแหล่งประมง ที่พบว่าสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดหลักถูกจับก่อนไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นกลุ่มประชากรหลักได้ทัน ทำให้สัตว์น้ำกลุ่มปลาเป็ดซึ่งมีช่วงอายุสั้น การเจริญเติบโตเร็วกว่ากลายเป็นกลุ่มประชากรที่จับได้มาก โดยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กที่ปนอยู่ในปลาเป็ดส่วนใหญ่ คือ กลุ่มปลาหน้าดิน

1.3 เรืออวนลากคู่ (pair trawl; PT) เก็บตัวอย่าง 37 คู่ เป็นเรือขนาด 18-25 เมตร ทำการประมงทั้งกลางวันและกลางคืน เที่ยวละ 9-20 วัน เฉลี่ย 15.62±1.87 วัน แหล่งทำการประมงครอบคลุมพื้นที่กว้างจนถึงกลางอ่าวไทย มีอัตราการจับเฉลี่ยเท่ากับ 111.09±32.09 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จับได้สูงสุดในเดือนกันยายน 2558 เท่ากับ 183.51 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เท่ากับ 129.91±34.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยพบว่าอัตราการจับเฉลี่ยระหว่างฤดูมรสุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลจับสัตว์น้ำประกอบด้วยกลุ่มปลาเป็ดสูงสุด ร้อยละ 50.92 รองลงมา คือ ปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ ปลาหมึก กุ้ง ปู และสัตว์น้ำอื่นๆ ร้อยละ 32.92, 9.91, 5.81, 0.27, 0.11 และ 0.09 ตามลำดับ ในกลุ่มของปลาเป็ดประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก และปลาเป็ดแท้ ร้อยละ 56.12 และ 43.88 ตามลำดับ สัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กที่สำคัญ

คือ กลุ่มปลาผิวน้ำ ร้อยละ 32.45 และปลาหน้าดิน ร้อยละ 18.73 ของกลุ่มปลาเป็ดที่จับได้ทั้งหมด (Table 1, Figure 1 และ 2)

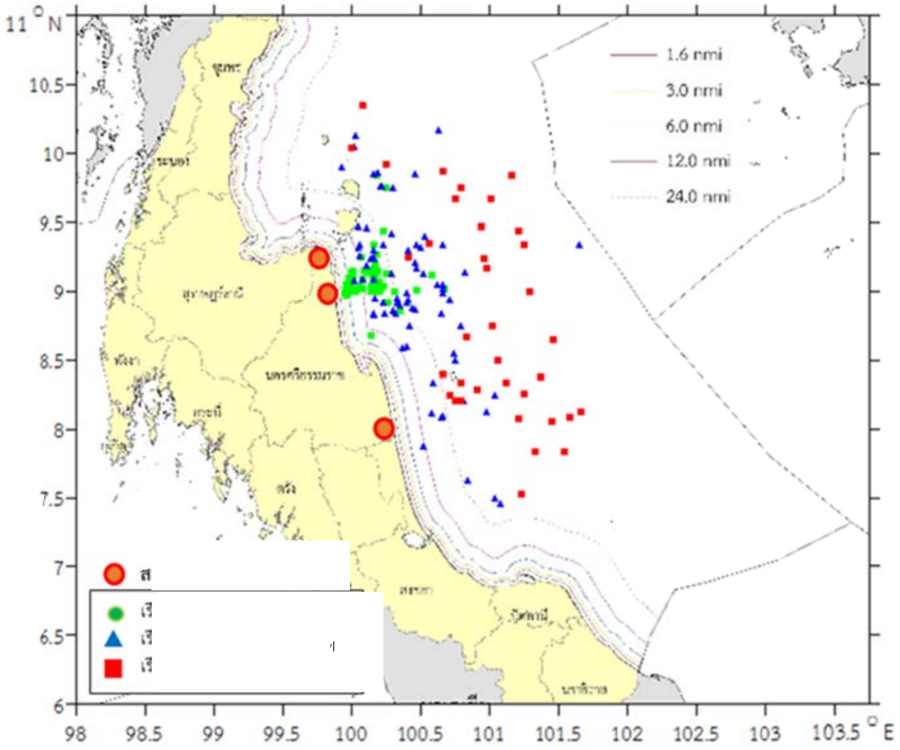


Figure 1 Data collecting and fishing ground areas of trawlers in Nakhon Si Thammarat Province during 2014-2015.

Table 1 The comparison of CPUE (kg/hr) for different size of trawl nets and monsoon seasons in Nakhon Si Thammarat province during 2014 to 2015.

Fishing gear	Northeast monsoon	Monsoon season change	Southwest monsoon	CPUE (kg/hr)
OBT1	14.68±2.93[a]	15.11±1.30[b]	25.33±8.89[c]	20.43±6.01
OBT2	33.81±5.96[a]	30.61±4.29[b]	38.73±5.47[c]	35.65±5.89
PT	106.39±15.66[a]	88.59±22.06[b]	129.91±34.67[c]	111.09±32.09

Remark: Different English characters were statistically significant differences at 95%

Table 2 Catch composition of medium-sized trawler and CPUE in three different areas where fish landing in Nakhon Si Thammarat province during 2014 to 2015.

Fishing area	Percentage of vessel	CPUE (kg/hr)				Total
		Economic animal	%	Trash fish	%	
3 - 6 nautical miles	4.05	13.06	38.16	21.16	61.84	34.22±6.67
6 -12 nautical miles	31.08	16.67	56.45	12.86	43.55	29.53±8.48
> 12 nautical miles	64.87	19.10	49.71	19.32	50.29	38.42±13.95

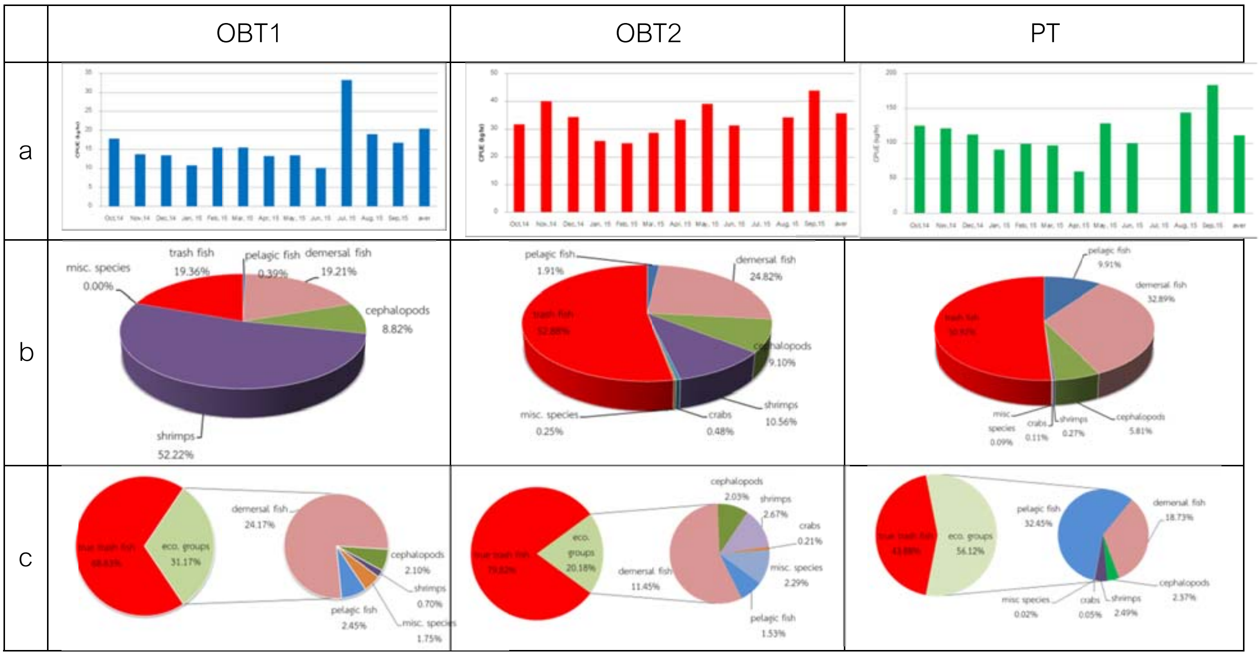


Figure 2 The monthly CPUE (kg/hr) (a) catch composition (b) and trash fish composition (c) were classified by

different types of trawl in Nakhon Si Thammarat during 2014 to 2015.

ผลการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับวิรัตน และคณะ (2555) ในปี 2552 เนื่องจากเรืออวนลากคู่เป็นเรือขนาดใหญ่ มีศักยภาพในการทำประมง เครื่องมือมีประสิทธิภาพในการจับสัตว์น้ำสูงทั้งกลุ่มปลาผิวน้ำและสัตว์น้ำหน้าดิน ซึ่งสัดส่วนของสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็กในกลุ่มปลาเป็ด เมื่อเทียบอัตราการจับต่อหน่วยการประมงสูงกว่าอวนลากชนิดอื่น ทำให้อัตราการทำลายสัตว์น้ำก่อนวัยอันควรเพิ่มขึ้นตามตัว จึงควรกำหนดเขตการประมงกับเรือกลุ่มนี้ได้ก่อน

1.4 การกระจายขนาดความยาวของสัตว์น้ำชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ พบว่าปลาทรายแดงโม่ง ปลาตาหวานชนิด *Priacanthus tayenus* ที่จับได้ในด้วยเครื่องมืออวนลากแผนตะเฆ่ขนาดเล็ก และขนาดกลาง ปลาทูปลาลัง ที่จับได้จากอวนลากทั้งสามชนิด มีขนาดความยาวเฉลี่ยน้อยกว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ เสี่ยงต่อการเกิดสภาพการทำประมงเกินกำลังผลิตจนทดแทนที่ไม่ทัน (Recruitment Overfishing)

2. แนวทางการกำหนดเขตการประมง และการบริหารจัดการประมงพาณิชย์อย่างถูกต้องและเหมาะสมบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช

2.1 แนวทางการกำหนดเขตการประมง จากข้อมูลแหล่งทำการประมง อัตราการจับ องค์ประกอบและขนาดสัตว์น้ำที่จับได้ พบว่าเรืออวนลากทั้งสามชนิดมีพื้นที่ทำการประมงตามศักยภาพของเรือและประสิทธิภาพของเครื่องมือ โดยเรืออวนลากขนาดกลางมีแหล่งทำการประมงบริเวณเดียวกับเรืออวนลากคู่ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของสัตว์น้ำตามระยะห่างฝั่ง พบว่า เรือที่ทำการประมงตั้งแต่เขตทะเลชายฝั่งออกไปจนถึงระยะ 6 ไมล์ทะเล มีอัตราการจับเฉลี่ย 34.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจ : ปลาเป็ด ร้อยละ 38.16 : 61.84 (Figure 2 (c)) ซึ่งในองค์ประกอบของปลาเป็ดจะมีลูกสัตว์น้ำเศรษฐกิจปนอยู่เป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่ไม่เหมาะสม และย่อมส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์น้ำ ดังนั้น เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างเหมาะสม ลดการใช้ประโยชน์สัตว์น้ำขนาดเล็กก่อนวัยอันควร ก่อให้เกิดความยั่งยืนในอนาคต จึงควรกำหนดพื้นที่ทำการประมงที่เหมาะสมสำหรับเรืออวนลากขนาดกลาง คือ ระยะตั้งแต่ 6 ไมล์ทะเล นับจากแนวเขตชายฝั่งออกไป องค์ประกอบสัตว์น้ำที่จับได้ พบว่าอวนลากขนาดเล็กประกอบด้วยสัตว์น้ำเศรษฐกิจสูงสุด ร้อยละ 80.64 ส่วนอวนลากขนาดกลาง และอวนลากคู่ ร้อยละ 47.12 และ 49.08 ตามลำดับ โดยองค์ประกอบสัตว์น้ำกลุ่มปลาเป็ด พบว่าทั้งสามเครื่องมือมีองค์ประกอบของลูกสัตว์น้ำเศรษฐกิจขนาดเล็ก ร้อยละ 31.17 20.18 และ 56.12 ตามลำดับ จึงทำให้ลูกสัตว์น้ำถูกจับไปใช้ประโยชน์ก่อนวัยอันควรและไม่เหมาะสม ก่อให้เกิดการสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องมืออวนลากคู่ ซึ่งพบลูกสัตว์น้ำเศรษฐกิจกลุ่มปลาผิวน้ำ และปลาหน้าดิน เป็นองค์ประกอบถึง ร้อยละ 32.45 และ 18.73 ตามลำดับ ดังนั้น อวนลากคู่จึงควรทำการประมงห่างฝั่งไม่น้อยกว่า 6 ไมล์ทะเล

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบกับข้อมูลทางวิชาการที่มีผู้วิจัยไว้แล้ว ซึ่งมีความสอดคล้องกันทั้งในมิติของทรัพยากร และพื้นที่ จึงควรกำหนดเขตการประมง (Zoning) สำหรับเรือประมงพาณิชย์ที่ได้รับใบอนุญาตประมงพาณิชย์ประเภทเครื่องมืออวนลากทุกชนิด โดยห้ามเรืออวนลากทุกชนิดขนาดตั้งแต่ 20 ตันกรอสขึ้นไป และอวนลากคู่ เข้ามาทำการประมงในเขต 6 ไมล์ทะเล นับจากแนวชายฝั่งทะเล และห้ามเรือขนาดใหญ่หรือขนาดตั้งแต่ 60 ตันกรอสขึ้นไป เข้ามาทำการประมงในเขต 12 ไมล์ทะเล นับจากแนวชายฝั่งทะเล

2.2 แนวทางการบริหารจัดการประมงพาณิชย์ จากข้อมูลองค์ประกอบชนิดและขนาดสัตว์น้ำจากการวิจัยในครั้งนี้และข้อมูลที่วิจัยไว้แล้ว ควรกำหนดเขตทะเลชายฝั่ง ไม่น้อยกว่า 3 ไมล์ทะเล ระยะที่เหมาะสมคือ 6 ไมล์ทะเล และควรใช้มาตรการอื่นๆ ที่เหมาะสมสำหรับการทำประมงสัตว์น้ำหน้าดิน เช่น การกำหนดขนาดตาอวนที่เหมาะสม ควรมีการกำหนดขนาดตาอวนไม่ต่ำกว่า 3.0 เซนติเมตร สำหรับอวนลากกุ้ง ทำการประมงเฉพาะในเวลากลางคืน และอนุญาตเฉพาะเรือขนาดต่ำกว่า 20 ตันกรอส และไม่ต่ำกว่า 4.0 เซนติเมตร สำหรับเรือที่ทำการประมงทั้งเวลากลางวันและกลางคืน และควรมีการปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยการกำหนดขนาดช่องตาอวน

สรุป

ควรมีการกำหนดเขตการประมง (Zoning) ที่เหมาะสมตามขนาดเรือ เครื่องมือ และเวลาการทำประมง สำหรับเครื่องมืออวนลากทุกชนิด มีมาตรการบริหารจัดการอื่นๆ ที่เหมาะสม เช่น การกำหนดขนาดตาอวนที่เหมาะสม การควบคุมการลงแรงประมงให้เหมาะสมกับระดับศักย์การผลิตสูงสุดที่ยั่งยืน (Maximum Sustainable Yield ; MSY) ให้สามารถควบคุมการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องมือ และการลงแรงทำประมงในทะเล

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ กลุ่มงานสำรวจและวิเคราะห์สภาวะทรัพยากรและการประมง ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา) ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเก็บข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จุมพล สงวนสิน. 2553. **การจัดการการประมงสัตว์น้ำหน้าดินในอ่าวไทย**. วารสารการประมง 61(6) : หน้า 105-123.

ทวีป บุญวานิช. 2551. **การวิเคราะห์ผลกระทบการขยายขนาดตาอวนก้นถุงของการประมงอวนลาก**. วารสารการประมง 61(6) : หน้า 504-507.

วิรัตน สนิทมัจโร, สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล, กิ่งกาญจน์ วิบุญพันธ์ และ จุรีรัตน์ สงนุ้ย. 2555. **สภาวะการประมงพาณิชย์ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ปี 2552**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2555. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิรัตน สนิทมัจโร, อำนวย คงพรหม, กิ่งกาญจน์ วิบุญพันธ์ และ สมใจ เวชประสิทธิ์. 2549. **ทรัพยากรสัตว์น้ำในเขตชายฝั่ง 5 ไมล์ทะเล บริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิรัตน สนิทมัจโร, อำนวย คงพรหม, วิชาญ ชูสุวรรณ์ และ กิ่งกาญจน์ วิบุญพันธ์. 2548ข. **การสำรวจทรัพยากรปลาหน้าดินด้วยเครื่องมืออวนลากแผ่นตะเฆ่บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนวย คงพรหม, วิรัตน สนิทมัจโร, วิชาญ ชูสุวรรณ์ และ นิภล จันทขวัญ. 2547. **การสำรวจทรัพยากรสัตว์น้ำในเขตทะเลชายฝั่ง 10 กิโลเมตร บริเวณจังหวัดสงขลา**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2547. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนวย คงพรหม, รัตนาวลี พูลสวัสดิ์, สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล, อุดมสิน อักษรผอบ, สิชล หอยมุข, กำพล ลอยชื่น, มนตรี สุมณฑา และ สุภัทร ศรีพันธุ์ไพบูลย์. 2550. **สภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามันจากเรืออวนลากพาณิชย์**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Sparre, P. and S. C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1, Manual.*FAO Fisheries Technical Paper* No. 306/1 Rev.1: 376 pp.

ความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับของอุตสาหกรรมปลาป่น

Opinions of Operators on Traceability Systems of Thailand's Fishmeal Industry

จีราธร ยุทธารักษ์[1*] ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์[1] อุไรรัฒท์ เนตรหาญ[1] และจิราภัษ อัจจิมางกูร[1]

Jeeratorn Yuttharax[1*] Sansanee Wangvoralak[1] Urairathr Nedtharnn[1] and Jirarpast Adjinamgkunl[1]

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมปลาป่นมีความสำคัญอย่างมากในภาคการประมงและปศุสัตว์ เนื่องจากเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะโปรตีน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาห่วงโซ่อุปทานระดับต้นน้ำและกลางน้ำของอุตสาหกรรมปลาป่น ระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นที่มีในปัจจุบัน และความคิดเห็นของผู้ประกอบการในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น ผลการศึกษาพบว่า ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นของประเทศไทย มีโครงสร้างประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประกอบการ 7 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ และผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต/สินค้า จัดอยู่ในห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำ ผู้ประกอบการผลิตปลาป่น อยู่ในห่วงโซ่อุปทานกลางน้ำ และผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ/ปศุสัตว์ และผู้ส่งออกปลาป่น จัดอยู่ในห่วงโซ่อุปทานปลายน้ำ ซึ่งมีการไหลของข้อมูลที่ใช้ยืนยันแหล่งที่มาของวัตถุดิบเข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นผ่าน 3 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบเชื่อมโยงคำขอกลางและระบบสนับสนุนใบอนุญาตและใบรับรองผ่านอินเตอร์เน็ต (Fisheries Single Window: FSW) ระบบฐานข้อมูลส่วนกลางของกรมประมง (Fishing Info) และระบบใบรับรองการจับสัตว์น้ำ Thai Flagged Catch Certificate สำหรับความคิดเห็นของผู้ประกอบการในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นฯ พบว่า ผู้ประกอบการมีการรับรู้ต่อระบบผ่านทางการประกาศบังคับใช้เป็นกฎหมายและคู่ค้า ผู้ประกอบการเห็นด้วยกับการออกกฎหมายเพื่อจัดระเบียบทางการประมง แต่คิดว่ายังไม่สามารถแก้ไขได้ทั้งหมดโดยเฉพาะปัญหาการขาดแคลนแรงงานประมง ด้านการปฏิบัติตามข้อตกลงของระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นฯ เจ้าหน้าที่รัฐให้ข้อมูลว่า ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากการกรอกเอกสารไม่ถูกต้อง เนื่องจากเจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตปลาป่นขาดความรู้และการประสานงานในการแก้ไขเอกสาร

ABSTRACT

Fishmeal industry is very important in the fisheries and livestock sectors. This study focused on the upstream and midstream supply chain of the fishmeal industry, the current traceability system of fishmeal and the opinion of operators on traceability system. The results showed that the supply chain of the fishmeal industry consists of 7 players. Fishing business operators, fish processing operators and fishmeal raw material or product collectors were in the upstream supply chain. Fishmeal manufacturers were in the midstream supply chain, and feed mill operators, fish farmers and livestock operators as well as fishmeal exporters were in downstream supply chain. Information used to confirm the source of raw materials is flowed into fishmeal traceability system through 3 main electronic systems: Fisheries Single Window (FSW), Fishing Info and Thai Flagged Catch Certificate. For the opinions of operators in fishmeal traceability, the results revealed that they were aware of information from law enforcement and their trading partners. The operators agreed with the enforcement of fisheries law. However, they indicated that it was difficult to solve all problems, especially fishing labour shortages. For regulatory compliance of fishmeal traceability system, the government officials indicated that the most mistakes occurred from wrong writing or incorrect document filling. The lack of knowledge of fishmeal factory staffs and poor coordination among the workers to edit documents would be the main cause of the error.

Key Words: opinion, traceability, fishmeal industry

* Corresponding author; e-mail address: sunmar_xxx@hotmail.com

[1]ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fisheries Management, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2556 ได้เกิดวิกฤตการณ์ครั้งยิ่งใหญ่ในภาคการประมงของประเทศไทย ซึ่งมาจากมาตรการกีดกันทางการค้าทั้งในรูปแบบที่เป็นมาตรการทางภาษี และมาตรการที่ไม่ใช่ภาษี (Non-Tariff Barrier; NTB) เช่น ผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อส่งออกถูกจับตามองเป็นพิเศษจากประเทศคู่ค้า เกี่ยวกับการใช้อาหารสัตว์ที่ใช้วัตถุดิบจากการทำประมงผิดกฎหมาย การถูกตัดสิทธิพิเศษทางภาษี (Generalized System of Preferences; GSP) จากสหภาพยุโรป (EU) การให้ใบเหลืองจาก EU กรณีการทำประมงไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบการทำประมงผิดกฎหมายขาดการรายงานและไร้การควบคุม (Illegal Unreported and Unregulated fishing; IUU Fishing) รวมถึงการถูกลดระดับในรายงานการค้ามนุษย์ของสหรัฐจาก Tier 2 Watch List ลงมาอยู่ระดับ Tier 3 จากวิกฤติการณ์ดังกล่าว ส่งผลกระทบร้ายแรงต่อเศรษฐกิจของภาคการประมงไทยและภาพลักษณ์สินค้าประมงไทยทั้งหมดในการส่งออก ทำให้ผู้ประกอบการตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานประมงต้องเผชิญกับปัญหาต้นทุนการประกอบการที่สูงขึ้น เพื่อเร่งปรับตัวให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของคู่ค้า ระบบตรวจสอบย้อนกลับซึ่งเป็นระบบที่จัดทำขึ้นเพื่อระบุและติดตามประวัติของผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่แหล่งที่มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ไปจนถึงผู้บริโภค โดยแต่ละขั้นตอนต้องเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตของตัวสินค้าไว้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียกตรวจสอบย้อนกลับ และเพื่อให้การติดตามแหล่งที่มาของสินค้าทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมประมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมปลาป่น ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อภาคการประมงและปศุสัตว์ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางอาหารและให้โปรตีนสูงในการผลิตอาหารสัตว์ เพื่อตอบสนองประเด็นสำคัญในการค้าสินค้าประมงของโลกเกี่ยวกับข้อเรียกร้องด้านความยั่งยืน ได้แก่ การป้องกันการทำประมงเกินศักยการผลิต ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งลดการทำประมงผิดกฎหมายที่ถูกจับตามองจากประเทศคู่ค้าดังกล่าวข้างต้น ปัจจุบันประเทศไทยมีระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น ที่ดำเนินการโดยกลุ่มวิชาการ กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2556 เพื่อออกหนังสือรับรองแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่นให้แก่โรงงานปลาป่น โรงงานอาหารสัตว์ และผู้ส่งออกปลาป่น ซึ่งเป็นระบบที่ผู้ประกอบการดังกล่าวสามารถเข้าร่วมได้ตามความสมัครใจ ไม่มีกฎหมายบังคับ ทำให้เกิดปัญหาการเชื่อมโยงข้อมูลภายในห่วงโซ่อุปทาน ที่ยังมีข้อมูลบางส่วนไม่ชัดเจนหรือผู้ประกอบการไม่ยอมให้ความร่วมมือในการเปิดเผย อาจจะเพราะมีความกังวลเกี่ยวกับการเรียกเก็บภาษี หรือเป็นความลับทางการผลิตสินค้า โดยเฉพาะข้อมูลจากกิจกรรมต้นน้ำและกลางน้ำ ซึ่งกำลังอยู่ในช่วงการปรับเปลี่ยนเข้าสู่การทำประมงแบบ Non-IUU และการแก้ปัญหาด้านแรงงานประมง

ดังนั้น การศึกษาห่วงโซ่อุปทานระดับต้นน้ำและกลางน้ำของอุตสาหกรรมปลาป่น และระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นที่มีในปัจจุบัน จะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในโครงสร้างและการไหลของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่อใช้ในระบบตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น เพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบตรวจสอบย้อนกลับของอุตสาหกรรมปลาป่น ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาป่นของประเทศไทยเป็นที่ยอมรับของคู่ค้าทั้งในและต่างประเทศ และสร้างความเข้มแข็งให้แก่ภาคการประมงไทยให้ก้าวสู่อุตสาหกรรมประมงโลกได้อย่างมั่นคง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาห่วงโซ่อุปทานระดับต้นน้ำและกลางน้ำของอุตสาหกรรมปลาป่นในประเทศไทย และการศึกษาระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น เก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารวิชาการ รายงานการวิจัย สถิติ และรายงานผลปฏิบัติงานของหน่วยงาน และเก็บข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่เป็นคำถามปลายเปิด (open-ended question) เช่นเดียวกับการศึกษาความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น มีการคัดเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามวัตถุประสงค์หรือการเลือกตัวอย่างแบบโควต้า (stratified purposeful sampling or quota sampling) ตามแนวทางของ Miles and Huberman (1994) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ได้แก่ กลุ่มเจ้าหน้าที่ภาครัฐ และกลุ่มผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นพื้นที่ตั้งของโรงงานปลาป่นที่มีจำนวนมากที่สุดในประเทศไทย คือ 14 โรง (กรมประมง, 2559) ประกอบด้วย กลุ่มผู้ประกอบการต้นน้ำ ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ และผู้รวมปัจจัยการผลิต/สินค้าปลาป่น และกลุ่มผู้ประกอบการกลางน้ำ ได้แก่ ผู้ประกอบการผลิตปลาป่น

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น

ในการศึกษาห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานและการไหลของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น

โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นของประเทศไทย ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประกอบการ 7 กลุ่ม ได้แก่

1) ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง ได้แก่

1.1) เรือประมงสัญชาติไทย ได้แก่ เรือประมงพื้นบ้าน เรือประมงพาณิชย์ เรือประมงนอกน่านน้ำ และเรือขนถ่ายสัตว์น้ำในน่านน้ำไทย

1.2) เรือต่างประเทศ ได้แก่ เรือประมงต่างประเทศ และเรือขนถ่ายสัตว์น้ำต่างประเทศ

2) ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ ได้แก่ สถานประกอบการแปรรูปเบื้องต้น (ล้ง) และโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ เช่น โรงงานทูน่ากระป๋อง โรงงานซูริมิ ฯลฯ

3) ผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต/สินค้า ได้แก่ แพ และพ่อค้าคนกลาง (broker) ซึ่งรวบรวมสัตว์น้ำจากเรือประมง และเศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำ

4) ผู้ประกอบการผลิตปลาป่น ได้แก่ โรงงานปลาป่น

5) ผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ ได้แก่ โรงงานผลิตอาหารสัตว์

6) ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ/ ปศุสัตว์ ได้แก่ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ปลา หมู ไก่ โค กระบือ ฯลฯ

7) ผู้ส่งออกปลาป่น ได้แก่ โรงงานปลาป่น โรงงานอาหารสัตว์ พ่อค้าคนกลาง (broker) ฯลฯ

ทั้งนี้ เป็นการจำแนกตามกิจกรรมและประเภทการจดทะเบียนของผู้ประกอบการด้านการประมง (ทบ1 และทบ2) ซึ่งจะสัมพันธ์กับการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับ แตกต่างจาก สฤณี และคณะ (2557) ที่ศึกษาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นในจังหวัดสงขลา โดยจำแนกตามกิจกรรมที่ปรากฏในห่วงโซ่

อุปทานปลาป่น ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่น 6 ราย ได้แก่ ธุรกิจประมง (เรือประมงพื้นบ้านและพาณิชย์) พ่อค้าคนกลางที่แพปลา ผู้ผลิตปลาป่น ผู้ผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์และสัตว์น้ำ และการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้แยกผู้ประการแปรรูปสัตว์น้ำออกมาเป็นอีกหนึ่งกลุ่มเพื่อความชัดเจนทั้งในแง่ของการส่งต่อวัตถุดิบและข้อมูล สำหรับความสัมพันธ์ของผู้ประกอบการแต่ละกลุ่มนั้นสามารถจัด อยู่ในองค์ประกอบของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทาน (จัตตุรงค์, 2559) (Figure 1) ของอุตสาหกรรมปลาป่นได้ดังนี้

1) ห่วงโซ่อุปทานที่เข้าสู่ผู้ผลิต (Upstream supply chain) หรือห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำ มีผู้เกี่ยวข้องหลักคือ ผู้จัดจ่ายวัตถุดิบ (supplier) ซึ่งวัตถุดิบในการผลิตปลาป่นสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้ 3 แหล่ง คือ สัตว์น้ำจากการทำประมง (ปลาเป็ด) เศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำ และการนำเข้าวัตถุดิบหรือปลาป่น ดังนั้น ห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำจึงประกอบด้วยผู้ประกอบการ 3 กลุ่ม คือ ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ และผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต/สินค้า มีรายละเอียด ดังนี้

1.1) ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง จำหน่ายสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมง ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามประเภทการใช้งาน เช่น ปลาเศรษฐกิจ ปลาโรงงาน ปลาเหยื่อ และปลาเป็ด ให้แก่ แพ ล้ง โรงงานแปรรูปฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ/ปศุสัตว์ หรือ broker โดยเรือประมงและเรือขนถ่ายสัตว์น้ำสัญชาติไทยจะต้องทำการขึ้นสัตว์น้ำผ่านท่าขึ้นสัตว์น้ำ (fishing port) ยกเว้นเรือประมงพื้นบ้านที่สามารถขายสัตว์น้ำได้เลยโดยไม่ต้องผ่านท่าขึ้นสัตว์น้ำ ส่วนเรือประมงและเรือขนถ่ายสัตว์น้ำต่างชาติ รวมถึงการขนส่งสัตว์น้ำต่างชาติโดยเครื่องบินและรถบรรทุกจะต้องนำสัตว์น้ำเหล่านั้นผ่านด่านตรวจสัตว์น้ำตามประเภทการขนส่ง ได้แก่ ด่านตรวจสัตว์น้ำทางบก ท่าเรือ หรือท่าอากาศยาน

1.2) ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ จำหน่ายเศษเหลือจากการแปรรูปของสถานประกอบการแปรรูปเบื้องต้น (ล้ง) และโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ เช่น โรงงานทูน่ากระป๋อง โรงงานซูริมิ เป็นต้น โดยจำหน่ายให้โรงงานผลิตปลาป่นโดยตรง หรือมี broker เป็นผู้รวบรวมเศษเหลือจากหลายๆ แหล่ง

1.3) ผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต/สินค้า สำหรับผู้ที่ทำการรวบรวมสัตว์น้ำจากเรือประมงโดยตรงเพื่อจำหน่าย คือ แพ (pier) ส่วนผู้รวบรวมที่ทำการรวบรวมวัตถุดิบจากทั้งเรือประมง เศษเหลือจากการแปรรูปสัตว์น้ำรวมไปถึงสินค้าเพื่อจำหน่าย คือ พ่อค้าคนกลาง (broker) ซึ่งจะปรากฎอยู่ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

2) ห่วงโซ่อุปทานภายในกระบวนการผลิต (Midstream supply chain) หรือห่วงโซ่อุปทานกลางน้ำ มีผู้เกี่ยวข้องหลักคือ ผู้ผลิต (manufacturer) ได้แก่ ผู้ประกอบการผลิตปลาป่น (โรงงานปลาป่น)

3) ห่วงโซ่อุปทานที่เข้าสู่ลูกค้า (Downstream supply chain) หรือห่วงโซ่อุปทานปลายน้ำ มีผู้เกี่ยวข้องหลักคือ ผู้บริโภคหรือลูกค้า (customer) ประกอบด้วยผู้ประกอบการ 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ ได้แก่ โรงงานอาหารสัตว์ ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ/ปศุสัตว์ ได้แก่ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ปลา หมู ไก่ โค กระบือ ฯลฯ และผู้ส่งออกปลาป่น โดยจะทำการซื้อผลิตภัณฑ์ปลาป่นจากโรงงานปลาป่นโดยตรง หรือซื้อผ่าน broker

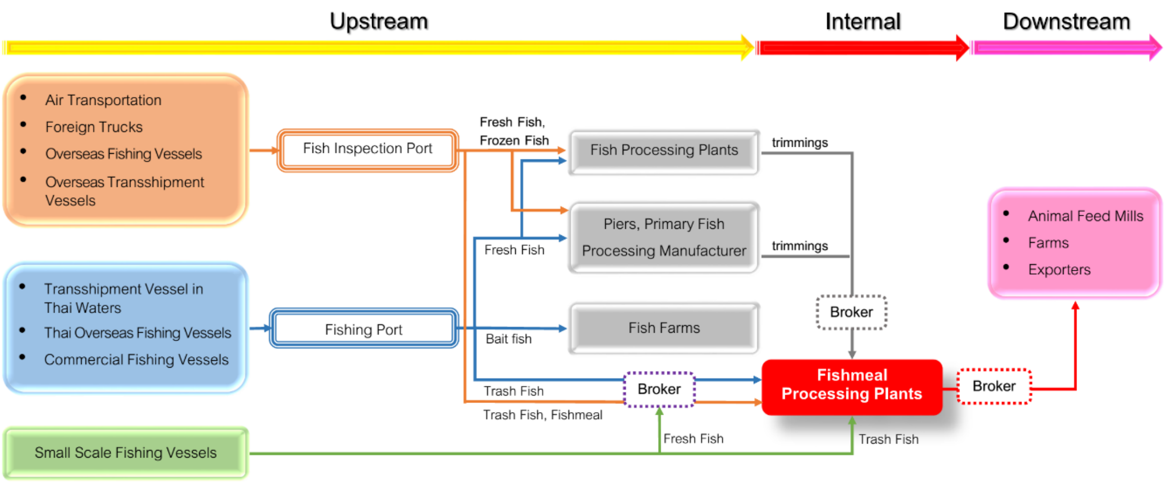


Figure 1 Product flow in fishmeal supply chain

1.2 การไหลของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น

ปัจจัยที่สนับสนุนการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทาน ได้แก่ การประสานความร่วมมือในการเคลื่อนย้ายสินค้า การใช้สารสนเทศ และการเงิน (โกศล, 2551) ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบระบบตรวจสอบย้อนกลับจำเป็นต้องทราบ เพื่อที่จะได้สามารถออกแบบระบบได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ สำหรับการไหลการของผลิตภัณฑ์ (Product Flow) ในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่น เป็นไปตามความสัมพันธ์ของผู้ประกอบการแต่ละกลุ่มข้างต้น และสัมพันธ์กับการไหลของข้อมูลเอกสารที่ใช้ยืนยันแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาป่นที่เข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับ ซึ่งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีบทบาทสำคัญในการนำเข้าข้อมูลสำหรับการตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นระดับต้นน้ำและกลางน้ำ (Figure 2) ได้แก่

1.2.1 การไหลของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นระดับต้นน้ำ ประกอบด้วยผู้นำเข้าข้อมูล 5 ส่วน ได้แก่

1) ด่านตรวจสัตว์น้ำ (Fish Inspection Port) มีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องในการขนถ่ายสินค้าประมง และออกใบอนุญาตนำสัตว์หรือซากสัตว์เข้ามาในราชอาณาจักร (ร.7) และหนังสือกำกับการจำหน่ายสัตว์น้ำนำเข้า (Import Movement Document; IMD) ซึ่งใช้เป็นหลักฐานในการซื้อขายสัตว์น้ำ โดยใช้ระบบเชื่อมโยงคำขอกลางระบบสนับสนุนใบอนุญาตและใบรับรองผ่านอินเตอร์เน็ต กรมประมง (Fisheries Single Window: FSW) ซึ่งเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบการออกหนังสือการแปรรูปสัตว์น้ำ (Processing Statement; PSE) และระบบการตรวจสอบตามมาตรการรัฐเจ้าของท่า (Port Stage Measures; PSM) ซึ่งเจ้าหน้าที่ของด่านตรวจสัตว์น้ำมีหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลที่ผู้นำเข้าแสดงผ่านระบบ เช่น ข้อมูลเรือและรายละเอียดการขนส่งต่างๆ ที่ต้องประกอบกับแบบคำร้องขอนำเรือประมงต่างประเทศเข้าเทียบท่า (Advance Request for Port Entre; AREP) และข้อมูลการจับสัตว์น้ำ รวมถึงกรณีการนำเข้าสัตว์น้ำด้วยอากาศยานหรือรถบรรทุก เพื่ออนุมัติตามขั้นตอนของระบบ ดังนั้น เจ้าหน้าที่ของด่านฯ จึงถือว่าเป็นผู้นำเข้าข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน เนื่องจากผ่านการตรวจสอบแล้ว

2) ศูนย์ควบคุมการแจ้งเข้า-ออกเรือประมง (Port In-Port Out Center) มีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องในการทำประมง และนำข้อมูลการแจ้งเข้า-ออกของเรือประมงเข้าสู่ระบบ Fishing Info ซึ่งเป็นระบบ

ฐานข้อมูลส่วนกลางของกรมประมง ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลใบอนุญาตทำการประมง (e-Licences) และข้อมูลทะเบียนเรือและใบอนุญาตใช้เรือ (กรมเจ้าท่า) อีกทั้งยังมีการเชื่อมโยงกับระบบติดตามเรือ (Vessel Monitoring System; VMS) และนำเข้าข้อมูลชนิดและน้ำหนักสัตว์น้ำจาก Logbook และใบกำกับการขนถ่ายสัตว์น้ำ (Marine Catch Transshipping Document; MCTD) เข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate (ใบรับรองการจับสัตว์น้ำ) ซึ่งมีการเชื่อมโยงกับระบบต่างๆ ที่เจ้าหน้าที่ PIPO ได้นำเข้าไว้

3) ท่าเทียบเรือประมง (ท่าขึ้นสัตว์น้ำ) มีหน้าที่จัดทำแบบสรุปน้ำหนักสัตว์น้ำรายวัน (Landing Declaration; LD) โดยจะนำเข้าข้อมูลชนิดและการชั่งน้ำหนักสัตว์น้ำ ณ ท่าเทียบเรือประมง เข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate และเป็นผู้อนุมัติบันทึกชั่งจริงหน้าท่าจากแพปลา เพื่อให้แพสามารถจัดทำหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (Marine Catch Purchasing Document; MCPD) ขายสัตว์น้ำได้ต่อไป

4) แพปลา มีหน้าที่จัดทำบันทึกชั่งจริงหน้าท่า (Weight at Port; WP) โดยจะนำเข้าข้อมูลชนิดและน้ำหนักสัตว์น้ำที่ชั่งจริงหน้าท่าเข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate เพื่อให้ท่าเทียบเรืออนุมัติและออก MCPD (แสดงข้อมูลส่วนที่ 1) เพื่อให้ผู้ประกอบการอื่นๆ ทำการซื้อขายสัตว์น้ำผ่านระบบได้ต่อไป

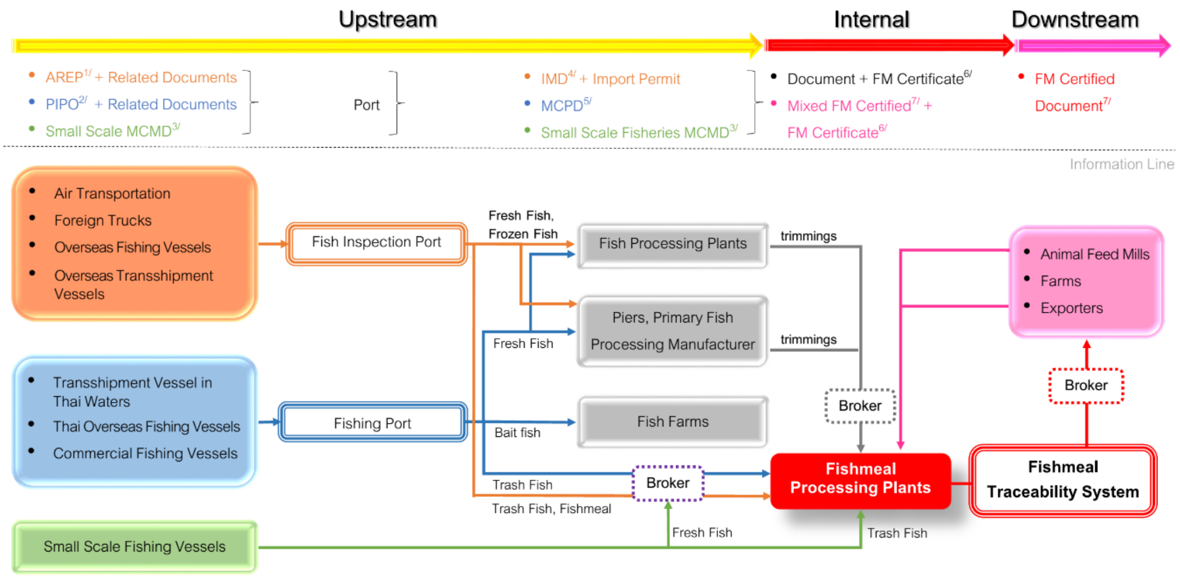
5) พ่อค้าคนกลาง (broker) และโรงงานแปรรูป มีหน้าที่จัดทำบันทึกการซื้อขายสัตว์น้ำใน MCPD ส่วนที่ 2 และ/หรือ 3 โดยจะนำข้อมูลชนิดและน้ำหนักสัตว์น้ำที่จะซื้อเข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate เมื่อแพอนุมัติการซื้อจึงถือว่าการซื้อขายนั้นสำเร็จ โดยจะมีการตัดข้อมูลชนิดและน้ำหนักสัตว์น้ำนั้นๆ ทุกครั้งที่มีการซื้อขาย ซึ่งข้อมูลการซื้อขายในส่วนที่ 2 และ 3 นี้ จะทำให้ตรวจสอบย้อนกลับได้ว่ามีผู้ประกอบการรายใดบ้างที่ได้ซื้อสัตว์น้ำจากแพนั้นๆ ไป และมีการซื้อขายต่อกันอย่างไร

1.2.2 การไหลของข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นระดับกลางน้ำ ซึ่งก็คือ โรงงานปลาป่น ในกรณีที่โรงงานซื้อปลาเป็ดหรือปลาอื่นๆ จากเรือประมงหรือเรือขนถ่ายสัตว์น้ำสัญชาติไทย รวมถึง broker โรงงานจะต้องนำเข้าข้อมูลชนิดและน้ำหนักสัตว์น้ำที่จะซื้อเข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate ซึ่งจะปรากฏใน MCPD ส่วนที่ 3 แต่หากเป็นการนำเข้าวัตถุดิบ หรือซื้อเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ หรือซื้อวัตถุดิบจาก broker ที่รวบรวมวัตถุดิบจากหลายๆ แหล่งมาขาย โรงงานจะไม่มีการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบด้วยตนเอง แต่จะเป็นการรวบรวมเอกสารจากผู้จำหน่ายวัตถุดิบเหล่านั้น เพื่อส่งให้ระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่นตรวจสอบความถูกต้องต่อไป

2. ระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น

หลังจากพระราชกำหนดการประมง พ.ศ. 2558 มาตรา 90 (5) ที่กำหนดให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำหรือแปรรูปสัตว์น้ำต้องจัดทำหลักฐานเพื่อการสืบค้น ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่อธิบดีประกาศกำหนด และมาตรา 90 (6) ที่กำหนดให้ผู้นำเข้า-ส่งออก หรือนำผ่านสัตว์น้ำหรือผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ต้องมีใบรับรองการจับสัตว์น้ำหรือเอกสารอื่นใดที่แสดงว่าสัตว์น้ำหรือผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำนั้น ได้มาจากการประมงโดยชอบด้วยกฎหมาย ทำให้มีการปรับปรุงระบบรับรองปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่นที่มีอยู่เดิมให้ครอบคลุมการผลิตปลาป่นทั้งการจำหน่ายในประเทศและการส่งออก อีกทั้งกรมประมงมีการจัดทำระบบสนับสนุนต่างๆ เพื่อช่วยให้การตรวจสอบย้อนกลับสามารถดำเนินการได้ครอบคลุมผู้ประกอบการตลอดห่วงโซ่อุปทานสินค้าประมงได้มากขึ้น (กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, 2559) โดยเฉพาะระบบ Thai Flagged Catch Certificate (ใบรับรองการจับสัตว์น้ำ) ซึ่งเป็นระบบออนไลน์ที่ใช้ในการติดตาม ควบคุม เฝ้าระวังการทำการประมงที่ผิดกฎหมายให้มีความต่อเนื่อง โปร่งใส มีประสิทธิภาพ มีการบริหารจัดการทรัพยากรประมงอย่างเป็นระบบตั้งแต่ต้นทางถึงการส่งออก โดยเริ่ม

ใช้ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ในจังหวัดสงขลาเป็นแห่งแรกและขยายขอบเขตครบทุกจังหวัดชายทะเล ทำให้การตรวจสอบย้อนกลับสามารถตรวจสอบได้ตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานของสินค้าประมง อีกทั้งโครงการ PPS (Processing Statement and PSM Link System) ที่อยู่ในขั้นตอนการพัฒนาระบบ เพื่อให้ตรวจสอบย้อนกลับสัตว์น้ำที่นำเข้ามาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตและส่งออกได้อย่างครบทั้งระบบ จนอาจกล่าวได้ว่าในอนาคต กรมประมงอาจจะไม่ต้องมีการแยกระบบตรวจสอบระหว่างสินค้าสัตว์น้ำเพื่อการบริโภคกับระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นก็เป็นได้ ทั้งนี้ ข้อมูลต่างๆ ที่นำเข้าสู่ระบบ เช่น ข้อมูลการทำประมง การลงแรงประมง ปริมาณการจับสัตว์น้ำ ปริมาณการใช้สัตว์น้ำในอุตสาหกรรมแปรรูป ฯลฯ สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาที่เป็นประเด็นสำคัญในภาคการทำประมงทั้ง 3 ประเด็นได้ ได้แก่ การป้องกันการทำประมงเกินศักยการผลิต การลดผลกระทบการทำประมงต่อสิ่งแวดล้อม และการลดกรณีการทำประมงผิดกฎหมายสำหรับการจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติกรณีของการทำประมง IUU และการค้ามนุษย์ สำหรับประเด็นด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จะถูกควบคุมโดยระบบมาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลสัตว์น้ำดังกล่าวในการเข้าสู่ระบบ Thai Flagged Catch Certificate



1/ Advance Request for Port Entry

2/ Port in-Port out

3/ Small Scale Marine Catch Movement Document

4/ Import Movement Document

5/ Marine Catch Purchasing Document

6/ Fishmeal Certificate

7/ Fishmeal Certified Document

Figure 2 Information flow in fishmeal supply chain

3. ความร่วมมือของผู้ประกอบการในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น

จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานภาครัฐและผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่นในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร เกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้ประกอบการต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น พบว่า ผู้ประกอบการมีการรับรู้ต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นผ่านทางการประกาศบังคับใช้เป็นกฎหมาย และผ่านทางคู่ค้า

ในส่วนของความคิดเห็นต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น พบว่า ผู้ประกอบการเห็นด้วยในการออกกฎหมายและการจัดระเบียบทางการประมง เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับ แต่คิดว่าระบบยังมีช่องโหว่ให้มีการนำเข้าวัตถุดิบจากประเทศเพื่อนบ้านที่ยังไม่มีการรับรองแหล่งที่มาที่ถูกต้องชัดเจน เข้าสู่กระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำและนำมาสวมสิทธิเป็นสัตว์น้ำไทย ซึ่งนอกจากจะมีแหล่งที่มาของวัตถุดิบจะไม่ถูกต้องแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการที่อยู่ต้นน้ำ เนื่องจากวัตถุดิบดังกล่าวมีราคาที่ถูกกว่าสัตว์น้ำในประเทศ ทำให้เกิดการแย่งส่วนแบ่งการตลาดและทำให้ราคาวัตถุดิบในประเทศไม่เป็นไปตามที่ควร และในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2558-2560) ที่มีการจัดระเบียบทางการประมงนี้ ยังคงมีปัญหาหลักที่ไม่สามารถแก้ไขได้ คือ ด้านแรงงานประมง โดยปัญหาด้านแรงงานของห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำ ได้แก่ ปัญหาขาดแรงงาน ปัญหาแรงงานย้ายที่ ปัญหาต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเกี่ยวกับแรงงานประมง เพื่อให้ถูกต้องตามกฎหมาย ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการเกิดความวิตกกังวลเกี่ยวกับเงินทุนสำรองของตน ว่าอาจจะไม่เพียงพอที่จะสามารถรับมือกับกฎระเบียบที่จะออกมาอีกในอนาคต และปัญหาที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ ระบบข้อมูลของกรมเจ้าท่ากับกรมประมงไม่ตรงกัน ทำให้เกิดปัญหาในการตรวจสอบการทำประมง และผู้ประกอบการต้องเป็นผู้รับผิดชอบความผิดพลาดนี้ สำหรับปัญหาด้านแรงงานของห่วงโซ่อุปทานกลางน้ำ พบว่า การจ้างงานส่วนใหญ่ถูกต้องร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 มาจากการเคลื่อนย้ายนายจ้าง ดังนั้น เมื่อรัฐออกมาตรการผลักดันแรงงานกลับประเทศ จึงส่งผลกระทบที่รุนแรง ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น อีกทั้งไม่สามารถหาแรงงานใหม่มาทดแทนได้

ด้านการปฏิบัติตามข้อตกลงของระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น เจ้าหน้าที่ภาครัฐได้ให้ข้อมูลว่า ผู้ประกอบการทั้งต้นน้ำและกลางน้ำมีการปฏิบัติถูกต้องตามกฎหมาย แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากความผิดพลาดในการกรอกเอกสาร เนื่องจากผู้รับบริการ คือ โรงงานปลาป่น โรงงานอาหารสัตว์ และผู้ส่งออก มีการมอบหมายหน้าที่ให้เจ้าหน้าที่ที่ทำเอกสารส่งตรวจและแก้ไขเอกสารเมื่อโดนตีกลับจากระบบเป็นคนละคนกัน ดังนั้นเจ้าหน้าที่ที่จัดทำเอกสารจะไม่ทราบว่ามีข้อผิดพลาดอะไรเกิดกับเอกสารบ้าง ข้อผิดพลาดเหล่านั้นจึงเกิดขึ้นซ้ำเสมอ

สำหรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ต่อมาตรการจัดการประมงของรัฐ ได้แก่ เรื่องการกำหนดจำนวนวันในการทำประมง โดยผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมงไม่เห็นด้วยกับการกำหนดวันให้เรือประมงที่ใช้เครื่องมือทำการประมงต่างกัน มีวันหยุดทำการประมงเหมือนกัน เช่น กลุ่มประมงอวนลาก ที่ให้หยุดทำการประมง 145 วัน/ปี (วันทำประมง 220 วัน/ปี) เสนอแนะให้ลดจำนวนวันจอดเหลือ 90 วัน เนื่องจากระยะเวลาการออกทำการประมงสำหรับเครื่องมืออวนลากแต่ละชนิดไม่เท่ากัน และเสนอแนะให้เรืออวนลากขนาดเล็กต้องติดอุปกรณ์ระบุตำแหน่งเรือ (Vessel Monitoring System; VMS) และให้ลากห่างจากฝั่ง 3000 เมตร

สรุปผล

โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นของประเทศไทย ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประกอบการ 7 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจการทำประมง ผู้ประกอบการแปรรูปสัตว์น้ำ และผู้รวบรวมปัจจัยการผลิต/สินค้า จัดอยู่ในห่วงโซ่อุปทานต้นน้ำ ผู้ประกอบการผลิตปลาป่น จัดอยู่ในห่วงโซ่อุปทานกลางน้ำ และผู้ประกอบการผลิตอาหารสัตว์ ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ/ปศุสัตว์ และผู้ส่งออกปลาป่น จัดอยู่ในห่วงโซ่อุปทานปลายน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการไหลของข้อมูลเอกสารที่ใช้ยืนยันแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ปลาป่นที่เข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น สำหรับการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมปลาป่นระดับต้นน้ำและกลางน้ำ มีการนำเข้าโดยหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ผ่าน 3 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบ FSW ระบบ Fishing Info และระบบ Thai Flagged Catch Certificate ซึ่งปัจจุบันระบบเหล่านี้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การนำเข้าข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วนทั้งห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมประมง เป็นผลให้ในอนาคตการตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นที่ถูกแยกระบบออกมาจากสินค้าประมงเพื่อการบริโภคอาจไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป ดังนั้น การตรวจสอบย้อนกลับจะกลายเป็นเพียงส่วนหนึ่งในมาตรฐานที่ถูกกำหนดโดยข้อกำหนดทางการค้า ที่มีแนวโน้มจะมีข้อกำหนดที่เข้มข้นขึ้นทั้งทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความถูกต้องทางกฎหมายของแหล่งที่มา การไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงเรื่องคุณภาพชีวิตแรงงานในระบบ สำหรับความคิดเห็นของผู้ประกอบการในระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น พบว่า ผู้ประกอบการมีการรับรู้ต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นผ่านทางการประกาศบังคับใช้เป็นกฎหมายและผ่านทางคู่ค้า ด้านความคิดเห็นต่อระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่น พบว่า ผู้ประกอบการเห็นด้วยในการออกกฎหมายและการจัดระเบียบทางการประมง เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบย้อนกลับ แต่คิดว่าระบบยังมีช่องโหว่ให้มีสวมสิทธิจากวัตถุดิบนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านที่ยังไม่มีการรับรองแหล่งที่มาที่ถูกต้องชัดเจน และปัญหาด้านแรงงานประมงที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ ด้านการปฏิบัติตามข้อตกลงของระบบตรวจสอบย้อนกลับปลาป่นและผลิตภัณฑ์ของปลาป่น เจ้าหน้าที่ได้ให้ข้อมูลว่าผู้ประกอบการทั้งต้นน้ำและกลางน้ำมีการปฏิบัติถูกต้องตามกฎหมาย แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากความผิดพลาดในการกรอกเอกสารของเจ้าหน้าที่ทำเอกสารที่ขาดการประสานงานกัน

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง. 2559. **รายงานประจำปี 2559 กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง**. 38 หน้า.

กรมประมง. 2559. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ 2558**. กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรุงเทพฯ.

โกศล ดีศีลธรรม. 2551. **Modern Business Logistics and Supply Chain Management**. บริษัทฐานการพิมพ์จำกัด, กรุงเทพฯ.

จัตตุรงค์ เพลินหัด. 2559. **บทที่ 3 การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)**. แหล่งที่มา: http://www.teacher.ssru.ac.th/jatturong_pl/pluginfile.php/152/block_html/content/chapter%203_supply%20chain%20managment_edit.pdf, 22 เมษายน 2560.

สฤณี อาชวานันทกุล, ศรีกุล ภิรมย์วรากร, เจมส์ ทรู, ภัทราพร แย้มลออ, ศศิวิมล คล่องอักขระ และ กรณิศ ตันอังสนากุล. 2557. **สรุปผลการวิจัย: การจัดทำแผนที่ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมการผลิตปลาป่นในจังหวัดสงขลาเพื่อสนับสนุนการหารือปรับปรุงมาตรฐานความยั่งยืน**. องค์การอ๊อกแฟมประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

Miles, M. B. and Huberman, A. M. 1994. **Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook.** Sage Publications, Inc

ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดจุดดำกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) ที่แช่ในสารสกัดเศษเหลือเห็ดเข็มทองระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

Relationship between Black Spot Formation and Quality Changes in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Mushroom Trimming Extract during Iced Storage

อัฐษฎางค์ ศรีวิเชียร[1] ประภัสสร แสนธิ[1] และ เปรมวดี เทพวงศ์[1*]

Atsadang Sriwichian[1], Praphatsorn Santhi[1] and Pramvadee Tepwong[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่แช่หรือไม่แช่ในสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (2%MTE) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลา 7 วัน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ผลการศึกษาพบว่า การแช่กุ้งขาวในสารละลาย 2%MTE สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของการเกิดจุดดำ และมีค่าคะแนนการเกิดจุดดำ ค่าสีเทา ค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด และค่าความสดต่ำกว่ากุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE ($p<0.05$) นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำ กับค่าสีเทา ค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด และค่าความสด พบว่า ความสัมพันธ์มีแนวโน้มในลักษณะเส้นตรง โดยมีค่า R^2 = 0.7908, 0.9094 และ 0.8976 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.8893, 0.9593 และ -0.9474 ตามลำดับ ดังนั้น ค่าคะแนนการเกิดจุดดำ สามารถใช้ทำนายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีของกุ้งขาวระหว่างการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ จุดดำ, กุ้งขาว, ความสัมพันธ์, สารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทอง

ABSTRACT

The objectives of this study were to monitor the quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) treated with or without golden needle mushroom trimming extract (2% w/v; MTE) during 7 days of iced storage and to analyze the relationships between melanosis score and quality changes in chemical parameters. The results showed that shrimp treated with 2%MTE solution could retard the increase in black spots and also had the lower melanosis score as well as mean gray value, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and K-value, compared with the shrimp untreated with 2%MTE solution ($p<0.05$). Furthermore, relationship analysis between melanosis score and mean gray value, TVB-N and K-value showed linear regression relationships. The R^2 were 0.7908, 0.9094 and 0.8976, respectively. The correlation coefficient (r) were -0.8893, 0.9536 and -0.9474, respectively. Therefore, melanosis score can be used for prediction of the trend of quality changes in Pacific white shrimp during iced storage.

Key Words: black spots, Pacific white shrimp, relationship, golden needle mushroom trimming extract ffis

*Corresponding author; e-mail address: **ffispdt@ku.ac.th**

[1]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, 10900

คำนำ

จุดดำ (black spot) หรือเมลาโนซิส (melanosis) เป็นปัญหาหนึ่งที่พบในกุ้งขาวหลังการจับ ซึ่งการเกิดจุดดำจะสังเกตเห็นได้ชัดที่บริเวณส่วนหัวและรยางค์ โดยเกิดจากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) ออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลเป็นสารประกอบควิโนนและเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันได้สารประกอบสีน้ำตาลที่เป็นพอลิเมอร์และมีโครงสร้างที่ซับซ้อน (Benjakul *et al.*, 2005) การชะลอการเกิดจุดดำในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษามีการใช้สารสังเคราะห์ เช่น สาร 4-hexylresorcinol และสาร sodium metabisulphite (SMS) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า สาร SMS เป็นสารที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ในคน (Martinez-Alvarez *et al.*, 2009) ปัจจุบัน มีการศึกษาการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากเมล็ดกระถิน (Nirmal and Benjakul, 2011) สารสกัดจากเปลือกทับทิม (Fang *et al.*, 2013) และสารสกัดจากส่วนที่บริโภคได้และส่วนเหลือเห็ด (Bao *et al.*, 2010; Encarnacion *et al.*, 2011a, b; 2012; Santhi and Tepwong, 2016) เป็นต้น เพื่อชะลอการเกิดจุดดำในกุ้งขาวและเป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้สารสังเคราะห์

เศษเหลือเห็ดเข็มทองเป็นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งเห็ดเข็มทองก่อนนำไปปรุงอาหาร โดยในขั้นตอนนี้จะก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งส่วนเหลือดังกล่าว อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่น หรือเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคหากไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม จากรายงานของ Santhi and Tepwong (2013, 2016) พบว่า ส่วนเหลือจากการตัดแต่งเห็ดเข็มทอง เห็ดหอม และเห็ดหูหนู มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเมลาโนซิสในกุ้งขาว รวมทั้ง Encarnacion *et al.* (2011a, b; 2012) พบว่าสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองสามารถชะลอการเกิดจุดดำในกุ้งคุรุมะ กุ้งกุลาดำ และปู ดังนั้น การนำส่วนเหลือเห็ดเข็มทองมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพกุ้งหลังการจับอาจเป็นอีกวิธีหนึ่งในการชะลอการเกิดจุดดำ ลดการใช้สารสังเคราะห์ และเป็นการกำจัดเศษเหลือทางการเกษตรอีกทางหนึ่งด้วย

โดยทั่วไป การเกิดจุดดำในกุ้งจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและทำให้มูลค่าของกุ้งลดลง โดยคาดว่าจะเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี อย่างไรก็ตาม รายงานเกี่ยวกับค่าความสัมพันธ์ (R^2) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของค่าคะแนนการเกิดจุดดำ (melanosis score) กับค่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมียังมีข้อมูลน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวที่แช่และไม่แช่ในสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) (2% MTE) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลา 7 วัน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า melanosis score กับค่าสีเทา (mean gray value) ค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile basic nitrogen: TVB-N) และค่า K (K-value) เพื่อใช้ในการทำนายการเสื่อมเสียของกุ้งขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทอง

นำเศษเหลือจากการตัดแต่ง รวมทั้งส่วนที่ไม่ได้ขนาดของเห็ดเข็มทองมาแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก แล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นสะเด็ดน้ำ แล้วสับให้ละเอียด นำไปทำแห้งโดยอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 จากนั้นนำเห็ดแห้งมาปั่นให้เป็นผงละเอียด แล้วสกัดตามวิธีของ Tepwong *et al.* (2012) โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นตัวทำละลาย หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน จนมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 8 ก่อนนำสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองไปใช้ โดยละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ

การเตรียมตัวอย่างกุ้ง และการประยุกต์ใช้สารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทอง

บรรจุกุ้งขาวขนาด 70-80 ตัว/กิโลกรัม จากจังหวัดฉะเชิงเทรา ในกล่องพอลิสไตรีน และรักษาอุณหภูมิของกุ้งขาว โดยใช้น้ำแข็งในอัตราส่วนกุ้ง:น้ำแข็งเท่ากับ 1:2 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) จากนั้นทำการขนส่งมายังภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ระยะเวลาในการขนส่งไม่เกิน 3 ชั่วโมง เมื่อกุ้งขาวมาถึงนำกุ้งขาวมาล้างด้วยน้ำเย็นและสะเด็ดน้ำ แบ่งกุ้งขาวออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ กุ้งขาวที่นำไปแช่ในสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และกุ้งขาวที่แช่ในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) เป็นเวลา 30 นาที ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสะเด็ดน้ำ แล้วบรรจุกุ้งขาวในถุงพอลิเอทิลีนและเก็บรักษาในกล่องพอลิสไตรีนที่บรรจุในน้ำแข็ง ในอัตราส่วนกุ้ง:น้ำแข็งเท่ากับ 1:2 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นเวลา 7 วัน โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำแข็งทุก ๆ วัน

การติดตามการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ ของกุ้งขาว

นำกุ้งขาวที่แช่และไม่แช่ในสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองของวันที่ 0, 3, 5, และ 7 มาแยกส่วนได้แก่ กุ้งทั้งตัว (whole shrimp) ส่วนหัว (head) เปลือกส่วนหัว (carapace) ส่วนหัวที่นำเปลือกออก (head without carapace) ลำตัว (abdomen) เปลือกลำตัว (abdomen without muscle) ส่วนเนื้อ (muscle) และหาง (telson) จากนั้น ถ่ายรูปส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวด้วยกล้องดิจิตอลยี่ห้อ Panasonic Lumix DMC-FS20 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ

การประเมินค่าคะแนนการเกิดจุดดำ (melanosis score)

ทำการประเมินค่าคะแนนการเกิดจุดดำ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 8 คนที่ผ่านการฝึกฝนในการประเมินผลการเกิดจุดดำ ให้คะแนนกุ้งขาวทั้ง 2 ชุดการศึกษา ตามเกณฑ์การให้คะแนน 10-point scoring test ดัดแปลงจาก Otwell and Marshall (1986) โดยมีหลักการให้คะแนน คือ 0 – 10 คะแนน เมื่อ คะแนน 0 หมายถึง ไม่พบจุดสีดำบริเวณส่วนหัวและรยางค์ของกุ้ง และคะแนน 10 หมายถึง ยอมรับไม่ได้

การบันทึกภาพกุ้งขาวและการวิเคราะห์ค่าสีเทา (Mean gray value)

ทำการบันทึกภาพกุ้งขาวทั้งตัวด้วยกล้องดิจิตอลยี่ห้อ Panasonic Lumix DMC-FS20 ในแต่ละวันของการเก็บรักษา เพื่อติดตามการเกิดจุดดำในกุ้งขาว จากนั้นนำภาพกุ้งขาวแต่ละวันไปวิเคราะห์ค่าสีเทา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Image J (Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda,

Maryland, USA, http://imagej.nih.gov/ij/, 1997-2011.) โดยค่าสีเทาจะแปรผกผันกับการเกิดจุดดำในกุ้งขาว เมื่อค่าสีเทาลดลงแสดงว่าจุดดำในกุ้งขาวเพิ่มมากขึ้น

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวด้านเคมี

นำกุ้งขาวที่เก็บรักษาในแต่ละวันมาทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณรวมของด่างที่ระเหยได้ (Total volatile basic nitrogen; TVB-N) ตามวิธีการของ Conway and Byrne (1936) ตรวจสอบความสดของกุ้งโดยการวัดค่า K (K-value) ตามวิธีการของ Uchiyama (1978)

การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของการเกิดจุดดำกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำกับค่าสีเทา ค่า TVB-N และค่าความสดของกุ้งขาวด้วยการวิเคราะห์จากค่าการกระจายของข้อมูล โดยการทำแผนภาพกระจาย (scatter plot) หาค่าสัมประสิทธิ์กำหนด (coefficient of determination; R^2) และค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r)

การคำนวณผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่าคะแนนการเกิดจุดดำ ค่าสีเทา ค่า TVB-N และค่าความสด วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) และนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตโดยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การติดตามการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ ของกุ้งขาว

จากการติดตามการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ ของกุ้งขาวทั้ง 7 ส่วน คือ กุ้งทั้งตัว (whole shrimp) ส่วนหัว (head) เปลือกส่วนหัว (carapace) ส่วนหัวที่นำเปลือกออก (head without carapace) ลำตัว (abdomen) เปลือกลำตัว (abdomen without muscle) ส่วนเนื้อ (muscle) และหาง (telson) ผลการศึกษาพบว่า ส่วนต่าง ๆ ของกุ้งขาวที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีการเกิดจุดดำที่แตกต่างกัน โดยส่วนหัว เปลือกส่วนหัว และลำตัวมีการเกิดจุดดำที่เห็นชัดที่สุด (Fig. 1) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zamorano *et al.* (2009) ที่พบว่า เปลือกส่วนหัวและส่วนหัวมีการเกิดจุดดำที่เห็นชัดเจนที่สุด นอกจากนี้กุ้งขาวที่แช่ใน 2%MTE มีการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ ช้ากว่ากุ้งขาวที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย 2%MTE โดยจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในวันที่ 3 ดังนั้น สารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทอง สามารถชะลอการเกิดจุดดำในส่วนต่าง ๆ ของกุ้งขาวได้

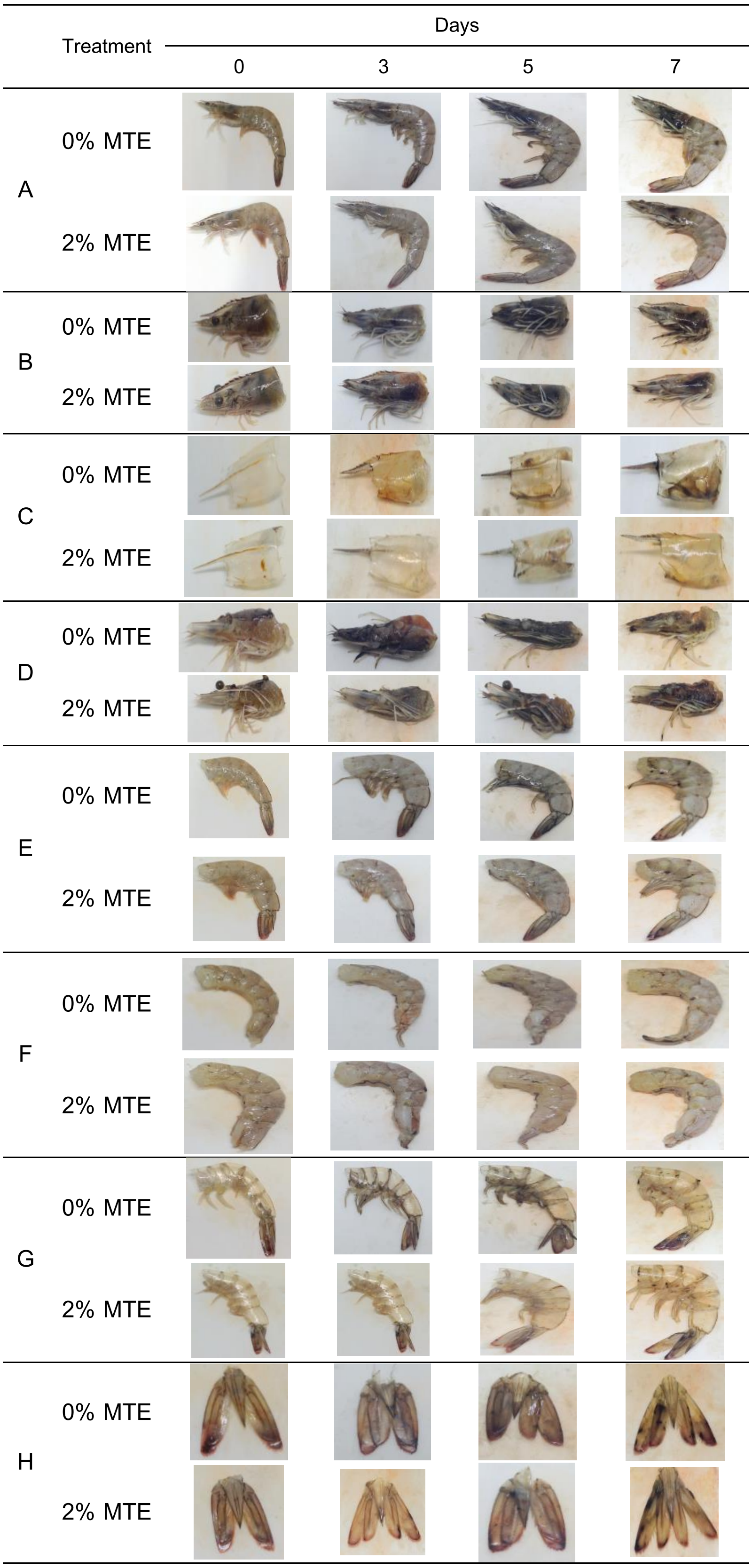


Figure 1 Melanosis appearance in different anatomical part of Pacific white shrimp during 0, 3, 5 and 7 days of iced storage. A: whole shrimp; B: head; C: carapace; D: head without carapace; E: whole abdomen; F: muscle; G: abdomen without muscle; H: telson; 0% MTE: distilled water and 2% MTE: 2% (W/V) mushroom trimming extract.

ผลของสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองต่อค่าคะแนนการเกิดจุดดำ (melanosis score)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองต่อค่าคะแนนการเกิดจุดดำ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ระดับการเกิดจุดดำในกุ้งขาวจะเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ค่าคะแนนการเกิดจุดดำเพิ่มขึ้น โดยกุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า melanosis score สูงกว่ากุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่า กุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า melanosis score เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า กุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า melanosis scoreน้อยกว่ากุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE คือ 7.75 และ 9.25 ตามลำดับ (Fig 2a)

ผลของสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองต่อค่าสีเทา (Mean gray value)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีเทาของกุ้งขาว (Fig. 2b) พบว่า ค่าสีเทาในตัวอย่างกุ้งขาวที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยกุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่าสีเทาสูงกว่ากุ้งขาวที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย 2%MTE ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดจุดดำในกุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE เกิดขึ้นน้อยกว่ากุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE เนื่องจากยังไม่พบการเกิดจุดดำบริเวณส่วนหัวและรยางค์ของกุ้งขาว แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ระดับการเกิดจุดดำในกุ้งขาวจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสีเทาในกุ้งขาวมีค่าลดลง

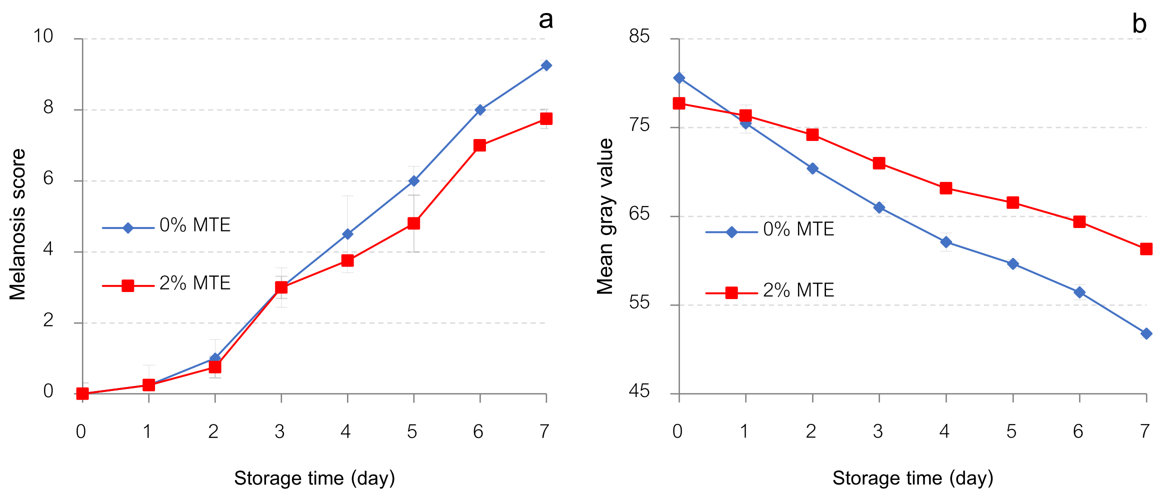


Figure 2 Melanesis score (a) and mean gray value (b) of Pacific white shrimp treated with MTE during 7 days of iced storage. Key see the caption for figure 1

ผลของสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองต่อคุณภาพความสดของกุ้ง

ตรวจสอบคุณภาพความสดของกุ้งโดยการวิเคราะห์ค่า K (K value) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความสดของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่มีคุณภาพสูงจะมีค่า K ต่ำ ค่า K ของกุ้งขาวที่แช่และไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE แสดงใน Fig.3a ผลการศึกษาพบว่า กุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า K เพิ่มขึ้นน้อยกว่าตัวอย่างกุ้งที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE อย่างเห็นได้ชัด โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา กุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า K เท่ากับ

ร้อยละ 17.21 ซึ่งน้อยกว่าตัวอย่างกุ้งที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE ที่มีค่าสูงถึงร้อยละ 26.84 โดยมาตรฐานความสดของสัตว์น้ำที่ถือว่ายังสด คือ น้อยกว่าร้อยละ 20 และตัวอย่างที่เน่าเสียจะมีค่า K มากกว่าร้อยละ 60 (Uchiyama and Kakuda,1984) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE ยังมีความสดอยู่ ในขณะที่กุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE เริ่มมีการเน่าเสีย

ผลของสารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองต่อค่าปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

จากการวิเคราะห์ค่า TVB-N พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้ง 2 ตัวอย่าง โดยกุ้งขาวที่แช่ในสารละลาย 2%MTE มีค่า TVB-N ต่ำกว่าตัวอย่างกุ้งขาวที่ไม่แช่ในสารละลาย 2%MTE ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Fig. 3b) รวมทั้งมีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ น้อยกว่า 30 mg N/100 g meat (Cobb *et al*., 1973) จากผลการศึกษาคาดว่าสารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในสารสกัดจากส่วนเหลือจากการตัดแต่งเห็ดเข็มทอง มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านจุลชีพ โดยการทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียจนเกิดการสลายตัวของผนังเซลล์ (Chanthachum and Beuchat, 1997; Heart *et al*., 2010)

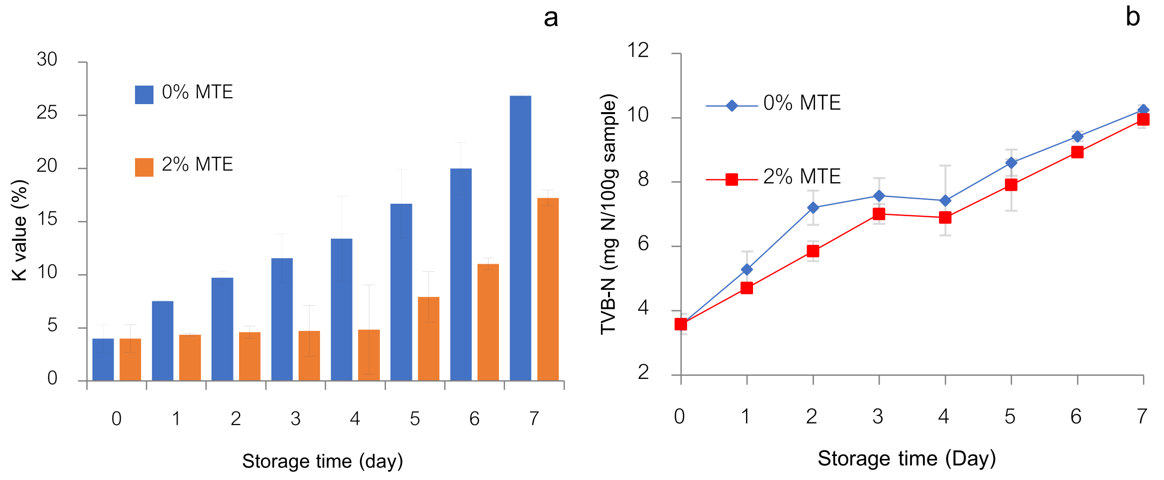


Figure 3 Effect of MTE on TVB-N content (a) and K-value (b) of Pacific white shrimp during iced storage.
Key see the caption for figure 1.

ค่าความสัมพันธ์ของการเกิดจุดดำและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาว

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำกับค่าสีเทา (Fig. 4a) พบว่า มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในลักษณะเส้นตรง โดยมีสมการ y = -2.2609x + 77.516 ค่า R^2 = 0.8976 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = -0.9474 แสดงว่า ค่าคะแนนการเกิดจุดดำจากผู้ทดสอบและค่าสีเทาจากโปรแกรมสำเร็จรูปมีความสัมพันธ์กันมาก ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำกับค่า TVB-N (Fig. 4b) พบว่า มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในลักษณะเส้นตรง โดยมีสมการ y= 0.5804x + 4.5967 ค่า R^2 = 0.9094 และค่า r = 0.9536 แสดงว่า ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน คือ เมื่อการเกิดจุดดำเพิ่มขึ้น ค่า TVB-N จะเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเกิดจุดดำกับค่าความสด (Fig. 4c) พบว่า มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในลักษณะเส้นตรง โดยมีสมการ y= 1.7307x +3.4106 ค่า R^2 = 0.7908 และค่า r = 0.9536 แสดงให้เห็นว่า เมื่อระดับการเกิดจุดดำเพิ่มขึ้น กุ้งขาวจะมีความสดลดลง

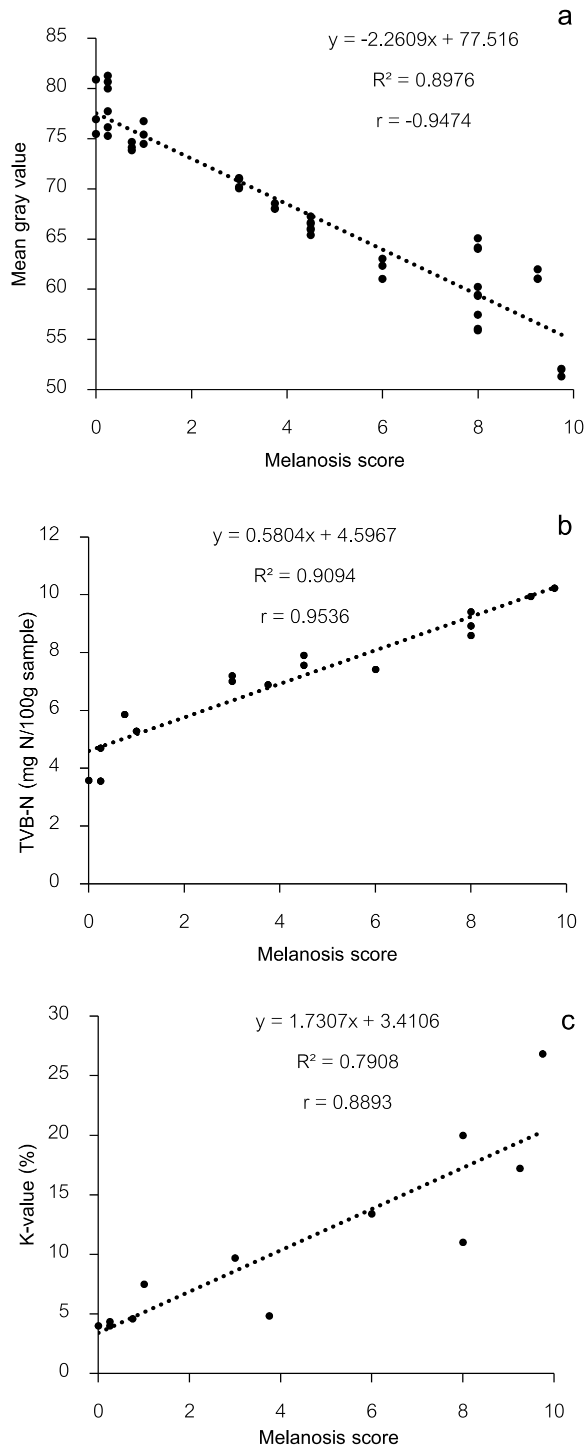


Figure 4 Correlation of black spot and quality changes in Pacific white shrimp. a: correlation of black spot and mean gray value; b: correlation of black spot and TVB-N content and c: correlation of black spot and K-value. Key see the caption for figure 1

สรุป

สารสกัดจากเศษเหลือเห็ดเข็มทองที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 (น้ำหนัก/ปริมาตร) สามารถชะลอการเกิดจุดดำในกุ้งขาวได้ โดยการเกิดจุดดำจะเกิดที่บริเวณส่วนหัว เปลือกส่วนหัว และลำตัวชัดเจนที่สุด นอกจากนี้ การเกิดจุดดำในกุ้งขาวมีความสัมพันธ์กับค่าสีเทา ค่า TVB-N และค่าความสด ดังนั้น ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การเกิดจุดดำในกุ้งขาวจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษา และสามารถใช้ทำนายแนวโน้มการเสื่อมเสียของกุ้งขาวได้

เอกสารอ้างอิง

Bao, H. N. D., K. Osako and T. Ohshima. 2010. Value-added use of mushroom ergothioneine as a colour stabilizer in processed fish meats. **J. Sci. Food Agri.** 90: 1634–1641.

Benjakul, S., W. Visessanguan and M. Tanaka. 2005. Properties of phenoloxidase isolated from the cephalothorex of kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). **J. Food Biochem.** 29: 470–485.

Chanthachum, S. and L. R. Beuchat. 1997. Inhibitory effect of kiam (*Cotylelobium lanceotatum craih*) wood extract on gram positive food-born pathogens and spoilage micro-organisms. **Food Microbiol.** 14: 603–608.

Cobb, B. F., I. Aonaiz and C. A. Thompson. 1973. Biochemical and microbiology studies on shrimp: volatile nitrogen and amino nitrogen analysis. **J. Food Sci.** 38: 431-438.

Conway, E. J. and A. Byrne. 1936. An absorption apparatus for the micro- determination of certain volatile substances I. The micro-determination of ammonia. **J. Biochem.** 27: 419–429.

Encarnacion, B. A., F. Fagutao, J. Hirayama, M. Terayama, I. Hirono and T. Ohshima. 2011a. Edible mushroom (*Flammulina velutipes*) extract inhibits melanosis in kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicus*). **J. Food Sci.** 76: 52-58.

Encarnacion, B. A., F. Fagutao, K. Shozen, I. Hirono and T. Ohshima. 2011b. Biochemical intervention of ergothioneine-rich edible mushroom (*Flammulina velutipes*) extract inhibits melanosis in crab (*Chionoecetes japonicus*). **Food Chem.** 127: 1594–1599.

Encarnacion, B. A., F. Fagutao, O. Jintasataporn, W. Worawattanamateekul, I. Hirono and T. Ohshima. 2012. Application of ergothioneine-rich extract from an edible mushroom *Flammulina velutipes* for melanosis prevention in shrimp, *Penaeus monodon* and *Litopenaeus vannamei.* **Food Res. Int.** 45: 232–237

Fang, X. B., H. Y. Sun, B. Y. Huang and G. F. Yuan. 2013. Effect of pomegranate peel extract on the melanosis of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. **J. Food Agric. Environ.** 11: 105-109.

Hearts, R., D. Nelson, G. McCollum, B. C. Millar, Y. Maeda, C. E. Goldsmith, P. J. Rooney,

A. Loughrey, J. R. Rao and J. E. Moore. 2010. An examination of the antibacterial and antifungal properties of constituents of shiitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms. **Compl. Ther. Clin. Pract.** 15: 5-7.

Martinez-Alvarez, O., M. E. Lopez-Caballero, M. C. Gomez-Guillen and P. Montero. 2009. The effect of several cooking treatments on subsequent chilled storage of thawed deepwater oink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) treated with different melanosis inhibiting formulars. **LWT-Food Sci. Technol.** 42: 1335-1344.

Nirmal, N. P. and S. Benjakul. 2011. Inhibition of melanosis formation in Pacific white shrimp by the extract of lead (*Leucaena leucocephala*) seed. **Food Chem.** 128: 427–432.

Otwell, W. S. and M. R. Marshall. 1986. **Screening alternatives to sulfiting agents to control shrimp melanosis (blackspot).** Available Source: http://fshn.ifas.ufl.edu/seafood/sst/AnnPdf/11th_035.pdf, December 17, 2013.

Santhi, P. and P. Tepwong. 2013. Inhibition of melanosis formation in Pacific white shrimp by the extracts of mushroom trimming. pp. 302. **In International Fisheries Symposium (IFS2013)**. Pattaya, Thailand.

Santhi, P. and P. Tepwong. 2016. Comparative study on black spot formation of Pacific white shrimp between black mushroom and tree ear mushroom trimming extract. pp. 346. **In International Fisheries Symposium (IFS2016)**. Phu Quoc Island, Vietnam.

Tepwong, P., A. Giri, F. Sasaki, R. Fukui and T. Ohshima. 2012. Mycobial enhancement of ergothioneine by submerged cultivation of edible mushroom mycelia and its application as an antioxidative compound. **Food Chem.** 131: 247-258.

Uchiyama, H. 1978. **Analytical Methods for Estimating Freshness of Fish**. MFRD, SEAFDEC, Singapore, p.2-12.

Uchiyama, H. and K. Kakuda. 1984. A simple and rapid method for measuring k-value, a fish freshness index. **Bull. Jap. Soc. Sci. Fish**. 50: 263-267.

Zamorano, J. P., O. M. Álvarez, P. Montero and . C. Gómez-Guillén. 2009. Characterisation and tissue distribution of polyphenol oxidase of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). **Food Chem.** 112: 104-111

ผลของความเร็วลมต่ออัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำในระบบการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดิน

Effect of Wind Speed on Oxygen Transfer Rate in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cage Culture Suspended in Earthen Pond

ภาณุพันธ์ อ่วมภักดี[1] วราห์ เทพาหุดี[1] และ เรืองวิชญ์ ยุ้นพันธ์[1]

Panupan Uampakdee[1], Wara Taparhudee[1] and Ruangvit Yoonpundh[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเร็วลมต่ออัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ ในระบบการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดินทำในบ่อเลี้ยงปลานิลขนาด 26,900 ตารางเมตร เป็นระยะเวลา 2 รุ่นการเลี้ยง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยนำข้อมูลความเร็วลมและการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบ linear regression analysis ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำ ด้วยสมการดังนี้

$$y = 0.1556x + 0.0116 \quad r^2 = 0.87$$

เมื่อ y = อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำจากความเร็วลม (g $O_2/m^3/h$) และ x = ความเร็วลมที่ความสูง 1 เมตรเหนือระดับผิวน้ำ (m/s)

ABSTRACT

Study on effect of wind speed on oxygen transfer rate in Tilapia cage culture suspended in earthen pond was studied in a 26,900 m^2 Tilapia pond for two crops. The objective of this study was to investigate the relationship between wind speed and dissolved oxygen transfer rate. The data of wind speed and dissolved oxygen transfer rate between air and water were analyzed for linear regression analysis. The study found the wind speed was related to dissolved oxygen transfer rate by the equation:

$$y = 0.1556x + 0.0116 \quad r^2 = 0.87$$

When y = oxygen transfer rate from wind speed (g $O_2/m^3/h$) and x = wind speed measured at 1-m height above the water surface (m/s)

Keyword: Wind speed , Oxygen transfer, Tilapia ,Cage Culture

[*]Corresponding author; e-mail address: panupanuam@gmail.com

[1]ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

การเลี้ยงปลาในกระชังแขวนในบ่อดิน เป็นการนำข้อดีของการเลี้ยงปลาในบ่อดิน และข้อดีของการเลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำมารวมกัน คือ ง่ายต่อการจัดการด้านต่างๆ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถจับปลาได้ตลอดเวลา สามารถให้อาหารได้อย่างเหมาะสม เนื้อปลาไม่มีกลิ่นเหม็นโคลน ลดปัญหาด้านการลักขโมย และสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ แต่ทั้งนี้การเลี้ยงให้ประสบผลสำเร็จต้องมีการจัดการคุณภาพน้ำที่ดี ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำถือว่าเป็นหนึ่งตัวแปรที่สำคัญ และแหล่งผลิตออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช การแพร่จากอากาศ และหรือ จากเครื่องให้อากาศ (ในกรณีเปิดเครื่องให้อากาศ) ส่วนการสูญเสียออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจาก การหายใจของตะกอนดินก้นบ่อ การหายใจของน้ำ การหายใจของแพลงก์ตอน และการหายใจของปลา ซึ่งงบดุลของออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่น Schroeder (1975) Daniels and Boyd (1989) และ Boyd (1985) แต่ทั้งนี้การศึกษาที่ผ่านมาที่เกี่ยวกับอัตราการแพร่ระหว่างอากาศกับน้ำยังมีอยู่น้อย ส่วนใหญ่ใช้ค่าคงที่หรือการประมานการ เช่น จากการศึกษาของ ธนพล (2559) ซึ่งรายงานว่าผลของการแลกเปลี่ยนระหว่างออกซิเจนกับน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำในเวลากลางวันและกลางคืนคิดเป็น 2.41 และ 2.95 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่ผลิตได้ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการคำนวณด้วยเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่อิ่มตัวในน้ำ และ Boyd and David (1991) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและการเติมออกซิเจน พบว่าความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แต่ทำการทดลองในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก (ขนาด 1,000 ตารางเมตร) โดยไม่ได้คำนึงถึงงบดุลออกซิเจน และมีการลดปริมาณออกซิเจนเพื่อให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0 โดยใช้ cobalt chloride และ sodium sulfite ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถทำได้ในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่

ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยจะทำการศึกษาในครั้งนี้คือ ศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วลมต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีขนาดใหญ่เชิงพาณิชย์ และมีการประเมินอัตราการหายใจของตะกอนดินก้นบ่อ การหายใจของน้ำ การหายใจของแพลงก์ตอน การหายใจของปลาและประเมินการผลิตออกซิเจนที่แพลงก์ตอนพืชผลิตได้จากสังเคราะห์แสง ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาทำนายการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำซึ่งเกิดจากความเร็วลมที่มีความแม่นยำมากขึ้น และเป็นแนวทางในการเลือกสถานที่สร้างฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงทิศทางของกระแสลม กระแสลมจะช่วยในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ และช่วยให้ลดการใช้เครื่องให้อากาศ ทำให้ลดต้นทุนการผลิตด้านพลังงาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำในบ่อเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดิน

การทดลองนี้ทำการทดลองที่ฟาร์มเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดินของฟาร์มเอกชน ที่ฟาร์มน้ำเต้า สถานที่ตั้ง 25/1 ม.3 ต.น้ำเต้า อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา การทดลองในครั้งนี้ ทำการทดลองในบ่อดิน กว้าง 80 เมตร ยาว 370 เมตร ลึก 1.2 เมตร (พื้นที่ 29,600 ตารางเมตร) จำนวน 1 บ่อ โดยภายในบ่อวางกระชัง จำนวน 15 กระชัง กระชังขนาด 7x15x1.2 เมตร (105 ลูกบาศก์เมตร/กระชัง) เริ่มปล่อยปลาขนาดประมาณ 100

กรัม ลงเลี้ยงในกระชัง ที่อัตราความหนาแน่น 950 ตัวต่อกระชัง (9 ตัว/ลูกบาศก์เมตร) การให้อาหารใช้สำเร็จรูปที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหาร 2 มื้อต่อวัน ในช่วงเวลา 08.00 และ 16.00 น. ให้จนปลาอิ่ม

การศึกษาในครั้งนี้ จะศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในรอบวัน ตลอดระยะเวลา 2 รอบการเลี้ยง เก็บข้อมูลเดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการศึกษาดังนี้

การเก็บตัวอย่างความเร็วและทิศทางลม เก็บ 2 จุด ต้นบ่อและท้ายบ่อ จุดละ 3 ซ้ำ (Figure 1) วัดด้วยเครื่อง Anemometer (AM-4836C) วัดที่ความสูงเหนือผิวน้ำ 1 เมตร ในเวลาประมาณ 09.00 12.00 15.00 18.00 21.00 24.00 และ 06.00 น. การตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ วัดด้วยเครื่อง DO meter (YSI Professional Plus) วัดจากผิวน้ำลงไปที่ความลึก 10 50 และ 100 เซนติเมตรของความลึกของน้ำในบ่อ เก็บตัวอย่าง 3 จุด ต้นบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ (Figure 1) ในเวลาประมาณ ประมาณ 09.00 12.00 15.00 18.00 21.00 24.00 และ 06.00 ตามลำดับ จุดละ 3 ซ้ำ และวัดความโปร่งใสโดยใช้จานวัดความโปร่งใส (Secchi disc) เก็บตัวอย่างในเวลา 09.00 12.00 15.00 และ 18.00 เก็บ 3 จุด ต้นบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ จุดละ 3 ซ้ำ

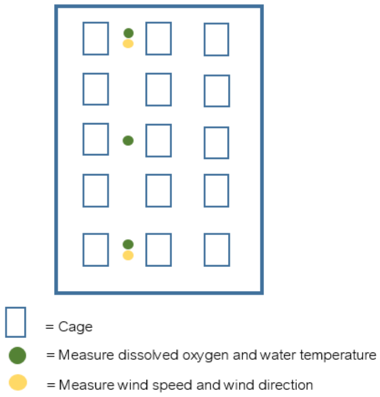


Figure 1. Sampling plot in the experiment.

การคำนวณงบดุลออกซิเจน

การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำในเวลากลางวัน = (ออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วัดได้)- (การผลิตออกซิเจนของแพลงก์ตอนพืช + การหายใจของตะกอนดินบริเวณพื้นก้นบ่อ + การหายใจของน้ำ + การหายใจของปลา)

การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำในเวลากลางคืน = (ออกซิเจนที่ละลายน้ำที่วัดได้)- (การหายใจของแพลงก์ตอนพืช + การหายใจของตะกอนดินบริเวณพื้นก้นบ่อ + การหายใจของน้ำ + การหายใจของปลา)

การคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ใช้สูตรการคำนวณของ Almazan and Boyd (1978) เนื่องจากมี

อุณหภูมิ ความเข้มแสง และระยะเวลาที่มีแสงแดด ใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งนี้

$$y = 19.14x - 1.976$$

เมื่อ y = ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ (mg/l)

X = ความโปร่งใสโดยใช้จานวัดความโปร่งใส (Secchi disc) (m)

การคำนวณปริมาณออกซิเจนที่แพลงก์ตอนพืชผลิตได้จากสังเคราะห์แสง (mg/l)

= 20.5(mg/l) x ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ภายในบ่อ (mg/l) x 12 (h) ใช้สูตรการคำนวณของ Boyd *et al.* (1978) เนื่องจากมีอุณหภูมิ ความเข้มแสง และระยะเวลาที่มีแสงแดด ใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งนี้

การคำนวณอัตราการหายใจของตะกอนดินบริเวณพื้นก้นบ่อ และอัตราการหายใจของน้ำ ตามวิธีของ Shapiro and Zur (1981) การเก็บตัวอย่าง 3 จุด (ต้นบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ) จุดละ 3 ซ้ำวิเคราะห์

$$R = (\Delta DO) \times H/T \quad \text{(Santa and Vinatea, 2007)}$$

เมื่อ R = การหายใจ ($g/m^2/h$)

Δ DO = ผลต่างของ DO ที่วัดได้ ณ เวลาเริ่มต้น และเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง เนื่องจากการหายใจ (g/m^3)

H = ความสูงของระดับน้ำในท่อพีวีซี (เมตร)

T = ระยะเวลาของการทิ้งช่วงการวัดค่า DO (ชั่วโมง)

การคำนวณอัตราการหายใจของแพลงก์ตอน ด้วยวิธี light the clear and dark bottles method ตามวิธีของ (Boyd and Tucker, 1992) ในการเก็บตัวอย่าง 3 จุด (ต้นบ่อ กลางบ่อ และท้ายบ่อ) จุดละ 3 ซ้ำ

$$OC_P = (DO_{clear\ bottle} - DO_{dark\ bottle})/T$$

เมื่อ OC_P = การบริโภคออกซิเจนของแพลงก์ตอนพืช (mg/l/h)

$DO_{clear\ bottle}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เก็บใส่ขวด BOD ที่ใส บ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง (mg/l)

$DO_{dark\ bottle}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เก็บใส่ขวด BOD ในที่มืดซึ่งพันด้วยผ้าเทปสีดำ บ่มทิ้งไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

T = ระยะเวลาของการบ่มน้ำ

การคำนวณหาอัตราการหายใจของปลาโดยวิเคราะห์จากน้ำหนักปลาในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ อ้างอิงจากการทดลองของ (Is-haak and Taparhudee, 2013) มาเป็นฐานข้อมูลในการคำนวณหาการบริโภคออกซิเจนของปลานิลในบ่อ

$$\text{การบริโภคออกซิเจนของปลานิลในบ่อ} = (-1 \times 10^8 \times FW^2 + 2 \times 10^5 \times FW + 3.156)$$

เมื่อ FW = น้ำหนักปลาทั้งหมดในบ่อ (กิโลกรัม)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ (linear regression analysis) ระหว่างความเร็วลมกับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อตรวจสอบว่าอิทธิพลของความเร็วลมมีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของทิศทางของกระแสลมพบว่า ในรอบการเลี้ยงที่ 1 ทิศทางของกระแสลมพัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ ตามความยาวของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และในรอบการเลี้ยงที่ 2 ทิศทางของกระแสลมพัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ตามความยาวของบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Figure 2.) สังเกตได้ว่าทิศทางของกระแสลมพัดไปแนวความยาวของบ่อทั้ง 2 รอบการเลี้ยง เมื่อทิศทางของกระแสลมพัดไปแนวความยาวทำให้พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำมากขึ้น เป็นการเพิ่มออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อได้ โดย (ยนต์ 2539) รายงานว่า แรงลมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยการของการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำ และแรงลมที่ทำให้ผิวน้ำเป็นคลื่นช่วยให้การแพร่ของออกซิเจนลงสู่น้ำเพิ่มขึ้น

ผลของงบดุลของออกซิเจนภายในระบบการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดินทั้ง 2 รอบการเลี้ยง พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง ในช่วงเดือนที่ 1 2 และ 3 ปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 381.50 584.50 และ 842.50 กรัม ตามลำดับ จำนวนปลาที่เหลือรอด 13,538 13,174 และ 11,983 ตัว ตามลำดับ ในช่วงเวลากลางวันของเดือนที่ 1 2 และ 3 ปริมาณออกซิเจนที่ผลิตได้เฉลี่ยภายในบ่อมีค่าเท่ากับ 0.45 0.44 และ 0.37g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปเฉลี่ยภายในบ่อมีค่า 0.35 0.33 และ 0.36 g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ (Table 1) หมายความว่าปริมาณออกซิเจนที่ผลิตได้ในบ่อมีปริมาณสูงกว่าปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตในบ่อแล้ว และในช่วงเวลากลางคืนของเดือนที่ 1 2 และ 3 มีปริมาณออกซิเจนที่ผลิตได้เฉลี่ยภายในบ่อมีค่าเท่ากับ 0.08 0.14 และ 0.08 g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยในเวลา 6.00 น. เท่ากับ 0.58 0.57 และ 0.56g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปเฉลี่ยภายในบ่อเท่ากับ 0.50 0.43 และ 0.48g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ (Table 2) หมายความว่าปริมาณออกซิเจนที่ผลิตได้ในบ่อมีปริมาณสูงกว่าปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของสิ่งมีชีวิตในบ่อแล้ว

ผลของการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำ ในช่วงเวลากลางวันพบว่า 0.13 0.04 และ-0.05 g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ (Table 1) ในช่วงเวลากลางคืนการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำ 0.08 0.14 และ 0.08 g $O_2/m^3/h$ ตามลำดับ (Table 2) จะสังเกตเห็นว่าในเวลากลางวันของเดือนที่ 3 การแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำมีค่าติดลบ เพราะเกิดจากออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าสูงกว่าค่าของออกซิเจนที่อิ่มตัวในน้ำ ทำให้อิทธิพลของความเร็วลมไม่สามารถนำออกซิเจนที่อยู่ในอากาศแพร่ลงสู่น้ำได้ แต่จะเป็นตัวนำออกซิเจนที่เกินกว่าจุดอิ่มตัวระเหยออกสู่อากาศ แต่ในทางกลับกันถ้าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีน้อยกว่าจุดอิ่มตัวของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อิทธิพลของความเร็วก็จะสามารถนำออกซิเจนที่อยู่ในอากาศแพร่ลงสู่น้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ยนต์ (2539) อธิบายการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำจะเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่ปริมาณของออกซิเจนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุดอิ่มตัวเท่านั้น ถ้าปริมาณออกซิเจนมีค่าต่ำกว่าจุดอิ่มตัว ออกซิเจนจากอากาศจะเติมให้กับน้ำจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว และถ้าปริมาณออกซิเจนมีค่าสูงกว่าจุดอิ่มตัว ออกซิเจนจาก น้ำก็จะคายออกซิเจนให้กับอากาศ และการแลกเปลี่ยนระหว่างออกซิเจนกับน้ำในเวลากลางวันคิดเป็น 9.52 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่ผลิตได้ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ ธนพล (2559) ที่พบว่าผลของการแลกเปลี่ยนระหว่างออกซิเจนกับน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำในเวลากลางวัน คิดเป็น 2.41 เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่ผลิตได้ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยใช้วิธีการคำนวณจากค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (% อิ่มตัว) และมีการเปิดเครื่องให้อากาศระหว่างการทดลอง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีการเปิดเครื่องอากาศจึงทำให้สัดส่วนของการแลกเปลี่ยน

ออกซิเจนระหว่างน้ำกับอากาศสูงขึ้น และยังพบว่าในเดือนที่ 2 ของการเลี้ยง การหายใจของดินตะกอนก้นบ่อมีค่าเท่ากับเดือนที่ 1 และน้อยกว่าในเดือนที่ 3 ส่วนการหายใจของแพลงก์ตอนในบ่อก็ลดลงกว่าเดือนที่ 1 และเดือนที่ 3 โดยสาเหตุเกิดจากเกษตรกรทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อในช่วงเดือนที่ 2 ของการเลี้ยง ซึ่งในสภาวะปกติแล้วการหายใจของตะกอนดินก้นบ่อและการหายใจของแพลงก์ตอนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเลี้ยงสัตว์น้ำ และ (Ritvo et al., 1998 และ Steeby et al., 2004) อธิบายว่าในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสารอินทรีย์ และการหายใจของตะกอนดินกันบ่อจะเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงในกรณีที่ไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ และสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นก็เป็นสารอาหารให้กับแพลงก์ตอนซึ่งส่งผลให้แพลงก์ตอนเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้มีการหายใจของแพลงก์ตอนสูงขึ้น

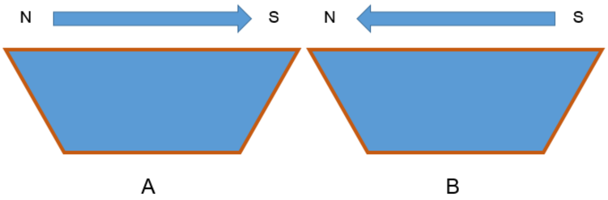


Figure 2. A: Wind direction in the first Crop, Wind direction from north to south.
B: Wind direction in the second Crop, Wind direction from south to north.

Table 1 Mean values of oxygen budget during day-time in a fish culture pond.

	Month 1	Month 2	Month 3	mean	%
Mean values for fish weight (g)	381.50	584.50	842.50		
Number of fish	13,538	13,174	11,983		
wind speed (m/s)	1.76	1.30	2.48		
Fish respiration (g $O_2/m^3/h$)	0.15	0.14	0.12	0.14	39.42
Sediment respiration((g $O_2/m^3/h$)	0.12	0.12	0.13	0.12	35.58
Water respiration (g $O_2/m^3/h$)	0.08	0.07	0.11	0.09	25.00
sum (Oxygen consumption) (g $O_2/m^3/h$)	0.35	0.33	0.36	0.35	100.00
Dissolved oxygen at 6.00 pm (g $O_2/m^3/h$)	0.80	0.77	0.73	7.64	
Oxygen from photosynthesis (g $O_2/m^3/h$)	0.32	0.40	0.42	0.38	90.48
Oxygen transfer between air and water (g $O_2/m^3/h$)	0.13	0.04	-0.05	0.04	9.52
sum (Oxygen production) (g $O_2/m^3/h$)	0.45	0.44	0.37	0.42	100.00

Table 2 Mean values of oxygen budget during night-time in a fish culture pond.

	Month 1	Month 2	Month 3	mean	%
Mean values for fish weight (g)	381.5	584.5	842.5		
Number of fish	13,538	13,174	11,983		
wind speed (m/s)	0.97	1.54	1.19		
Fish respiration (g $O_2/m^3/h$)	0.15	0.14	0.12	0.14	29.08
Sediment respiration (g $O_2/m^3/h$)	0.12	0.12	0.13	0.12	26.24
Plankton respiration (g $O_2/m^3/h$)	0.15	0.10	0.12	0.12	26.24
Water respiration (g O2/m3/h)	0.08	0.07	0.11	0.09	18.44
sum (Oxygen consumption) (g $O_2/m^3/h$)	0.50	0.43	0.48	0.47	100.00
Dissolved oxygen at 6.00 am. (g $O_2/m^3/h$)	0.58	0.57	0.56	0.57	
Oxygen transfer between air and water (Oxygen production) (g $O_2/m^3/h$)	0.08	0.14	0.08	0.10	

จากการผลศึกษางบดุลของออกซิเจนภายในระบบการเลี้ยงปลานิลในกระชังในบ่อดินทั้ง 2 รอบการเลี้ยง เมื่อนำความเร็วลมกับอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำนำมาหาความสัมพันธ์ พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำ และสามารถสร้างสมการการทำนายอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำจากความเร็วลม คือ

$$y = 0.1556x + 0.0116 \qquad r^2 = 0.87 \qquad \text{(Figure 3.)}$$

เมื่อ y = อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศและน้ำจากความเร็วลม (g $O_2/m^3/h$)

X = ความเร็วลมที่ความสูงเหนือระดับผิวน้ำ 1 เมตร (m/s)

เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ (Boyd and David, 1991) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับการเติมออกซิเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดเล็ก (ขนาด 1,000 ตารางเมตร) ซึ่งสามารถสร้างสมการค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานของอัตราการเติมออกซิเจนจากความเร็วลม y = 0.153x-0-127 r^2 = 0.88 เมื่อ x = ความเร็วลมที่ความสูง 3 เมตร พบว่าสมการการทำนายอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับน้ำจากความเร็วลมที่ได้จากทดลองครั้งนี้มีความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่สมการที่สร้างขึ้นในการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้ทำนายอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำในบ่อที่มีการเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ได้ และในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ความเร็วลมที่ความสูง 1 เมตร เพราะได้ทำการทดลองวัดความเร็วลมที่ระดับความสูง 1 และ 3 เมตร แล้วพบว่ามีความเร็วลมไม่แตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองใช้บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นน้ำจืด อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยในเวลากลางวัน และกลางคืนเท่ากับ 30.35 และ 30.12 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในกรณีของปริมาณออกซิเจนที่เกินจุดอิ่มตัวเกิดจากผลิตออกซิเจนของแพลงก์ตอนพืช (Boyd, 1982) และผลความเร็วลมก็เติมออกซิเจนเข้าไปที่ผิวน้ำอีกทำให้ออกซิเจนเกินจุดอิ่มตัวในบางช่วงเวลา ในการสร้างสมการทำนายอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับน้ำจึงไม่ได้คำนึงถึง ความเค็ม และอุณหภูมิ

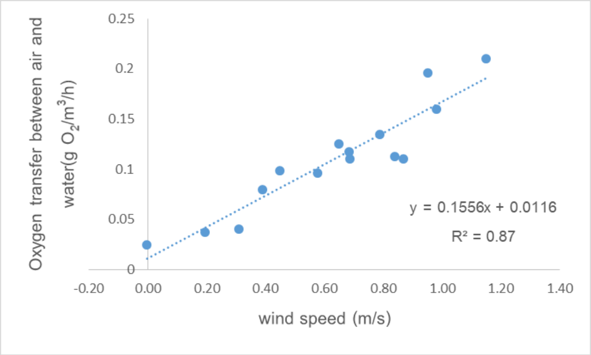


Figure 3. The equation of oxygen transfer rate from wind speed

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสร้างสมการการทำนายอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับน้ำจากความเร็วลม คือ

$$y = 0.1556x + 0.0116 \qquad r^2 = 0.87$$

เมื่อ y = อัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศจากความเร็วลม (mg/l/h)

X = ความเร็วลมที่ความสูง 1 เมตร (m/s)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการติดต่อประสานงาน และขอขอบคุณฟาร์มน้ำเต้าที่ให้ใช้สถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธนพล ปั้นดี. 2559. **การประเมินงบดุลของออกซิเจน และความต้องการเครื่องให้อากาศของระบบการเลี้ยงปลานิลแดงในกระชังในบ่อดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยนต์ มุสิก. 2539. **คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา.** ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Almazan, G. and E. B. Claude. 1978. An evaluation of secchi disk visibility for estimating plankton density in fish pond. **Hydrobiologia** 63: 205-208.

Daniels. H. V. and E. B. Claude. 1989. Chemical budgets for polyethylenelined brackishwater ponds. **J. World Aquaculture. Society.** 20: 53-60.

Boyd, C. E., R. P. Romaire and Johnston. 1978. Predicting early morning dissolved oxygen concentrations in channel catfish ponds. Trans. Am. Fish. Soc. 107: 484-492.

Boyd, C. E. 1982. **Water quality management for pond fish culture.** Department of Fisheries and Allied Aquaculture. Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama, Birmingham Publishing Company, New York.

Boyd, C. E. 1985. Pond evaporation. **Trans. Am. Fish. Sot.** 114: 299-303.

Boyd, C. E. and T. C. David. 1991. Relationship Between Wind Speed and Reaeration in Small Aquaculture Ponds. **Aquacultural Engineering**, 11: 121-131.

Boyd, C. E. and C. S. Tucker. 1992. **Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture.** Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.

Is-haak, J. and W. Taparhudee. 2013. Oxygen Consumption of Red Nile Tilapia at Different Water Velocity Levels. **In International Fisheries Symposium 3**. Faculty of Fisheries. Kasetsart University, Bangkok.

Ritvo, G., J. B. Dixon,, A. L. Lawrence., T. M. Samocha., W. H. Neill. and E. S. Michael. 1998. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. **J. World Aquac. Soc.** 29: 422–431.

Schroeder, G. L. 1975. Nighttime material balance for oxygen in fish ponds receiving organic wastes. **Bamidgeh,** 27: 65-74.

Shapiro, J. and O. Zur. 1981. A simple in situ method for measuring benthic respiration. **Water Res.** 15: 283-285.

Steeby. J. A., J. A. Hargreaves., C. S. Tucker., and P. C. Thomas. 2004. Modeling industry-wide sediment oxygen demand and estimation of the contribution of sediment to total respiration in commercial channel catfish ponds **Aquacultural Engineering.** 31: 247–262.

Santa, K. D. and L. Vinatea. 2007. Evaluation of respiration rates mechanical aeration requirements in semi-intensive shrimp (*Litopenaeus vannami*) culture ponds. **Aquacultural Engineering,** 36: 73-80.

ช่องทางการรับข่าวสารของชุมชนชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Media Channels of Coastal Communities in Prachuap Khiri Khan Province

ณัฏฐา สร้อยจำปา[1*] อุไรรัฒท์ เนตรหาญ[1] จิราภัษ อัจจิมางกูร[1] และศันสนีย์ หวังวรลักษณ์[1]

Nattha Soichumpa[1*], Urairathr Nedtharnn[1], Jirarpast Adjinamgkunl[1] and Sansanee Wangvoralak[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาเรื่องประเภทข่าวสารและช่องทางการรับสารด้านการประมง และปัญหาจากตัวข่าวสารและช่องทางข่าวสารที่ชุมชนชายฝั่งทะเลได้รับ ดำเนินการศึกษาในปี พ.ศ. 2560 ในพื้นที่ชายฝั่งทะเล 3 พื้นที่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับตัวแทนผู้นำชุมชม ผู้นำกลุ่มประมง และชาวประมงพื้นบ้าน 5 ชุมชน ทั้งหมด 20 คน ผลการศึกษาพบว่า ประเภทข่าวสารที่ชุมชนชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่ได้รับคือด้านสภาพอากาศ โดยได้รับจากวิทยุ โทรทัศน์ และหอกระจายข่าวเป็นหลัก ผู้นำชุมชนในพื้นที่มีการรับข่าวสารด้านการประมงผ่านช่องสื่อบุคคล คือ เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ เป็นหลัก ขณะที่ชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชนจะรับข่าวสารด้านการประมงผ่านผู้นำชุมชน และหอกระจายข่าว นอกจากนี้ ชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชนในพื้นที่ 1 และ พื้นที่ 3 มีการรับข่าวสารต่างจากชุมชนอื่น คือ ใช้สื่ออินเตอร์เน็ตในการแจ้งข้อมูลข่าวสารด้านการประมง ปัญหาด้านข่าวสารสำหรับผู้นำชุมชนและชาวประมงพื้นบ้าน คือ ความยากของเนื้อหา ความซับซ้อนของกฎหมายประมง และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่องการรับข่าวสารจากภาครัฐสู่ผู้นำด้วยจดหมายราชการยังพบปัญหาความล่าช้า ไม่ทันต่อเหตุการณ์

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate types of fisheries information, information channels and problems from characteristic and information channel that coastal communities received. The study was performed in the year 2017. In-depth interview technique was used to collect the data from 20 representatives of community's leader, leader group and fishers from total 5 communities in 3 coastal zone areas in Prachuap Khiri Khan Province. The results found that coastal communities had mostly received weather information through a channel of radio, television and news broadcasting towers. Community's leader had received fisheries information through a channel of personal media, that was, government officers, while fishers and communities members had received fisheries information through their community leader and news broadcasting towers. In addition, fishers in area 1 and area 3 had different channel from other communities which was related to internet for fisheries communication. For information, problems they were about difficult content, complexity and instability of fisheries legal and law. As formal letter, which a channel used to deliver information from government used to community's leader, there was some problem of lateness and delay.

Key Word: Media Channels, Information, Coastal Communities, Prachuap Khiri Khan Province

* Corresponding author; e-mail address: liminame62@gmail.com

[1]ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fishery management, Faculty of Fishery, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ด้วยการเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบการค้าของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (EU) ซึ่งเป็นหนึ่งในประเทศคู่ค้าของประเทศไทยที่มีการนำเรื่องการจัดการและการควบคุมปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน ไร้การควบคุม (IUU Fishing) มาผูกกับกฎระเบียบการค้าสินค้าประมง ทำให้ประเทศไทยได้รับใบเหลือง ซึ่งเป็นผลให้ภาครัฐมีการจัดระเบียบทางการประมงของประเทศครั้งใหญ่ โดยเฉพาะการปรับปรุงกฎระเบียบ และกฎหมายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจัดตั้งศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.) ซึ่งการแก้ไขปัญหาของรัฐที่ผ่านมาเป็นลักษณะการสั่งการจากภาครัฐหรือประกาศกระทรวง ตั้งแต่การตรวจสอบจำนวนเรือประมง การอนุญาตให้เครื่องมือประมงทำประมงในบางช่วงเวลา หรือห้ามเครื่องมือบางประเภทในการทำประมง เช่น อวนรุน อวนล้อมกะตักปั่นไฟ ด้วยการบังคับใช้และดำเนินการอย่างรวดเร็ว ทำให้ เกิดปัญหาด้านความเข้าใจและเกิดความสับสนในการปฏิบัติตาม ซึ่งมีผลกระทบทั้งกลุ่มประมงพื้นบ้านและประมงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงพระราชกำหนดการประมง พ.ศ.2558 เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการด้านการประมง รวมทั้งผลักดันให้ชุมชนประมงมีส่วนร่วมในการดูแล ควบคุมการใช้ประโยชน์ด้านประมง และมีการจัดการประมงด้วยการส่งเสริมการตั้งองค์กรชุมชนประมงท้องถิ่น

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีชุมชนประมงกระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่ง ซึ่งจำนวนเรือประมงกลุ่มหลักในพื้นที่เป็นเรือประมงพื้นบ้านถึงร้อยละ 67 (กรมประมง, 2559) ด้วยความเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลยาวที่สุดในฝั่งอ่าวไทย ทำให้กฎระเบียบ มาตรการในการจัดการประมงเป็นลักษณะการควบคุมในด้านการกำหนดพื้นที่ ระยะเวลาในการห้ามทำประมง และการห้ามเครื่องมือประมงบางชนิดแตกต่างกัน (ราชกิจจานุเบกษา, 2560) แต่ปัญหาเรื่องการรับรู้ข่าวสารของชุมชนประมงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีความล่าช้า ความเปลี่ยนแปลงของข่าวสาร หรือการเผยแพร่ข่าวสารของรัฐ ที่ไม่ครอบคลุมทุกชุมชนทำให้ลดความเชื่อมั่น และลดการเข้ามามีส่วนร่วมต่าง ๆ กับภาครัฐได้ (สำนักงานประมงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2553)

การจัดการประมงที่ดี จะมุ่งเน้นให้ผู้ใช้ประโยชน์ทรัพยากร มีส่วนร่วมกับภาครัฐในการจัดการได้ (อุดมศักดิ์, 2558) ซึ่งความล้มเหลวของกระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมในหลายโครงการด้านประมงที่ผ่านมาพบว่ายังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากความล้มเหลวของการสื่อสารและการประชาสัมพันธ์ หรือความไม่มีประสิทธิภาพของผู้ส่งสารทั้งในด้านทักษะและทัศนคติที่ไม่ดีต่อการสื่อสาร และการยึดติดกับการสื่อสารแบบเก่าของผู้รับสาร (เนตรนิภา, 2555) ดังนั้นการศึกษาด้านช่องทางการรับข่าวสารและปัญหาในการรับข่าวสารของชุมชนประมง จะเป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่หน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานท้องถิ่น รวมถึงกลุ่มเครือข่ายชาวประมง สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาหรือปรับปรุงช่องทางการสื่อสารหรือการรับข่าวสารแก่ชุมชนประมงให้มีประสิทธิภาพ อันจะเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดการจัดการประมงร่วมและการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการศึกษาในปี พ.ศ.2560 พื้นที่ศึกษาเป็นชุมชนในตำบลชายฝั่งทะเล ในอำเภอหัวหิน (ตอนบน) อำเภอปราณบุรี อำเภอสามร้อยยอด อำเภอกุยบุรี บางส่วนของอำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ (ตอนกลาง) ตั้งแต่ตำบลอ่าวน้อย อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ อำเภอทับสะแก อำเภอบางสะพาน อำเภอบางสะพานน้อย (ตอนล่าง) โดยจัดแบ่งพื้นที่ตามลักษณะมาตรการของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเครื่องมือทำการประมง วิธีการทำประมง และพื้นที่ที่ห้ามทำการประมง

บางแห่งของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (Figure 1) และดำเนินการคัดเลือกตัวแทนชุมชนชายฝั่งในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ทั้งหมด 5 ชุมชน ประกอบด้วยชุมชนเขาตะเกียบ ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน ชุมชนคลองเก่า ตำบลปากน้ำปราณ อำเภอปราณบุรี ชุมชนเขาแดง ตำบลเขาแดง อำเภอกุยบุรี ชุมชนชายทะเลทุ่งประดู่ ตำบลทับสะแก อำเภอทับสะแก และชุมชนหนองเสม็ด ตำบลบางสะพาน อำเภอบางสะพานน้อย ในแต่ละพื้นที่ คัดเลือกตัวแทนผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่ม และตัวแทนชาวประมงพื้นบ้านด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ชุมชนละ 4 คน รวมทั้งสิ้น 20 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้านสภาพของชุมชน ประเภทของข่าวสาร ช่องทางการรับข่าวสารด้านสภาพอากาศ การอนุรักษ์ทรัพยากร การจัดการประมงและกฎหมายประมง ด้านการท่องเที่ยว และด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับตัวแทนผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่ม และตัวแทนชาวประมงพื้นบ้าน และนำข้อมูลที่ได้มาสรุป เรียบเรียง และสังเคราะห์ผลการศึกษา

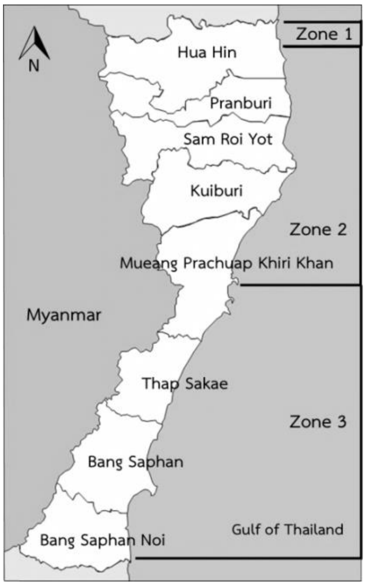


Figure 1 Study area in Prachuap Khiri Khan Province.

ที่มา: ดัดแปลงจาก google map

ผลและวิจารณ์

1. สภาพชุมชนชายฝั่งทะเล

พื้นที่ 1 ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบเอียงลาดสู่ทะเล มีสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติจำนวนหลายแห่ง อาชีพหลักของคนในพื้นที่ คือ อาชีพประมง (ร้อยละ 45) รองลงมา คือ อาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 15) ค้าขาย (ร้อยละ 15) ธุรกิจส่วนตัวด้านท่องเที่ยวและโรงแรม (ร้อยละ 15) และรับจ้างทั่วไป (ร้อยละ 10) สำหรับชุมชนเขาตะเกียบ มีลักษณะชุมชนเป็นชุมชนเมืองหนาแน่นและการพาณิชยกรรม จึงมีลักษณะความเป็นเมืองสูง เป็นแหล่งท่องเที่ยวทั้งทางธรรมชาติ แหล่งซื้อขายสัตว์น้ำและความบันเทิงต่าง ๆ คนในชุมชนจึงมีรายได้จากการทำประมงเป็นหลัก (ร้อยละ 70) เครื่องมือประมงหลักในพื้นที่ ได้แก่ อวนจมปูม้า และไดหมึก นอกจากนี้ ภาครัฐและชุมชนยังสามารถอยู่ร่วมกันได้ดี โดยการที่ชาวประมงใช้ประโยชน์จากเรดาร์ของหน่วยบัญชาการป้องกันภัยทางอากาศในการช่วยทำการประมงและให้ความร่วมมือในด้านต่าง ๆ ด้านการรวมกลุ่มในชุมชน พบว่า มีการตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ดำเนินโครงการธนาคารปูม้า โดยนายมนตรี พงษ์

พานิช ประธานกลุ่มชาวประมงเรือเล็กบ้านเขาตะเกียบ เป็นผู้ริเริ่ม ซึ่งเป็นต้นแบบการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวให้แก่ชุมชนอื่น

พื้นที่ 2 ตำบลปากน้ำปราณ อำเภอปราณบุรี และตำบลเขาแดง อำเภอกุยบุรี ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ภูเขาสลับที่ราบ ที่ลาดเทลงสู่ทะเล ฝั่งตำบลปราณบุรีมีแม่น้ำสายหลักคือแม่น้ำปราณบุรี และฝั่งตำบลเขาแดงมีคลองเขาแดง ซึ่งกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ อาชีพหลักของคนในพื้นที่ คือ อาชีพประมง (ร้อยละ 70) รองลงมา คือ อาชีพค้าขาย (ร้อยละ 13) รับจ้างทั่วไป (ร้อยละ 10) และอาชีพอื่น ๆ ได้แก่ เลี้ยงสัตว์ ทำสวน รับราชการ (ร้อยละ 7) สำหรับชุมชนคลองเก่า ตำบลปากน้ำปราณ และชุมชนเขาแดง ตำบลเขาแดง มีลักษณะชุมชนเป็นชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบท มีการตั้งบ้านเรือนบนเนินเขา และเลียบชายฝั่งทะเล ความหนาแน่นของชุมชนน้อย เป็นแหล่งท่องเที่ยวทั้งทางธรรมชาติ คนในชุมชนมีรายได้จากการทำประมงเป็นหลัก (ร้อยละ 80) เครื่องมือประมงหลักในพื้นที่ ได้แก่ อวนจมปูม้า ไดหมึก และอวนลอยปลา นอกจากนี้ด้านการรวมกลุ่มในชุมชน พบว่า ฝั่งตำบลปากน้ำปราณ มีการจัดตั้งกลุ่มประมงเรือเล็กปากน้ำปราณ และกลุ่มเกษตรกรทำประมงปากน้ำปราณ ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มของทั้ง 5 หมู่บ้านในตำบลปากน้ำปราณ ดำเนินโครงการธนาคารปูม้า ทิ้งซั้งกอ และกิจกรรมอนุรักษ์ทรัพยากรและชายฝั่งต่าง ๆ

พื้นที่ 3 ตำบลทับสะแก อำเภอทับสะแก และตำบลบางสะพาน อำเภอบางสะพานน้อย ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบเอียงลาดสู่ทะเล และมีพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม อาชีพหลักของคนในพื้นที่ คือ อาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 70) รองลงมา คือ อาชีพประมง (ร้อยละ 20) และค้าขาย (ร้อยละ 10) สำหรับชุมชนชายทะเลทุ่งประดู่ ตำบลทับสะแก มีลักษณะชุมชนเป็นชุมชนกึ่งเมืองกึ่งชนบท มีความหนาแน่นของประชากรน้อย ตั้งบ้านเรือนอยู่ริมชายฝั่งทะเล ซึ่งแหล่งท่องเที่ยวทั้งทางธรรมชาติและแหล่งซื้อขายสัตว์น้ำ คนในชุมชนริมฝั่งทะเลจึงมีรายได้จากการทำประมงเป็นหลัก (ร้อยละ 70) เครื่องมือประมงหลักในพื้นที่ ได้แก่ อวนจมปูม้า สำหรับชุมชนหนองเสม็ด ตำบลบางสะพาน น้อย เป็นชุมชนขนาดเล็ก ที่อาศัยบริเวณริมคลอง แต่มีพื้นที่ใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรมมาก ได้แก่ สวนมะพร้าว สวนปาล์ม ดังนั้นอาชีพหลักของคนในชุมชนคือการเกษตรกรรม (ร้อยละ 70) รองลงมาคืออาชีพการทำประมง โดยเครื่องมือประมงหลัก ได้แก่ อวนจมปูม้า รองลงมาคือ อวนลอยปลา อวนลอยกุ้งสามชั้น นอกจากนี้ทั้งสองชุมชนยังมีการจัดตั้งกลุ่มประมงพื้นบ้าน เพื่อช่วยเหลือในด้านการทำประมงแก่ชาวประมงพื้นบ้าน โดยจุดเด่นของพื้นที่ 3 ในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรโดยชุมชน คือชุมชนมีกฎระเบียบที่เข้มแข็งและชัดเจน สามารถจัดการปัญหาต่าง ๆ ได้โดยไม่พึ่งพาภาครัฐในระดับหนึ่ง

2. การรับข่าวสาร ช่องทางการรับข่าวสาร และปัญหา

ข่าวสารด้านประมงที่ชุมชนได้รับในภาพรวม ประกอบด้วย ข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์เกี่ยวกับประมง ด้านการท่องเที่ยว ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ (Figure 2) โดยข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์เกี่ยวกับประมง เป็นข่าวสารที่ชุมชนได้รับมากที่สุด อย่างไรก็ตามในพื้นที่ 2 ยังไม่ได้รับข่าวสารด้านการท่องเที่ยวและด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ และสำหรับชุมชนในพื้นที่ 3 ยังไม่ได้รับข่าวสารด้านการท่องเที่ยวด้านเดียว

ด้านผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่ม

พื้นที่ 1 ด้านลักษณะข่าวสารด้านประมงและช่องทางการรับสื่อ พบว่า ผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้านมีการรับข่าวสารครบทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์เกี่ยวกับประมง ด้านการท่องเที่ยว ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ โดยรับผ่านช่องทางการรับข่าวสารตั้งแต่ 1-4 ประเภท (Figure 2) โดยผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้านรับข่าวสารผ่านช่องทางหลัก คือ สื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่กรมประมงจังหวัด เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมเจ้าท่า กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมราชองค์รักษ์ รองลงมาเป็นช่องทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ โทรทัศน์ วิทยุ และช่องทางสื่ออินเตอร์เน็ต ได้แก่ Line และ Facebook และสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือราชการ สำหรับการรับข่าวสารของชาวประมงพื้นบ้านในชุมชน พบว่ามีการรับข่าวสารครบทั้ง 6 ด้าน ทั้งนี้ด้วยลักษณะชุมชนเป็นชุมชนเมือง มีความเจริญทางด้านการท่องเที่ยว ทำให้การรับข่าวสารมีความหลากหลายจากหน่วยงานต่าง ๆ เข้าถึงชุมชนได้ง่าย ชาวประมงพื้นบ้านมีการรับข่าวสารผ่านช่องทางสื่ออินเตอร์เน็ตมากขึ้น โดยมีการตั้งกลุ่มหรือเครือข่ายของผู้ที่ประกอบอาชีพเดียวกัน เพื่อช่วยในการแจ้งข่าวสารลักษณะของข่าวสารด้านประมงที่ชุมชนได้รับ พบปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสาร โดยตัวแทนผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่ม เห็นว่าข่าวสารจากหน่วยงานรัฐที่แจ้งผ่านหนังสือราชการ มีปัญหามากที่สุดในเรื่องความล่าช้า ไม่ทันต่อเหตุการณ์

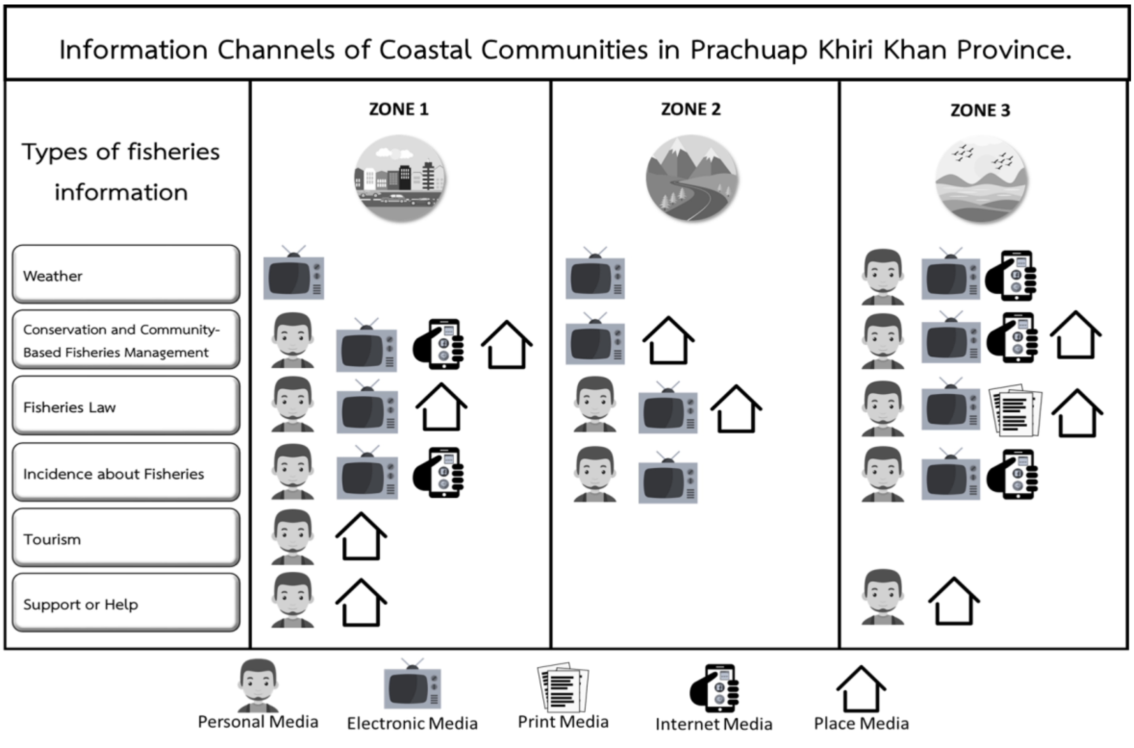


Figure 2 Types of fisheries information and information channels of coastal communities in Prachuap Khiri Khan Province.

พื้นที่ 2 ผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้าน เห็นว่า ชุมชนตนเองและสมาชิกในชุมชนได้รับข่าวสารด้านประมงทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ ข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์ด้านประมง (Figure 2) โดยผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มจะได้รับข่าวสารผ่านช่องทาง

หลักคือ สื่อบุคคล ได้แก่ ประมงอำเภอ และเจ้าหน้าที่ประมง รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ โทรทัศน์ และสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือราชการ จากนั้น ผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มจะกระจายข่าวสารแก่ชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชน ด้านปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสารของผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่ม คือ การรับข่าวสารผ่านหนังสือราชการ เนื่องจากมีความล่าช้า แต่ปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสารของชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชน ผู้นำเห็นว่า เป็นเรื่องของช่องทางการส่งข่าวสารจากผู้นำไปยังผู้รับสารคือชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชน เนื่องจากตำบลปากน้ำปราณมีการรวมกลุ่มประมงพื้นบ้านเป็นกลุ่มใหญ่ จึงมักมีปัญหาในด้านการกระจายข่าวสารให้ทั่วถึงทุกชุมชน ต้องใช้รถวิ่งประกาศควบคู่กับการกระจายเสียงตามหอกระจายข่าว นอกจากนี้ ชุมชนยังขาดสถานที่ที่เป็นจุดรวบรวมข่าวสาร หรือ ความรู้ด้านประมง ในลักษณะป้ายประกาศ และแผ่นพับ

พื้นที่ 3 ผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้าน เห็นว่า ชุมชนตนเองมีการรับข่าวสารด้านประมงทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์ด้านประมง ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ โดยรับผ่านช่องทางการรับข่าวสารตั้งแต่ 2-4 ประเภท (Figure 2) โดยช่องทางหลัก คือสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ประมง ประมงอำเภอ เป็นหลัก รองลงมาเป็นสื่ออินเตอร์เน็ต ผ่านกลุ่ม Facebook และ Line ด้านปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสาร ตัวแทนผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่ม เห็นว่า ข่าวสารจากหน่วยงานรัฐที่แจ้งผ่านหนังสือราชการ มีปัญหามากที่สุด เพราะเป็นสื่อที่มีความล่าช้า ไม่ต่อเนื่อง และใช้ภาษาเฉพาะที่เข้าใจยาก ด้านตัวข่าวสาร พบว่า ข่าวสารที่มีปัญหามากที่สุด คือ ข่าวสารด้านกฎหมายซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้เกิดความสับสน และเนื้อหายากต่อการทำความเข้าใจ ส่วนข่าวสารที่รับผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ มีปัญหาของตัวข่าวสารที่ไม่ละเอียด ครบถ้วน และบางเรื่องไม่เป็นความจริง ข่าวสารที่รับผ่านสื่ออินเตอร์เน็ต พบปัญหาของตัวข่าวสารคือขาดความน่าเชื่อถือ

ด้านชาวประมงพื้นบ้าน

พื้นที่ 1 ตัวแทนชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่ 1 เห็นว่า สมาชิกในชุมชนได้รับข่าวสารด้านประมงทั้งหมด 6 ด้าน (Figure 2) โดยได้รับจากสื่อบุคคลเป็นหลัก ได้แก่ ผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้าน เจ้าหน้าที่กรมประมง รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ หอกระจายข่าว วิทยุ โทรทัศน์ ตามลำดับ และเห็นว่าสื่ออินเตอร์เน็ต เป็นสื่อที่มีความแพร่หลายและทุกคนสามารถเข้าถึงข่าวสารผ่านช่องทางการรับสื่อนี้ได้สะดวกรวดเร็ว ในด้านปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสาร ตัวข่าวสารที่เป็นปัญหาในมุมมองของตัวแทนชาวประมงพื้นบ้าน คือ ข่าวสารด้านกฎหมายประมง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื้อหาสาระมีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ โดยเฉพาะหากเป็นการรับผ่านช่องทางอื่นที่ไม่ใช่การประชุมโดยตรงกับหน่วยงานรัฐ สำหรับช่องทางการรับข่าวสารที่ยังเป็นปัญหาในมุมมองของชาวประมงพื้นบ้าน คือ สื่ออินเตอร์เน็ต เนื่องจากชาวประมงพื้นบ้านบางส่วนยังขาดอุปกรณ์ในการเข้าถึงอินเตอร์เน็ต ได้แก่ โทรศัพท์ (สมาร์ทโฟน) คอมพิวเตอร์ รวมถึงขาดคู่มือหรือคำแนะนำในการเข้าถึงสื่ออินเตอร์เน็ต ประกอบกับภาวะเศรษฐกิจ และความเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรสัตว์น้ำ ทำให้ต้องมีการประกอบอาชีพเสริมมากขึ้น จึงมีปัญหาด้านระยะเวลาในการค้นหาสารสนเทศ

พื้นที่ 2 ตัวแทนชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่ เห็นว่า สมาชิกในชุมขนส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารด้านประมงจากการสื่อบุคคล โดยผ่านการประชุม การฟังประกาศจากหอกระจายข่าวของแต่ละหมู่บ้าน และรถวิ่งประกาศ โดยในการประชุมจะมีทั้งผู้นำชุมชน ผู้นำกลุ่ม เจ้าหน้าที่ประมง ประมงอำเภอ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เข้าร่วม

ประชุมด้วยทุกครั้ง รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ โทรทัศน์ ด้านการรับข่าวสารผ่านสื่อสิ่งพิมพ์และสื่ออินเตอร์เน็ตพบว่ายังไม่เป็นที่แพร่หลายในชุมชน ตัวข่าวสารที่ชาวประมงพื้นบ้านเห็นว่าเป็นปัญหาไม่ว่าจะมีการรับข่าวสารผ่านช่องทางการรับข่าวสารประเภทใด คือ ตัวข่าวสารด้านกฎหมาย และด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรและการจัดการร่วม เนื่องจากเป็นเรื่องที่ยากต่อการทำความเข้าใจ โดยเห็นว่าควรมีการอธิบายหรือนำเสนอให้เป็นภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และการทำให้คนในชุมชนชายฝั่งได้เข้าใจถึงการอนุรักษ์และการจัดการประมงร่วม ด้านสื่ออินเตอร์เน็ต ยังเห็นว่าเป็นสื่อที่ชาวประมงไม่ได้ใช้เพื่อหาข่าวสารเกี่ยวกับประมงเป็นหลัก แต่เป็นการใช้เพื่อความบันเทิง และมักเป็นคนในครอบครัวมากกว่าที่เป็นผู้ใช้ มิใช่ตัวชาวประมงโดยตรง นอกจากนี้ด้านเจ้าหน้าที่ประมงมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย ทั้งเจ้าหน้าที่และชาวประมงเองยังไม่สามารถประสานงานและความเข้าใจกันได้

พื้นที่ 3 ตัวแทนชาวประมงพื้นบ้านในหมู่บ้านหนองเสม็ด เห็นว่า ตนเองและสมาชิกในชุมชน ได้รับข่าวสารด้านประมงทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์ด้านประมง ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ ผ่านช่องทางการรับข่าวสารหลักคือ สื่อบุคคลและสื่ออินเตอร์เน็ตเป็นหลัก โดยสื่อบุคคลเป็นการรับข่าวสารผ่านผู้นำกลุ่มประมง เจ้าหน้าที่ประมง ผ่านการประชุม สำหรับข่าวสารผ่านสื่ออินเตอร์เน็ต เป็นการรับผ่านกลุ่ม Facebook และ Line รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ โทรทัศน์ หอกระจายข่าว ด้านปัญหาของตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสาร พบว่า เป็นเรื่องตัวข่าวสารและช่องทางการรับข่าวสารผ่านสื่ออินเตอร์เน็ตที่แม้จะเป็นสื่อที่เข้าถึงได้ง่าย แต่ลักษณะข่าวสารยังขาดน่าเชื่อถือ จึงต้องมีการระมัดระวังในการเลือกรับสื่อ นอกจากนี้ชาวประมงในหมู่บ้านหนองเสม็ดยังไม่มีความรู้ในเรื่องวิธีการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารด้านประมงผ่านสื่ออินเตอร์เน็ต ยกเว้นเรื่องพยากรณ์อากาศที่สามารถค้นหาจากเว็บไซต์ Google ได้เลย อย่างไรก็ตาม ชุมชนมีสถานที่ให้สมาชิกในชุมชนมีการรวมกลุ่มและการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ ศาลากลุ่มประมง หรือ บ้านผู้ใหญ่บ้าน แต่ยังขาดสื่อที่ให้ข้อมูลความรู้ด้านประมง เช่น หนังสือ แผ่นพับ โปสเตอร์ ป้ายประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ อีกด้วย

ช่องทางการรับข่าวสารด้านประมงในแต่ละพื้นที่

การรับข่าวสารที่เกี่ยวกับประมงของผู้นำของทั้งสามพื้นที่ มีการรับผ่านช่องทางการรับข่าวสารที่เหมือนกันคือ การรับข่าวสารผ่านสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ประมง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ อินเตอร์เน็ต และสื่อสิ่งพิมพ์ สำหรับข่าวสารที่มีการรับผ่านช่องทางการรับข่าวสารที่เหมือนกันคือข่าวสารด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์ด้านประมง โดยที่พื้นที่ 1 และ 3 มีการรับข่าวสารเหมือนกัน คือข่าวสารด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ ในขณะที่พื้นที่ 1 เป็นพื้นที่เดียวที่รับข่าวสารด้านการท่องเที่ยว

สำหรับการรับข่าวสารของชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชนของทั้งสามพื้นที่ พบว่า ช่องทางหลักในการรับข่าวสารด้านประมง กฎหมายประมง คือ การรับผ่านสื่อบุคคล ได้แก่ ผู้นำชุมชน และผู้นำกลุ่มเป็นหลัก แต่การรับข่าวสารด้านสภาพอากาศ และการอนุรักษ์และการจัดการประมง จะรับผ่านช่องทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของข่าวสารด้านการท่องเที่ยวและการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ จะได้รับผ่านสื่อบุคคล คือ เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ และสื่อสถานที่ คือสถานที่ราชการหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เป็นหลัก

ปัญหาของการรับข่าวสารด้านประมง

ปัญหาด้านตัวข่าวสารที่ผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่มในชุมชน และชาวประมงพื้นบ้าน ของทั้งสามพื้นที่ เห็นสอดคล้องกัน คือข่าวสารด้านกฎหมาย ที่ส่งผ่านช่องทางการสื่อสารทางเดียว ได้แก่ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ สื่อสิ่งพิมพ์ และการสื่อสารสองทาง ได้แก่ สื่อบุคคล ต่างมีเนื้อหา ภาษา ที่มีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ อีกทั้งการส่งผ่านข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ประมง หรือผู้นำชุมชน ยังขาดประสิทธิภาพ และทักษะในการสื่อสารให้เข้าใจง่ายอีกด้วย สอดคล้องกับ อุดมศักดิ์ (2559) ในเรื่องของกฎหมายที่มีความแยกส่วนในการจัดการของแต่ละหน่วยงาน รวมถึงความซ้ำซ้อนในการดำเนินงาน และการดำเนินของรัฐที่ขาดการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการให้ข้อมูลข่าวสาร สำหรับประเด็นปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้องกับตัวข่าวสาร ในมุมมองของผู้นำชุมชนและผู้นำกลุ่มยังพบปัญหาการส่งข่าวสารจากภาครัฐผ่านสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือราชการ ที่มีความล่าช้า ปัญหาเรื่องความไม่ครบถ้วนของเนื้อหา สาระของตัวข่าวสาร และความน่าเชื่อถือของตัวข่าวสารที่ได้รับผ่านสื่ออินเตอร์เน็ต รวมถึงปัญหาการส่งข่าวสารจากตัวผู้นำไปยังชาวประมงพื้นบ้านหรือสมาชิกในชุมชน ยังใช้วิธีประกาศเสียงตามสายผ่านหอกระจายข่าว หรือ ใช้รถในการวิ่งกระจายข่าวสาร วิธีบอกผ่านบุคคล ได้แก่ เพื่อนบ้าน พ่อค้าแพปลา พบว่าช่องทางดังกล่าวยังมีปัญหาด้านความทั่วถึง สำหรับมุมมองของชาวประมงพื้นบ้านเอง พบปัญหาจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ในเรื่องของช่วงเวลาการเผยแพร่ข่าวสารที่ได้รับไม่แน่นอน ไม่มีช่องของทางโทรทัศน์ที่ฉายเฉพาะเรื่อง การติดตามข่าวสารจึงไม่ต่อเนื่อง ในด้านสื่ออินเตอร์เน็ต พบปัญหาการขาดอุปกรณ์และคู่มือในการสืบค้นข้อมูลข่าวสาร และด้านสื่อสถานที่พบปัญหาการปรับปรุงสื่อให้มีความทันสมัยในแหล่งพื้นที่นั้น เช่น การขาดแคลนและความทันต่อเหตุการณ์ของหนังสือ ป้ายประกาศ ในศาลากลางหมู่บ้านหรือศาลากลุ่มประมง ซึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้ โดยในพื้นที่ 1 และ 2 จะมีปัญหาด้านสื่ออินเตอร์เน็ตมาก เพราะขาดทั้งอุปกรณ์และคู่มือในการเข้าถึงข่าวสารด้านประมงอย่างถูกต้อง และในพื้นที่ 3 จะมีปัญหาด้านการวิเคราะห์ข่าวสารที่พบ ทำให้เชื่อข่าวสารจากแหล่งที่ขาดความน่าเชื่อถือได้ง่าย

สรุปผล

ชุมชนชายฝั่งทะเลทั้งสามโซนมีการรับรู้ข่าวสารด้านประมง โดยพื้นที่ 1 ได้รับข่าวสารทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านสภาพอากาศ ด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ด้านกฎหมายประมง ด้านเหตุการณ์เกี่ยวกับประมง ด้านการท่องเที่ยว ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ ชุมชนในพื้นที่ 2 ได้รับข่าวสาร 4 ด้าน โดยยังไม่ได้รับข่าวสารด้านการท่องเที่ยว ด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ สำหรับชุมชนในพื้นที่ 3 ได้รับข่าวสารด้านรวม 5 ด้าน โดยขาดด้านการท่องเที่ยว

ด้านการรับข่าวสารจากช่องทางสื่อต่าง ๆ ผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้าน ได้รับข่าวสารด้านประมงผ่านช่องทางสื่อบุคคลเป็นหลัก รองลงมาเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์ สื่อสิ่งพิมพ์ และสื่ออินเตอร์เน็ต ตามลำดับ ในขณะที่ชาวประมงพื้นบ้านและสมาชิกในชุมชน ได้รับข่าวสารด้านประมงผ่านผู้นำชุมชนหรือผู้นำกลุ่ม คือสื่อบุคคลเป็นหลักเช่นกัน รองลงมาได้รับผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

โดยภาพรวมประเภทของข่าวสารด้านประมงที่ชุมชนชายฝั่งส่วนใหญ่ได้รับคือ ด้านสภาพอากาศและด้านการอนุรักษ์และการจัดการประมงในชุมชน ซึ่งรับผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก โดยจะมีบางชุมชนที่เริ่มนำสื่ออินเตอร์เน็ต อย่างการเข้าเว็บไซต์ค้นหาพยากรณ์อากาศเข้ามาใช้ สำหรับข่าวสารด้านการท่องเที่ยว และด้านการสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากภาครัฐ จะได้รับผ่านสื่อบุคคลและสื่อสถานที่ราชการหรือหน่วยงานที่

เกี่ยวข้องต่าง ๆ เป็นหลัก ส่วนข่าวสารด้านกฎหมายประมง และด้านเหตุการณ์ด้านประมง ได้รับผ่านสื่อบุคคลเป็นหลัก นอกจากนี้ยังได้รับผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ สื่อสิ่งพิมพ์และ สื่ออินเตอร์เน็ตอีกด้วย แม้ข่าวสารด้านกฎหมายและเหตุการณ์ด้านประมงจะมีช่องทางการสื่อสารหลากหลาย แต่กลับพบปัญหาด้านตัวข่าวสารมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบปัญหาของช่องทางในการรับข่าวสารแต่ละด้านของสื่อบุคคล คือ เจ้าหน้าที่ให้ความรู้ยังขาดประสิทธิภาพในการถ่ายทอดและสื่อสาร ด้านสื่อสิ่งพิมพ์ พบปัญหาจากการที่ภาครัฐส่งสารไปสู่ผู้นำด้วยจดหมายราชการยังพบปัญหาความล่าช้า ไม่ทันต่อเหตุการณ์ เนื้อหาข่าวสารไม่มีความน่าสนใจ ด้านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ พบปัญหาในเรื่องของช่วงเวลาในการเผยแพร่ข่าวสารที่ไม่แน่นอน ไม่มีช่องของโทรทัศน์ที่ฉายเฉพาะเรื่อง การติดตามข่าวสารจึงไม่ต่อเนื่อง ด้านช่องทางอินเตอร์เน็ตพบปัญหาการขาดคู่มือหรือวิธีการสืบค้นข้อมูลข่าวสาร และด้านช่องทางสื่อสถานที่พบปัญหาการปรับปรุงสื่อที่มีให้ทันสมัย

ดังนั้นแนวทางหลักในการพัฒนาคือภาครัฐควรพัฒนาช่องทางสื่อให้สามารถส่งข่าวสารได้ครบถ้วน ทันสมัย เข้าใจง่าย และเชื่อถือได้ จากสื่อบุคคล สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อสถานที่ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่มีอยู่เดิม และสื่ออินเตอร์เน็ตที่กำลังจะปรับใช้ในอนาคต ควรให้ความสำคัญมากขึ้น เพราะในยุคไทยแลนด์ 4.0 เป็นยุคของการใช้เทคโนโลยีเพื่อความสะดวกรวดเร็วต่าง ๆ และเป็นช่องทางที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้อย่างเท่าเทียมกัน ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงระบบให้บริการของภาครัฐ เพื่อให้ชาวประมงเห็นว่า ช่องทางสื่ออินเตอร์เน็ต เป็นช่องทางที่มีประสิทธิภาพ มีความสะดวกกว่าช่องทางสื่ออื่น ๆ จากแนวทางการพัฒนา จะช่วยกระตุ้นให้ทุกคนเข้าถึงและรับรู้ข่าวสารอย่างเท่าเทียมกัน ด้วยการปรับใช้สื่ออินเตอร์เน็ตเข้ามาช่วยในการกระจายข่าวสารมากขึ้น จัดตั้งกลุ่มใน Line หรือ Facebook ที่มีผู้ดูแลคอยอัพเดทข่าวสารอยู่เสมอ นอกจากนี้ควรเสริมด้านการสนับสนุน โดยจัดสรรอุปกรณ์อย่างคอมพิวเตอร์และติดตั้งเครือข่ายอินเตอร์เน็ตส่วนกลางในชุมชนและคู่มือการเข้าถึงข่าวสารที่สื่อสถานที่ เช่น ศาลากลางหมู่บ้าน หรือบ้านของผู้ใหญ่บ้าน เพื่อให้คนในชุมชนชายฝั่งได้มีการปรับตัว ปรับใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ใหญ่บ้าน ผู้นำกลุ่มประมงพื้นบ้าน และชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่การศึกษาที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออย่างเต็มที่

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2559. **สถิติเรือประมงไทย ปี 2558**. กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, กรุงเทพฯ.

เนตรนิภา ภูตระกูล. 2555. แนวทางการสื่อสารประชาสัมพันธ์เพื่อการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมของโครงการเสริมสร้างการจัดการชุมชนประมงต้นแบบสำนักบริหารจัดการด้านการประมง กรมประมง. JC JOURNAL 4(3): 353-380.

ราชกิจจานุเบกษา. 2560. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องห้ามใช้เครื่องมือประมงบางชนิดในที่จับสัตว์น้ำบางส่วนของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา และชลบุรี ในระยะเวลาที่กำหนด**. 12 มิถุนายน 2560.

สำนักงานประมงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. 2553. **ข้อมูลประมงทั่วไป**. แหล่งที่มา: http://www.fisheries.go.th/FPO-prachuap/, 1 ตุลาคม 2560.

อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์. 2558. ชุมชนท้องถิ่นกับการมีส่วนร่วมจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน. **วารสารนักบริหาร** 35 (1): 104-113.

______. 2559. ปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรประมง. **วารสารนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร** 9 (1): 7-26.

แนวทางการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของชุมชนประมงพื้นบ้าน: กรณีศึกษาพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง

Guidelines on Sustainable Livelihood of Small-scale Fishing Communities: A Case Study of the Central Gulf of Thailand

ปิ่นแก้ว ทองกำเหนิด[1*] จิราภัษ อัจจิมางกูร[1] ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์[1]
อุไรรัฒท์ เนตรหาญ[1] และ มณฑ์นิศาษ์ ศรีสมวงศ์[1]

Pinkaew Tongkamnherd[1*], Jirarpast Adjimangkunl[1], Sansanee Wangvoralak[1]
Urairathr Nedtharnn[1] and Monissa Srisomwong[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมง ปัญหา ความเปราะบางรวมทั้งแนวทางในการขับเคลื่อนการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของชาวประมงพื้นบ้านบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง โดยการศึกษาเชิงคุณภาพมีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interviewing) ใช้เทคนิคการประเมินสภาวะชนบทอย่างเร่งด่วน การเก็บรวมรวมข้อมูลจากผู้นำชุมชนและชาวประมงพื้นบ้าน ผลศึกษาพบว่า ลักษณะของพื้นที่ที่เป็นแหล่งทำประมงหน้าบ้านมีผลทำให้รูปแบบของการทำประมงแตกต่างกัน ปัญหาหลักที่ทุกชุมชนประสบ คือ ปัญหาการลดลงของทรัพยากร ซึ่งส่งผลต่อรายได้ในการดำรงชีพข องชาวประมง ความยั่งยืนของทรัพยากรประมงจึงอยู่บนความมีส่วนร่วมของชุมชนประมงในการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมและการดูแลอนุรักษ์ทรัพยากรหน้าบ้าน และจากการสนับสนุนของรัฐ ดังนั้นชุมชนประมงที่มีความเหนียวแน่นทางสังคมและมีรูปแบบโครงสร้างการจัดการที่ชัดเจน จะช่วยให้การดำรงชีพของชาวประมงพื้นบ้านสามารถเป็นไปอย่างมั่นคง

ABSTRACT

This research aimed to explore the utilization of fishery resources, problem, vulnerability context and sustainable livelihoods of small-scale fishing communities. The study areas were located in the central Gulf of Thailand. Rapid Rural Appraisal (RRA) techniques and Semi-Structured Interviewing were applied to collect data from community leaders and small-scale fishers. Results indicated that characteristic of fishing ground affect to resource utilization of small-scale fishing communities. All communities confront with the same problem, that is declining of fishery resources. This problem affecting on livelihood income of fishers. Thus, sustainable fishery resources should rely on the capability of fishers for group gathering in order to enact optimal utilization of resources and to conserve the resource of their own village. with common agreement in the community would support in fisher livelihood with efficiency in community consistent further.

[*]Corresponding author; e-mail address: Pinkaew_737@hotmail.com

[1]ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fishery Management, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรทางทะเล เนื่องด้วยลักษณะภูมิประเทศตอนใต้ของประเทศไทยติดกับทะเลถึงสองด้านทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ดังนั้นทรัพยากรทางทะเลจึงถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ทั้งเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพดี สร้างรายได้และอาชีพของประชากรตลอดแนวชายฝั่ง ก่อเกิดอุตสาหกรรมประมง และอุตสาหกรรมต่อเนื่องมากมาย ในปี พ.ศ.2557 ประเทศไทยมีผลผลิตจากการประมงที่จับจากธรรมชาติกว่า 1.48 ล้านตัน เป็นมูลค่ากว่า 52,242.9 ล้านบาท ซึ่งร้อยละ 74 ได้มาจากผลผลิตฝั่งอ่าวไทย (สถิติการประมงแห่งประเทศไทย, 2559) ซึ่งอ่าวไทยตอนกลางเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นความหลากหลายทางชีวภาพ พื้นที่อพยพของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ แหล่งอาศัยและอนุบาลสัตว์น้ำนานาชนิด รวมถึงความสำคัญทางสังคมมนุษย์ ที่นำทรัพยากรในพื้นที่มาใช้ ก่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่มีลักษณะเฉพาะของชุมชนชายฝั่งทะเล

แต่ช่วงสิบปีที่ผ่านมา ชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลางมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551) ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเล การเพิ่มขึ้นของชุมชนชายฝั่ง ทำให้บริเวณชายฝั่งทะเลมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ปัญหาการทำประมงเกินศักย์การผลิตของธรรมชาติ (Overfishing) การมุ่งเน้นการพัฒนาชนบทของรัฐ รวมถึงความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ไม่สามารถหาผลสรุปได้อย่างแน่ชัด (Climate Change) ผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดนั้นก็คือ ชาวประมงพื้นบ้านที่มีวิถีชีวิตผูกพันกับชายฝั่งทะเลจนกลายเป็นวัฒนธรรมของชุมชน แต่จากสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน การทำประมงแบบเดิมจะทำให้ไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ ดังนั้นการศึกษาแนวทางการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของชุมชนประมงพื้นบ้าน: กรณีศึกษาพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมง ศึกษาปัญหาและความเปราะบางที่ชาวประมงพื้นบ้านประสบภายใต้แรงกดดันทางสังคมและการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรประมง รวมทั้งแนวทางในการขับเคลื่อนของชุมชนประมงเพื่อการดำรงชีพอย่างยั่งยืน

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) กำหนดกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive Cluster Sampling) มีพื้นที่ศึกษา 3 จังหวัดตามมาตรการปิดอ่าวปลาทู ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี โดยศึกษาชุมชนที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมประมงให้เป็นชุมชนประมงต้นแบบ (การพัฒนาด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนประมง Community-based Fishery) จังหวัดละ 1 ชุมชน แต่ละชุมชนทำการศึกษา ชาวประมงพื้นบ้านจำนวน 15 คน และผู้นำชุมชน 9 คน ได้แก่ หมู่ที่ 10 บ้านหนองเสม็ด ตำบลบางสะพาน อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หมู่ที่ 10 บ้านราษฎร์บำรุง ตำบลบางมะพร้าว อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร และหมู่ที่ 1 บ้านเกาะยาง ตำบลคันธุลี อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี การวิจัยครั้งนี้กำหนดกรอบแนวคิดการดำรงชีพอย่างยั่งยืน (Sustainable Livelihood Framework) ของชาวประมงในชุมชนที่มีวิถีการดำรงชีวิตในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมง และการมีภูมิปัญญาท้องถิ่น ร่วมกันดูแล และจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อการใช้ประโยชน์ด้านเศรษฐกิจควบคู่กับการอนุรักษ์และป้องกันปัญหาที่จะส่งผลต่อทรัพยากรประมงที่เป็นทรัพย์สินร่วม (Common Property) รวมถึงศึกษาสถานการณ์ปัญหา และความเปราะบาง (problem and vulnerability) อันเนื่องมาจากวิถีการทำประมงที่ไม่สามารถพยากรณ์ว่าจะมีโอกาสในการได้สัตว์น้ำหรือไม่ ภายใต้ความเปราะบาง คือ การไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ หรือไม่มีทางเลือก

หากตกอยู่ในความเสี่ยงนั้น โดยเฉพาะมิติที่เกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติ สำหรับมิติทางสังคมที่กำหนดให้ชุมชนจัดตั้งองค์กรประมงท้องถิ่นตามพระราชกำหนดการประมง พุทธศักราช 2558 และ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ต่อบทบาทหน้าที่ในการจัดการทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์กลุ่มประมงว่าสามารถขับเคลื่อนให้ชุมชนเข้มแข็งเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมที่แท้จริง ในการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เทคนิคการประเมินสภาวะชนบทอย่างเร่งด่วน (RRA) และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interviewing) เก็บรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลหรือเนื้อหามาวิเคราะห์ (Content Analysis) บริบทของชุมชนและความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นรวบรวมประเด็น เรียบเรียง และนำเสนอในรูปแบบของข้อเท็จจริง

ผลการศึกษา

1. ลักษณะทั่วไปของชุมชน

บ้านหนองเสม็ด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีประชากร 199 ครัวเรือน 573 คน ประชากรส่วนใหญ่เป็นคนดั้งเดิมในพื้นที่ บ้านหนองเสม็ดมีลักษณะเป็นแอ่งรับน้ำก่อนลงสู่ทะเล มีคลองชะม่วงที่ปกคลุมไปด้วยต้นเสม็ด ต่อมามีชุมชนไปตั้งถิ่นฐานเพิ่มมากขึ้น และมีการขยายตัวทางด้านการท่องเที่ยว จึงมีการบูรณะโดยการขุดขยายคลอง พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของชุมชน ได้แก่ ถนน ระบบสาธารณูปโภค ด้านการประกอบอาชีพ ร้อยละ 70 ของคนในชุมชนทำเกษตรกรรม ได้แก่ สวนมะพร้าว สวนปาล์ม และสวนยางพารา รองลงมาคืออาชีพประมง (ร้อยละ 30 ของคนในชุมชน) ชุมชนในพื้นที่ที่มีกรรมสิทธิ์ ในที่ดินคิดเป็นร้อยละ 70 และร้อยละ 30 เป็นชาวประมงที่อาศัยอยู่โดยรอบของคลองชะม่วง โดยไม่มีเอกสารสิทธิ์ ที่อยู่อาศัยเป็นหนังสือสำคัญที่หลวง ซึ่งชาวประมงอาศัยมานานกว่า 50 ปีแล้ว

บ้านราษฎร์บำรุง จังหวัดชุมพร มีประชากร 110 ครัวเรือน 410 คน เป็นคนพื้นเพเดิมทั้งหมด เดิมบ้านราษฎร์บำรุงชื่อบ้านท้องโตนด หรือบ้านกลางอ่าว ซึ่งเป็นชุมชนขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่บริเวณกลางอ่าวบางมะพร้าว มีลักษณะเป็นแอ่งกระทะมีต้นโตนดจำนวนมาก ต่อมาเมื่อมีการสร้างวัดราษฎร์บำรุงขึ้นเพื่อเป็นศูนย์รวมจิตใจ คนทั่วไปจึงเรียกบ้านราษฎร์บำรุงตามชื่อวัดจนติดปาก ภายหลังจึงได้เปลี่ยนชื่อเป็นบ้านราษฎร์บำรุงจนถึงปัจจุบัน คนในหมู่บ้านประกอบส่วนใหญ่ทำการเกษตร (ร้อยละ 90 ได้แก่ สวนปาล์มน้ำมัน และสวนมะพร้าว) รองลงมาคือ อาชีพประมง (ร้อยละ 20) พื้นที่ส่วนใหญ่มีเอกสารสิทธิ์ มีระบบด้านสาธารณูปโภคครบถ้วน ชุมชนมีการรวมกลุ่มเพื่อร่วมกิจกรรม “ชุมชนประมงต้นแบบบ้านจมูกโพรงกลางอ่าว” ประกอบด้วยหมู่ 8 บ้านจมูกโพรง และหมู่ 10 บ้านราษฎร์บำรุง หมู่ 13 บ้านกลางอ่าว 1 และ หมู่ 14 บ้านกลางอ่าว 2 ตำบลบางมะพร้าว โดยมีชาวประมงรวมกลุ่มไม่น้อยกว่า 80 ลำ (จอดเรือบริเวณปากคลองจมูกโพรง แต่บางครั้งมีปัญหาทรายปิดบริเวณปากคลอง จึงต้องจอดบริเวณชายฝั่งทะเล หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้สนับสนุนการขุดร่องน้ำปากคลอง)

บ้านเกาะยาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีจำนวนประชากร 134 ครัวเรือน 364 คน เดิมชื่อหมู่บ้านคันธุลี ต่อมามีการอพยพย้ายถิ่นมาจากจังหวัดนครศรีธรรมราชเพิ่มมากขึ้น จึงแยกพื้นที่ปกครองออกเป็นหมู่ 1 บ้านเกาะยาง และหมู่ 2 บ้านคันธุลี ชุมชนบ้านเกาะยางแบ่งเป็น 3 คุ้ม ได้แก่ คุ้มที่ 1 บริเวณทิศเหนือของชุมชนตั้งบ้านเรือนริมชายฝั่งทะเล (ร้อยละ 40) ส่วนใหญ่เป็นคนที่อพยพย้ายถิ่น และมีการถือครองที่ดิน คุ้มที่ 2 เป็นชุมชนดั้งเดิม (ร้อยละ 20) อาศัยอยู่ทางทิศใต้เลียบชายฝั่งทะเล ไม่มีการถือครองที่ดิน ตั้งบ้านเรือนตั้งแต่ถนนหลักของหมู่บ้านเลียบชายทะเลซึ่งเป็นพื้นที่หนังสือสำคัญที่หลวง (ไม่มีเอกสารสิทธิ์) โดยมีการตั้งถิ่นฐานมานานกว่า 50 ปี และคุ้มที่ 3 เป็นประกอบด้วยคนดั้งเดิมและคนอพยพย้ายถิ่น (ร้อยละ 40) ที่มาอาศัยอยู่ร่วมกัน เป็นพื้นที่ไม่

ติดทะเล มีการถือครองที่ดิน สำหรับลักษณะการประกอบอาชีพของสมาชิกในชุมชน คือเกษตรกรรม ร้อยละ 70 ได้แก่ สวนปาล์ม และสวนมะพร้าว รองลงมาคืออาชีพประมง (ร้อยละ 30) ระบบสาธารณูปโภคในชุมชนมีครบถ้วน ยกเว้นช่วงฤดูแล้งของทุกปีจะขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค

2. รูปแบบการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมง

ลักษณะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรประมงของชาวประมงในพื้นที่ศึกษา เป็นดังนี้

2.1 บ้านหนองเสม็ด ตำบลบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่จอดเรือในคลองชะม่วงซึ่งอยู่ทางทิศเหนือของหมู่บ้าน และมีป่าชายเลนโดยรอบบริเวณคลองประมาณ 25 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ชุมชนกำหนดเป็นเขตอนุรักษ์ และปลูกป่าชายเลนเพิ่มเติม มีการกำหนดเขตที่ชัดเจนเพื่อป้องกันการบุกรุก ด้านหน้าชายฝั่งทะเลมีเกาะทะลุ เกาะสิงห์ และเกาะสังข์ ซึ่งเป็นพื้นที่แนวประการังที่สวยงามและเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ชาวประมงบ้านหนองเสม็ดจะทำการประมงบริเวณชายฝั่งหน้าชุมชน โดยเฉพาะบริเวณทิศเหนือของเกาะทะลุจะเป็นแหล่งทำประมงปูม้าที่สำคัญของชาวประมงพื้นบ้านอำเภอบางสะพานน้อย และอำเภอบางสะพาน (Figure 1 A.) นอกจากนั้น ชุมชนบ้านหนองเสม็ดกำหนดให้พื้นที่ชายฝั่งหน้าชุมชนเป็นพื้นที่อนุรักษ์โดยการห้ามทำประมงลอบปูพับได้ และสำหรับอวนลอยปูต้องมีขนาด 4 นิ้วขึ้นไป ชาวประมงที่จับปูขนาดเล็กจะต้องปล่อยลงสู่ธรรมชาติ หรือถ้าได้ปูไข่นอกกระดองจะมีการนำส่งธนาคารปูม้าซึ่งเป็นของหมู่บ้านหนองเสม็ด ตำบลบางสะพาน อำเภอบางสะพานน้อย และหมู่ 5 บ้านปากคลอง ตำบลแม่รำพึง อำเภอบางสะพาน

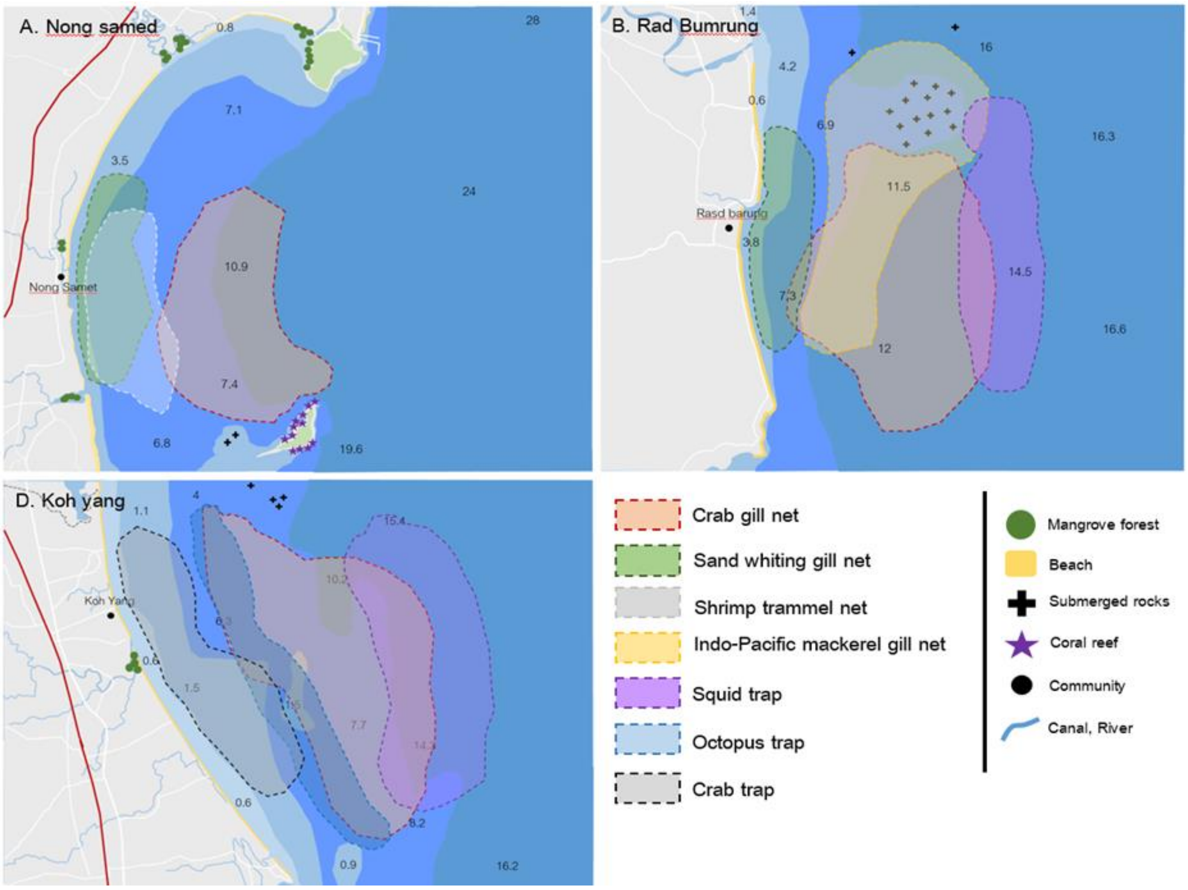


Figure 1 Fishing grounds of small-scale fishing communities

ชาวประมงบ้านหนองเสม็ดส่วนใหญ่ทำประมงตลอดทั้งปีเพราะเป็นรายได้หลักของครอบครัว เนื่องจากชาวประมงส่วนใหญ่ไม่มีกรรมสิทธิ์ในพื้นที่ที่จะประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีอาชีพเสริมคือแรงงานรับจ้าง รูปแบบเป็นการทำประมงขนาดเล็ก ใช้เรือหางยาวขนาดความยาว 6-10 เมตร น้ำหนักบรรทุกน้อยกว่า 5 ตันกรอส ทำประมงทั้งในบริเวณอ่าวบางสะพานน้อยและอ่าวบางสะพาน ชาวประมงมีการใช้เครื่องมือทำการประมง 2-3 เครื่องมือในรอบปี ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะประชากรสัตว์น้ำที่เข้ามาอาศัยในแหล่งทำการประมง ประกอบด้วย อวนจมปู (ร้อยละ 90 ของชาวประมง) อวนกุ้งสามชั้น (ร้อยละ 20 ของชาวประมง) และอวนลอยปลาเห็ดโคน ปลากะบอก (ร้อยละ 10 ของชาวประมง) แต่จะมีเครื่องมือที่กำหนดขนาดตาอวนตามพระราชกำหนดการประมง พุทธศักราช 2558 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ทำให้ชาวประมงต้องปรับเปลี่ยนเครื่องมือไปทำประมงอวนปูมากกว่าทุกปี (Table 1)

Table 1 Seasonal calendar of Nong Samed village, Prachuap Khiri Khan Province

	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.
Season		rainy						Winter			summer	
Monsoons	Southwest				Northeast						-	
Fishing gears												
1. Crab gill net	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Maximum (50-80 kg) range:						↔	↔					
Minimum (3-5 kg) range:	↔	↔									↔	↔
2. Shrimp trammel net	↔	↔	↔					↔	↔	↔	↔	↔
Maximum (20-50 kg) range:											↔	↔
Minimum (2-3 kg) range:		↔	↔	↔								
3. Silver sillago net and Other	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Maximum (40-50 kg) range:					↔	↔						
Minimum (1-5 kg) range:										↔	↔	↔

2.2 บ้านราษฎร์บำรุง ตำบลบางมะพร้าว จังหวัดชุมพร ทิศเหนือของหมู่บ้านติดคลองจมูกโพรงที่ใช้สำหรับจอดเรือประมง บริเวณทะเลชายฝั่งมีกองหินใต้ทะเลขนาดใหญ่กินพื้นที่กว่า 500 ไร่ กองหินที่สำคัญได้แก่ กองหินทุ่นกลางอ่าว กองหินดินสอ กองหินจมูกโพรง และกองหินปากน้ำ กลุ่มชาวประมงในตำบลบางมะพร้าวใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงเพื่อเป็นอาหารและสร้างรายได้ในครัวเรือน แหล่งทำการประมงส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่อ่าวมะพร้าว (Figure 1 B.) มีทั้งเรือหางยาวขนาดเล็กและเรือวางท้องที่มีขนาดเรือไม่เกิน 10 ตันกรอส ความยาวเรือประมาณ 8-15 เมตร เครื่องมือประมงที่ชาวประมงใช้มีหลายชนิดหมุนเวียนตามฤดูกาลของสัตว์น้ำ (Table 2) เครื่องมือหลักที่พบมากที่สุดเทียบจากจำนวนชาวประมง คือ อวนลอยปลาทู (ร้อยละ 30) รองลงมา คือ ลอบหมึกหอม (ร้อยละ 30) อวนจมปู (ร้อยละ 15) และอวนลอยปลาเห็ดโคน (ร้อยละ 45) โดยชาวประมงเดิมทำประมงครอบหมึกกล้วย แต่ตามข้อกฎหมายพระราชกำหนดการประมง พุทธศักราช 2558 และ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติมที่กำหนดให้ทำประมงห่างจากชายฝั่งทะเล (3 ไมล์ทะเล) รวมทั้งปริมาณหมึกกล้วยที่เคยอาศัยแนวชายฝั่งและตามแนวกองหินลดปริมาณลง ส่งผลให้ชาวประมงบางส่วนต้องปรับเปลี่ยนเครื่องมือไปทำประมงอวนปูเพิ่มมากขึ้นอีกเท่าตัว โดยมีแรงจูงใจด้านราคาปูที่สูงขึ้นมากเป็นส่วนสนับสนุน (เดิมราคาปูม้า 100-150 บาท/กิโลกรัม ปรับเป็น 200-250 บาท/กิโลกรัม)

Table 2 Seasonal calendar of Rad Bumrung village, Chumphon Province

	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.
Season		Rainy						winter			summer	
Monsoons	Southwest				Northeast						Empty space	
Fishing gears												
1. Crab gill net	←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→
Maximum (30-40 kg) range:						←	→					
Minimum (1-2 kg) range:	—	→									←	—
2. Indo-Pacific mackerel gill net		←	→					←	—	—	—	→
Maximum (40-50 kg) range:											←	→
Minimum (0-3 kg) range:		←	—	→								
3. Squid trap	—	—	—	—	→				←	—	—	—
Maximum (70-100 kg) range:										←	—	→
Minimum (10-15 kg) range:			←	—	→							
4. Silver sillago gill net	←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→
Maximum (40-50 kg) range:					←	→						
Minimum (3-8 kg) range:									←	—	—	→

2.3 บ้านเกาะยาง ตำบลคันธุลี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทิศเหนือของชุมชนติดปากคลองพานคอด และทิศใต้ติดปากคลองคันธุลีที่ใช้ในการจอดเรือประมง ชาวบ้านมีการนำทรัพยากรประมงมาใช้ประโยชน์ทั้งเป็นแหล่งอาหารและแหล่งรายได้ ชาวบ้านเกาะยางเป็นประมงขนาดเล็ก พื้นที่ทำประมงอยู่หน้าบ้าน (Figure 1 D.) ลักษณะเรือในหมู่บ้านส่วนใหญ่เป็นเรือหางยาวขนาด 6-10 เมตร น้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 5 ตันกรอส มีเพียงชาวประมงส่วนน้อยที่ใช้เรือไฟเบอร์ขนาดเล็ก (ร้อยละ 10) ชาวประมงใช้เครื่องมือ 2-3 ชนิดในรอบปีขึ้นกับสัตว์น้ำที่ปรากฏ (Table 3) เครื่องมือประมงหลักที่ชาวประมงใช้ คือ อวนจมปู (ร้อยละ 90) รองลงมา คือ ลอบปูม้าแบบพับได้ (ร้อยละ 40) ลอบหมึกหอม (ร้อยละ 30) และ ลอบหมึกสาย (ร้อยละ 5) อนึ่ง อวนจมปูเป็นเครื่องมือที่ชาวบ้านใช้กันมาแต่เดิม อย่างไรก็ตามในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมามีแนวโน้มที่จะใช้ลอบหมึกสายมากขึ้น เนื่องจากปริมาณการจับปูม้าลดลงอย่างมาก

Table 3 Seasonal calendar of Koh Yang village, Surat Thani Province

	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fab.	Mar.	Apr.
Season		rainy						Winter			summer	
Monsoons	Southwest				Northeast						Empty space	
Fishing gears												
1. Crab gill net	—	—	—	—	—	—	→				←	—
Maximum (50-70 kg) range:						←	→					
Minimum (0-5 kg) range:	→										←	—
2. Collapsible crab trap	—	—	—	—	—	→					←	—
Maximum (30-50 kg) range:				←	→							
Minimum (3-8 kg) range:						←	→					
3. Squid trap	—	—	—	—	→				←	—	—	—
Maximum (100-120 kg) range:										←	—	→
Minimum (10-15 kg) range:		←	—	—	→							
4. Octopus trap	—	—	—	—	—	—	→			←	—	—
Maximum (120-150 kg) range:				←	—	→						
Minimum (15-20 kg) range:										←	—	→

การดำรงชีพของประมงพื้นบ้านต้องพึ่งพิงทรัพยากรสัตว์น้ำซึ่งเป็นแหล่งที่มาของอาหารและรายได้ โดยแต่ละพื้นที่มีการใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำที่แตกต่างกันตามลักษณะของพื้นที่และฤดูกาล บ้านหนองเสม็ด และบ้านเกาะยางมีการใช้ประโยชน์จากปูม้าเป็นหลักด้วยสภาพพื้นที่ทางทะเลที่เอื้อกับการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของปูม้า แตกต่างจากชาวประมงในบ้านราษฎร์บำรุงที่ส่วนใหญ่ทำการประมงอวนลอยปลาและหมึกหอม เนื่องจากพื้นที่ชายฝั่งหน้าบ้านและใกล้เคียงเป็นกองหิน ข้อน่าสังเกต คือ ผลจากการประกาศกฎหมายห้ามใช้เครื่องมือประมงบางประเภท เช่น อวนปลาหลังเขียว ปลาอกแร ทำให้ชาวประมงที่มีเครื่องมือที่ถูกควบคุมหันมาทำประมงปูม้าเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ทรัพยากรปูม้าแนวโน้มลดลงมาก รวมทั้งปัญหาของคุณภาพน้ำชายฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งขึ้น แต่ในทางกลับกันบ้านบ้านราษฎร์บำรุง หรือชุมชนจมูกโพรงกลางอ่าวมีการปรับเปลี่ยนเครื่องมือจากครอบหมึกกล้วย (ปั่นไฟ) เป็นการทำประมอวนปูเพิ่มขึ้นในรูปแบบของการร่วมลงแรงประมง คือ เจ้าของเรือมีอวนจมปู 40 ผืน และผู้ร่วมทำประมง 2 ราย มีอวนจมปู 20 ผืน/คน (ลูกน้องไม่มีการจ่ายค่าแรง แต่ใช้เรือร่วม และใช้แรงงานในการทิ้งอวนและกู้อวนร่วม) รวมเรือ 1 ลำ มีอวนจมปู 80 ผืน ทั้งนี้เพื่อการลดค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนของค่าน้ำมันและค่าแรงงานในการออกไปทำการประมง 1 เที่ยว

3. สถานการณ์ปัญหา ความเปราะบาง และแนวทางการขับเคลื่อนการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของชุมชนประมงพื้นบ้าน

ผลจากการดำรงชีพของชาวประมงพื้นบ้านที่พึ่งพิงทรัพยากรประมงชายฝั่งเป็นหลัก ชุมชนประมงพื้นบ้านจึงมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบได้ง่ายเมื่อเกิดปัญหากับทรัพยากรประมงชายฝั่ง สภาพปัญหา การแก้ไขปัญหาและการขับเคลื่อนเพื่อการดำรงชีพของแต่ละชุมชน มีดังนี้

3.1 บ้านหนองเสม็ด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ การเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรที่มีแนวโน้มลดลงเป็นปัญหาหลักที่ทำให้รายได้ลดลง ปัญหารองลงมา คือ การประกาศพื้นที่เกาะทะลุเป็นเขตอุทยาน ทำให้ชาวประมงไม่สามารถเข้าไปทำประมงในพื้นที่ดังกล่าวได้ เพื่อลดปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการลดลงของทรัพยากรสัตว์น้ำ บ้านหนองเสม็ดที่พึ่งพิงทรัพยากรปูม้าเป็นหลัก คือการให้ความสำคัญกับการฟื้นฟูทรัพยากรปูม้า โดยการตั้งกลุ่มธนาคารปูม้า และมีการตั้งกฎกติการ่วมกัน เช่น การห้ามทำประมงลอบปูม้า อวนจมปูที่ใช้ต้องมีตาอวน 4 นิ้ว การสร้างความร่วมมือในการบริจาคแม่ปูไข่นอกกระดองให้กับธนาคารปูม้า เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพึ่งพิงทรัพยากรปูม้าเพียงอย่างเดียวจะทำให้เกิดความเสี่ยงสูงขึ้น ดังนั้นชาวประมงบ้านหนองเสม็ดจึงส่งเสริมกิจกรรมการอนุรักษ์อื่น ๆ เพื่อให้ทรัพยากรหน้าบ้านเกิดความสมบูรณ์ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมทิ้งซั้ง การสร้างบ้านปลา การอนุรักษ์ป่าชายเลนและสร้างจิตสำนึกในกับเยาวชนในท้องถิ่นให้รู้รักษ์บ้านเกิด เป็นต้น การพัฒนาของชุมชนประมงพื้นบ้านมีการดำเนินการที่ต่อเนื่องมากกว่า 20 ปี ชุมชนมีความเข้าใจและรับรู้การทำงานของภาครัฐ การพัฒนาของบ้านหนองเสม็ดมีเงินทุนในการช่วยเหลือชาวประมงพื้นบ้านหากเกิดเหตุที่ไม่คาดคิด และกองทุนในการกู้ยืมเพื่อประกอบอาชีพอีกด้วย บ้านหนองเสม็ดอยู่ในเครือข่ายประมงพื้นบ้านอ่าวบางสะพานน้อยมีการร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรชายฝั่งทะเล รวมถึงการเป็นปากเสียงให้กับชาวประมงพื้นบ้านผ่านผู้นำชุมชนในการมีส่วนร่วมกำหนดทิศทางของนโยบายและมาตรการของภาครัฐในการสร้างความยั่งยืนให้กับทรัพยากรชายฝั่งทะเล

3.2 บ้านราษฎร์บำรุง ปัญหาหลัก คือ ปัญหาทรัพยากรสัตว์น้ำลดลง จนทำให้ชาวประมงพื้นบ้านทำมาหากินลำบาก บางครัวเรือนต้องเลิกทำประมง เพราะทำไปมีแต่ขาดทุนและสร้างหนี้เพิ่มขึ้น ปัญหารองลงมา

คือความขัดแย้งกับประมงพาณิชย์ที่เข้ามาทำประมงในเขตชายฝั่ง โดยเฉพาะกลุ่มเรืออวนล้อม และเรืออวนลาก ส่วนปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ การแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ การเคลื่อนตัวของหาดทรายที่มาปิดปากคลอง แนวทางการดำรงชีพอย่างยั่งยืนของบ้านราษฎร์บำรุง คือ การสร้างความหลากหลายในการสร้างรายได้ในชุมชน เนื่องจากชาวประมงพื้นบ้านมีการดำรงชีพที่พึ่งพิงทรัพยากรชายฝั่งทะเลเพียงอย่างเดียว ผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงส่งผลโดยต่อชาวประมงพื้นบ้าน เมื่อเกิดปัญหากับทรัพยากรประมงชายฝั่ง การสร้างภูมิคุ้มกันตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงจึงมีความสำคัญในรูปของกองทุนสำหรับชาวประมงพื้นบ้าน เพื่อช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เมื่อถึงคราวจำเป็น พร้อมทั้งสร้างอาชีพเสริมอื่น ๆ ให้คนในชุมชนเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น ส่วนในท้องถิ่นยังมีเครือข่ายที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนนั้นคือ เครือข่ายชุมชนประมงต้นแบบอ่าวบางมะพร้าว การสนับสนุนจากรัฐที่มีเป้าหมายให้ชาวประมงมีเงินในการสร้างทางเลือกของอาชีพ เงินช่วยเหลือเมื่อเกิดเหตุไม่คาดคิดขึ้น และสร้างระบบการจัดการประมงชายฝั่งด้วยชาวประมงพื้นบ้านเอง รวมถึงการมีส่วนร่วมที่จะอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรประมงชายฝั่งให้เกิดความยั่งยืน และตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรในบริเวณชุมชนชายฝั่ง รูปแบบการดำเนินงานคือการจัดทำธนาคารปู การจัดทำซั้งเพื่อรวมฝูงปลา ทำให้ชาวประมงสามารถตกปลาอินทรีย์ในซั้ง การจัดทำแปลงหอยแมลงภู่เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจกรรมส่วนรวม ซึ่งผลที่ได้คือการจับปลาดุกทะเลในแปลงหอย แต่ด้วยข้อจำกัดที่ชุมชนเกิดปัญหา คือ การได้รับการสนับสนุนทางการเงินส่งผลให้หนี้ภาคครัวเรือนเพิ่มมากขึ้น และปริมาณผลผลิตที่ได้จากกการทำประมงลดลง แต่ราคาสัตว์น้ำต่อหน่วย มีการเพิ่มสูงขึ้น การปรับเปลี่ยนในช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมา คือ การรับจ้างทั้งด้านเกษตรกรรรม และการหันไปประกอบอาชีพอื่น แต่ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2560 สถานการณ์การทำประมงมีแนวโน้มดีขึ้น ชาวประมงเข้าใจต่อสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน และไม่สามารถคาดการณ์ได้ ทางเลือกของชุมชนคือการร่วมกันฟื้นฟูแหล่งทำการประมง การรรวมกลุ่มในการต่อรองแหล่งทำการประมงชายฝั่งทะเลระหว่างเรือพื้นบ้านและเรือประมงพาณิชย์ โดยการใช้ความร่วมมือในรูปองค์กรประมงท้องถิ่นที่มีสมาชิกประมงพื้นบ้านในกลุ่มตำบลบางมะพร้าว มีการจัดการด้านหนี้สินภาคครัวเรือน และการเล่นการพนันให้ลดลงอย่างชัดเจน รวมทั้งการกำหนดแนวทางเพื่อการจำหน่ายสัตว์น้ำไปสู่แหล่งผู้บริโภคโดยตรง ได้แก่ ร้านอาหาร การจำหน่ายให้แก่นักท่องเที่ยว และการจำหน่ายให้ผู้บริโภคโดยตรง เพื่อลดช่องว่างทางการตลาด (ไม่ผ่านแพ/หรือพ่อค้าคนกลาง) อันจะเป็นการเพิ่มขึ้นของราคาสัตว์น้ำให้แก่ชาวประมง

3.3 บ้านเกาะยาง ปัญหาหลัก คือ การลดลงของทรัพยากรประมงเช่นกัน และปัญหานี้ยังถูกสนับสนุนให้เพิ่มความรุนแรงมากขึ้นจากปัญหาการบุกรุกพื้นที่ชายฝั่งเพื่อการสร้างพี่พักสำหรับการท่องเที่ยว ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง แนวทรายเปลี่ยนทิศทาง ส่งผลกระทบต่อพื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ลดลงขณะที่ต้นทุนในการทำประมงเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ฤดูกาลคลาดเคลื่อนและแปรปรวนยากต่อการคาดเดา รวมถึงปัญหานโยบายการพัฒนาชนบทของภาครัฐ ไม่สอดคล้องกับสภาพชุมชนและคนในชุมชน โครงการในชุมชนจึงทำได้ในช่วงแรกและเลิกทำเพราะขาดความรู้ในการบริหารจัดการ งบประมาณ รวมถึงการไม่ติดตามผลงานของภาครัฐหลังจากโครงการเกิดขึ้น ชาวบ้านเกาะยางจำเป็นที่ต้องหาแนวทางที่จะสร้างภูมิคุ้มกันให้กับตัวเองโดยการทำให้ทรัพยากรประมงเพิ่มขึ้นส่วนหนึ่งอาศัยความช่วยเหลือจากภาครัฐในรูปแบบของโครงการต่าง ๆ เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการทรัพยากรประมงชายฝั่ง เช่น โครงการธนาคารปูไข่ การปลูกปะการัง การทิ้งซั้ง นอกจากนี้ ชาวบ้านเกาะยางให้ความสำคัญกับการออม ผ่านกลุ่มออมทรัพย์สัจจะที่มีความเข้มแข็ง เพื่อรองรับกับความเสี่ยงหรือ

เหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดในอนาคต สำหรับทุนทางสังคมที่ช่วยสนับสนุนการทำกิจกรรม คือ เครือข่ายอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรประมงตำบลคันธุลี ซึ่งเกิดจากความร่วมมือของหมู่บ้านชายฝั่งทะเล 4 หมู่บ้าน คือ หมู่ 1 หมู่ 2 หมู่ 6 และหมู่ 11

ปัญหาที่ชุมชนประมงพื้นบ้านทั้ง 3 พื้นที่ประสบเหมือนกัน คือ การลดลงของทรัพยากรประมง โดยเฉพาะทรัพยากรปูม้าซึ่งเป็นทรัพยากรประมงหลัก และทรัพยากรหมึกกล้วยที่พบในทุกพื้นที่ ปัญหาการลดลงของทรัพยากรส่งผลต่อรายได้ในการดำรงชีพของชาวประมงและ แต่ละชุมชนจึงได้มีการแก้ไขปัญหาเพื่อหาทางออกในลักษณะของการจัดกิจกรรมอนุรักษ์โดยสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน เช่น การทำธนาคารปูม้า การจัดตั้งกฎกติกาในการใช้ประโยชน์สัตว์น้ำ เช่น การห้ามใช้ลอบปูม้าพับได้ แต่ใช้อวนจมปูขนาดตาอวน 4 นิ้วขึ้นไป ทั้งนี้สอดคล้องกับข้อกฎหมายที่รัฐกำหนด นอกจากนั้นการสร้างเครือข่ายระหว่างชุมชน เพื่อแก้ปัญหาที่มีระดับใหญ่ขึ้น เช่น ปัญหาเรือประมงพาณิชย์เข้ามาทำประมงในพื้นที่ชายฝั่ง สำหรับปัญหาที่เกิดจากการกำหนดกฎระเบียบของภาครัฐ โดยเฉพาะข้อจำกัดของชาวประมงพื้นบ้านในการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร นอกจากนั้นความรู้ความเข้าใจต่อบทบาทหน้าที่ขององค์กรชุมชนประมงท้องถิ่นและคณะกรรมการประมงประจำจังหวัดยังคงเป็นข้อจำกัด การเพิ่มความรู้เกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ ข้อกฎหมายที่กำหนด และการร่วมกันในสังคมประมงที่จะช่วยให้เกิดการดูแลและแก้ไขปัญหาการประมงในระดับท้องถิ่น เพื่อให้ชาวประมงสามารถดำรงชีพได้อย่างยั่งยืน

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ชุมชนประมงพื้นบ้านในพื้นที่บ้านหนองเสม็ด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บ้านราษฎร์บำรุง จังหวัดชุมพร และบ้านเกาะยาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นพื้นที่อ่าวไทยตอนกลางที่มีการพึ่งพิงทรัพยากรประมงในการดำรงชีพทั้งเพื่อเป็นแหล่งอาหารและสร้างรายได้ ทรัพยากรประมงหลัก คือ ปูม้า (กำลังจะกระทบจากการเพิ่มจำนวนชาวประมงที่ใช้เครื่องมืออวนจมปูม้า) และหมึกกล้วย (ลดลงในช่วง 1-2 ที่ผ่านมา ทำให้ลดการลงแรงประมงในการทำประมงอวนครอบหมึกปั่นไฟ รวมทั้งการกำหนดของกฎหมายใหม่) เพิ่มข้อบังคับในเครื่องมือบางประเภท เช่น ลอบปูม้ากำหนดขนาดตาอวนโดยรอบของลอบ อวนลอยที่กำหนดขนาดตาอวน ชุมชนใช้ประโยชน์ปูม้ามาก คือ ชุมชนบ้านหนองเสม็ดและชุมชนบ้านเกาะยาง และชุมชนบ้านราษฎร์บำรุงใช้ประโยชน์กลุ่มปลาและหมึกกล้วย ปัจจุบันเริ่มทำประมงปูม้าเพิ่มมากขึ้น ปัญหาเหล่านี้ เกิดจากความไม่แน่นอนของทรัพยากร การไม่มีเอกสารสิทธิ์เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและการประกอบอาชีพ ปัญหาที่เกิดจาก พ.ร.ก. 2558 คือ การห้ามเครื่องมือประมงบางชนิดที่มีขนาดตาเล็กกว่า 2.5 เซนติเมตร เช่น อวนลอยปลาอกแร อวนลอยปลาหลังเขียว ส่งผลให้ทางเลือกทางอาชีพและการใช้เครื่องมือประมงลดลง ผลที่ชาวประมงดูแลและจัดทำธนาคารปูม้า ทำให้การคงอยู่ของทรัพยากรเกิดมากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันชาวประมงจากกลุ่มเครื่องมืออื่นเริ่มสนใจและเพิ่มเครื่องมืออวนจมปูมากขึ้น ทำให้ปริมาณปูม้าลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการกำหนดทิศทางและการแก้ไขปัญหาการดำรงชีพของชุมชนจึงต้องหันกลับมาพึ่งพิงตนเองในการคิด ทำ และแก้ปัญหา ภายในชุมชน แนวทางที่เหมาะสมคือการรับรู้สถานการณ์ได้ทันท่วงที การวิเคราะห์ร่วมกันของกลุ่มชาวประมงในการปรับเปลี่ยนและควบคุมการทำประมงให้อยู่ในรูปของการจัดการร่วม ภายใต้หลักวิชาการและความรู้ของชาวประมง ซึ่งช่องทางการสร้างการมีส่วนร่วมที่เป็นรูปธรรม คือ การจัดตั้งองค์กรชุมชนประมงท้องถิ่น การเข้าไปเป็นตัวแทนของคณะกรรมการประมงประจำจังหวัด แม้ปัจจุบันความรู้ความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ยังเป็นช่องว่างอยู่บ้าง แต่สิ่งที่เห็นชัดเจน คือ ชาวประมง

พร้อมจะเข้าไปร่วมขับเคลื่อนและดูแลรักษา ฟื้นฟูทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องรองบประมาณของรัฐอย่างที่เคยเกิดขึ้นในอดีต แนวทางหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุนทุนทางสังคมของชาวประมงพื้นบ้านให้มีความเข้มแข็ง คือ การร่วมกันกระตุ้นหรือผลักดันให้ทุกคนรับรู้ทั้งหลักคิดและการทำงานร่วม การเสริมสร้างผู้นำในชุมชน การสะท้อนปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยยึดหลักทรัพยากรเป็นหลักมากกว่ายึดประโยชน์แห่งตน ข้อจำกัดที่ชาวประมงกังวลใจ คือ ข้อจำกัดในการกำหนดด้านการตลาด ที่จะส่งผลต่อรายได้ของชาวประมง ความเปราะบางของวิถีการดำรงชีพที่ต้องพึ่งพาธรรมชาติที่มีความไม่แน่นอนเพิ่มมากขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม แต่หากชุมชนรับรู้และเริ่มค้นหาทางเลือกในการสร้างความยั่งยืนให้เกิดขึ้นให้กับอาชีพชาวประมง จะส่งผลให้การดำรงชีพของชาวประมงยั่งยืนและเกิดประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้นำชุมชนและชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานีทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือ และการสละเวลาในการให้ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2551. **ยุทธศาสตร์การจัดการป้องกันและปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: บริษัท พลอยมีเดีย จำกัด.

กรมประมง. 2559. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2557**. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ธีราพร ทวีธรรมเจริญ. 2553. **การเรียนรู้วิถีชุมชนจากแนวคิดในทฤษฎีโครงสร้างทางสังคมและทฤษฎีชุมชน.** วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. ปีที่ 30. ฉบับที่ 1. หน้า 104-116.

บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และคณะ. 2550. **การจัดการทรัพยากรชีวิภาพกับการใช้แนวคิดการอาศัยซึ่งกันและกัน**. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อาแว มะแส. 2558. **การส่งเสริมการดำรงชีพอย่างยั่งยืนในชนบท ด้วยการพัฒนาบนฐานชุมชน.** วารสารพัฒนาสังคม. คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. ปีที่ 17.

Jame R. Mcgoodwin. 2001. **Understanding the Cultures of Fishing Communities: A Key to Fisheries Management and Food Security**. FAO Fisheries Technical Paper. No.401: P 8-13. Rome, FAO.

อัตราการจับ และองค์ประกอบของสัตว์น้ำตามฤดูกาล จากการทำประมงอวนครอบปลากะตักบริเวณชายฝั่ง จังหวัดนราธิวาส

Seasonal Catch Rate and Species Compositions of Anchovy Falling Net Fishery According to Around the Coastal Area of Narathiwat Province

ปัทมา เจะมะ[1*] อนุกรณ์ บุตรสันติ์[1] และ เมธี แก้วเนิน[2]

Pattama Cha-ma[1*], Anukorn Boutson[1] and Methee Kaewnern[2]

บทคัดย่อ

อวนครอบปลากะตักเป็นเครื่องมือประมงหนึ่งที่สำคัญของจังหวัดนราธิวาส การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิด อัตราการจับ และองค์ประกอบของสัตว์น้ำจากอวนครอบฯ ชายฝั่งนราธิวาสในฤดูต่างๆ โดยสำรวจลงเรือร่วมกับชาวประมง 1 คน ในเดือน เมษายน (ฤดูร้อน) สิงหาคม (ฤดูฝน) พฤศจิกายน (ฤดูหนาว) 2559 เก็บข้อมูลผลการจับเดือนละ3ครั้ง พบจำนวนสัตว์น้ำทั้งหมด 14 ชนิด เป็นปลากะตัก 5 ชนิด มีอัตราการจับเฉลี่ยในเดือนเมษายน. สิงหาคม และ พฤศจิกายน เป็น 1,636.6, 1,511.6 และ 2,076.7 กก./วัน ตามลำดับ องค์ประกอบของสัตว์น้ำก็แตกต่างกันตามฤดู พบกลุ่มปลากะตักเฉลี่ยร้อยละ 94.7โดยน้ำหนัก ชนิดที่พบมากสุดคือ *Encrasicholina heteroloba* ร้อยละ 55.2 รองลงมาคือ *E. Punctifer* และ *E.devisi* ร้อยละ 30.1 และ4.3 ตามลำดับ พบสัตว์น้ำอื่นๆร้อยละ 5.3 ชนิด พบมากสุดคือ *Sardinella* sp.และ *Selaroides leptolepis* ร้อยละ1.4และ1.2ผลการศึกษานี้พบองค์ประกอบสัตว์น้ำอื่นๆในทุกฤดูเพียงเล็กน้อยและมีการนำไปใช้ประโยชน์ แสดงให้เห็นว่าอวนครอบปลากะตักที่ใช้แสงไฟล่อไม่ทำทำลายสัตว์น้ำวัยอ่อนมากนักอย่างที่เป็นที่โจษจัน

ABSTRACT

Anchovy falling net is an importance fishing gear in Narathiwat province. This study aimed to find out the catch species, catch rate and compositions from the gear around Narathiwat coastal by onboard surveys with a fisherman. The data were collected in April (summer), August (rainy) and November (winter) 2016, tree time/month Fourteen species were found in total, 5 species were anchovy. Average catch rates in April, August and November were 1,673.6, 1,511.6 and 2,076.7 kg/day respectively. The catch compositions were also different according to the season. The anchovies were composed average of 94.7% by weight which the *Encrasicholina heteroloba* was the highest, composed of 55.2%. *E. punctifer* and *E. devisi* were the 2[nd] and 3[rd], composed of 30.1, 4.3 respectively. The other species were found of 5.3 % which *Sardinella* sp. and *Selaroides leptolepis* were dominant, composed of 1.4 and 1.2 respectively. These results showed that anchovy falling net did not much destroy the other economic important aquatic species since those were little composed in every season and utilized.

Key Words: anchovy, catch, catch compositions, falling net, season

*Corresponding author; email address: **patnaka_p.k@hotmail.com**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Dep. of Marine Science, Fac. of Fisheries,, Kasetsart University

[2]ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]Dep. of Fishery Management, Fac. of Fisheries,, Kasetsart University

คำนำ

อวนครอบปลากะตัก (Anchovy falling net) หรืออวนมุ้งปลากะตัก เป็นเครื่องมือประมงที่มีลักษณะเหมือนอวนครอบหมึก แต่ใช้อวนขนาดตาเล็กกว่า รวมทั้งปรับปรุงไฟหรี่ให้เป็นแบบรวมกลุ่ม และเทคนิคการหรี่ไฟใหม่ ต่างจากการหรี่ไฟไดหมึก ได้เริ่มใช้กันมากขึ้นเนื่องจากจับปลากะตักได้ผลดี (กรมประมง, 2540)

ปลากะตักเป็นทรัพยากรปลาผิวน้ำขนาดเล็ก เป็นปลาทะเลชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในวงศ์ Engraulidae มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย มีชื่อเรียกตามท้องถิ่น เช่น ปลาไส้ตัน หัวอ่อน กล้วย เก๋ย มะลิ ไม้ไผ่ จิ้งจั้ง ยิ่งเกี๊ยะ สายไหม ข้าวสาร บูร่า เป็นต้น สำหรับปลากะตักขนาดเล็กนิยมเรียกว่า ปลาข้าวสาร หรือปลาสายไหม กินแพลงก์ตอนพืช และสัตว์เป็นอาหาร อาศัยอยู่ผิวน้ำเป็นปลาที่รวมกันเป็นฝูงโดยพบเป็นจำนวนมากระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมของทุกปี พฤติกรรมการรวมฝูงของปลากะตักอยู่ที่ช่วงเวลา 03.00-05.00 น. จะมีการวางไข่ได้ตลอดปี (ศูนย์พัฒนาประมงทะเลชายฝั่งอันดามัน, 2539)

ในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 มีความต้องการปลากะตักเพิ่มมากขึ้นทำให้ในปี พ.ศ. 2517 ชาวประมงจึงพยายามพัฒนาเครื่องมือ และวิธีการจับปลากะตักแบบใช้แสงไฟล่อ เนื่องจากปลาผิวน้ำหลายชนิดชอบแสงไฟทำให้สามารถจับฝูงปลาได้ดี ต่อมาในปีพ.ศ. 2524 มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมน้ำปลา ทำให้ความต้องการวัตถุดิบโดยเฉพาะปลากะตักมีมากขึ้น เนื่องจากปลากะตักเป็นปลาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก ย่อยง่าย และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ชาวประมงจึงได้มีการพัฒนาวิธีการประมงปลากะตักให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการขยายขนาดเรือ ความยาวอวน ใช้แสงไฟล่อ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์หาฝูงปลา เช่น เอคโค ซาวเดอร์ และโซน่าร์ ทำให้ชาวประมงสามารถทำการประมงห่างฝั่งมากขึ้น และสามารถเคลื่อนย้ายเรือไปทำการประมงในเขตจังหวัดอื่นๆ ตามฤดูของลมมรสุม(กองประมงทะเล, 2542)

ปลากะตักเป็นปลาเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก จึงมีการนำปลาชนิดนี้มาใช้เป็นวัตถุดิบอย่างดีในการทำน้ำปลา น้ำบูดู และปลาป่น ปลาต้มแห้ง เป็นต้น ปัจจุบันความต้องการปลากะตักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการส่งออกผลิตภัณฑ์น้ำปลา และปลากะตักต้มตากแห้งไปต่างประเทศ ประกอบกับตลาดภายในประเทศก็มีความต้องการมากขึ้น แต่สังเกตได้ว่าปริมาณการจับปลากะตักในประเทศไทยลดลงทุกปีตั้งแต่ปี 2552-2557 เท่ากับ 144,732, 138,643, 142,834, 129,382, 116,710 และ 97,865 ตัน ตามลำดับ (สถิติประมง, 2557)

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการประมงปลากะตักเกิดปัญหาเกี่ยวกับการจับสัตว์น้ำเกินขนาด การประมงผิดกฎหมาย การใช้เครื่องมือแบบทำลายล้าง และการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการจับปลา การจับปลาวิธีเหล่านี้ได้ทำลายทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากไม่เพียงแค่ล่อฝูงปลากะตักเพียงอย่างเดียว แต่จะมีสัตว์น้ำเศรษฐกิจวัยอ่อนชนิดอื่นติดมากับอวนด้วย

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทราบถึง อัตราการจับ และองค์ประกอบของสัตว์น้ำจากแหล่งประมงบริเวณชายฝั่งนราธิวาสในฤดูต่างๆ โดยคาดหวังจะเป็นข้อมูลและเป็นการศึกษาเบื้องต้นก่อให้เกิดประโยชน์แก่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมประมง เพื่อนำผลการศึกษา หรือผลงานวิจัยที่ได้ไปพิจารณา ปรับปรุง หาแนวทางในการแก้ปัญหา และกำหนดหลักเกณฑ์ในด้านการประมง และการจัดการตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือประมงชนิดนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยั่งยืนแก่ทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลของไทยต่อไปในอนาคต ทั้งนี้อวนครอบปลากะตักเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ได้รับการ

โจษจัน และมักถูกกล่าวหาอยู่เสมอว่าเป็นเครื่องมือประมงที่ทำลายสัตว์น้ำวัยอ่อน ส่วนหนึ่งของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อพิสูจน์ว่าเรื่องดังกล่าวเป็นจริงหรือไม่อย่างไร

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาอวนครอบปลากะตักของชาวประมงบริเวณชายฝั่งจังหวัดนราธิวาส โดยทำการสำรวจจากชาวประมงจำนวน 1 ท่าน แหล่งทำประมงอยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 7-14 ไมล์ทะเล (Figure 1)

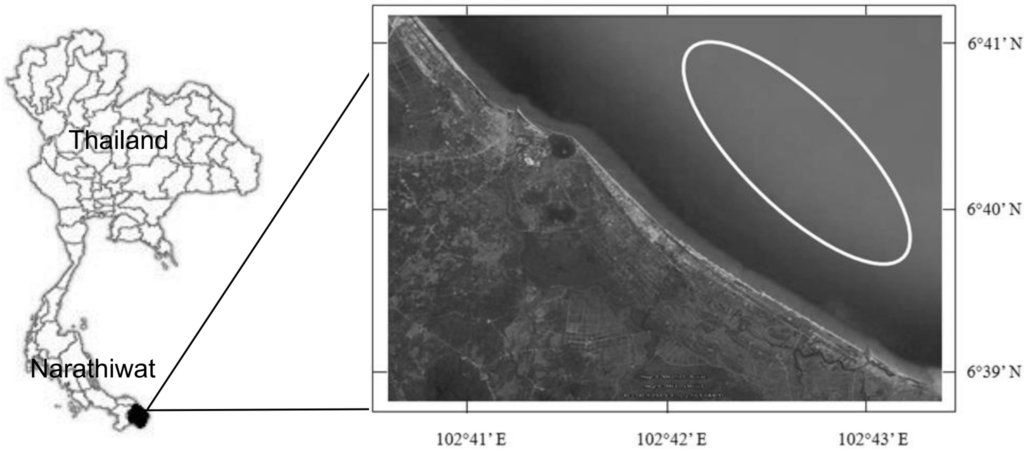


Figure 1 Study sites around the coastal Area, Narathiwat Province (GPS tracking)

อุปกรณ์

1. เรือประมง ขนาดความยาวประมาณ 19.80 เมตร เครื่องยนต์กลางลำยี่ห้อคัมมิน การ์ดเนอร์ ฮีโน่ หรืออีเค กำลังเครื่อง 315 แรงม้า
2. อวนครอบปลากะตัก
3. เครื่องบอกพิกัดแบบพกพา Garmin รุ่น eTrex 30
4. ไม้บรรทัด
5. เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์น้ำ
6. สมุดจดบันทึก
7. หลอดไฟฮาโลเจนสีเขียว 175 วัตต์ 30 ดวง, ไฟสปอร์ตไลท์ 500 วัตต์ 20 ดวง, หลอดแสงจันทร์ 175 วัตต์ 31 ดวง

วิธีการศึกษา

1. ออกสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลการทำการประมงอวนครอบปลากะตักปั่นไฟ 3 ฤดู กรมอุตุนิยมวิทยา (2559) โดยฤดูร้อน (เมษายน)ช่วงเปลี่ยนฤดู ฤดูฝน (สิงหาคม) ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน)ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีรายละเอียดการปฏิบัติดังนี้

- ลงเรือกับชาวประมงเพื่อเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ จำนวน 1 ลำ โดยเก็บฤดูละ 1 เดือน เดือนละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 วัน
- สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำที่ได้จากเรืออวนครอบปลากะตักปั่นไฟร้อยละ 10 ของปริมาณการจับทั้งหมด ปลาที่ทำการสุ่มนำมาแยกองค์ประกอบชนิด และชั่งน้ำหนักรวมของสัตว์น้ำแต่ละชนิด
- เครื่องบอกพิกัดแบบพกพา Garmin รุ่น eTrex 30 เพื่อบันทึกแหล่งทำประมง (GPS Tracking)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณอัตราการจับสัตว์น้ำมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวัน ตามสมการดังนี้ (ปิยะโชคและคณะ, 2555) เมื่อ

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ci}{\sum_{i=1}^{n} Di}$$

CR = อัตราการจับหน่วยเป็น (กิโลกรัมต่อวัน)

C = ปริมาณการจับของเรือลำที่ i (กิโลกรัม)

D = จำนวนวันทำประมงของเรือลำที่ i (วัน)

n = จำนวนเรือที่สุ่มตัวอย่าง

2. วิเคราะห์หาองค์ประกอบของสัตว์น้ำในรูปของร้อยละของกลุ่มสัตว์น้ำ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสัตว์น้ำที่ได้จากการประมงอวนครอบปลากะตัก บริเวณชายฝั่งจังหวัดนราธิวาสที่แบ่งตามฤดูกาล ในเดือน เมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2559 พบว่ามีจำนวนชนิดของสัตว์ทั้งหมด 14 ชนิด เป็น ปลากะตักทั้งหมด 5 ชนิด สัตว์น้ำอื่นๆที่ไม่ใช่ปลากะตักทั้งหมด 9 ชนิด พบในแหล่งประมงที่ได้แสดงดังรูปภาพที่ 1 (Figure 1) โดยอัตราการจับปลากะตักเฉลี่ย 3 ฤดู เท่ากับ 1,746.6 กิโลกรัมต่อวันที่ทำการประมง และมีอัตราการจับแต่ละฤดูตาม Table 1

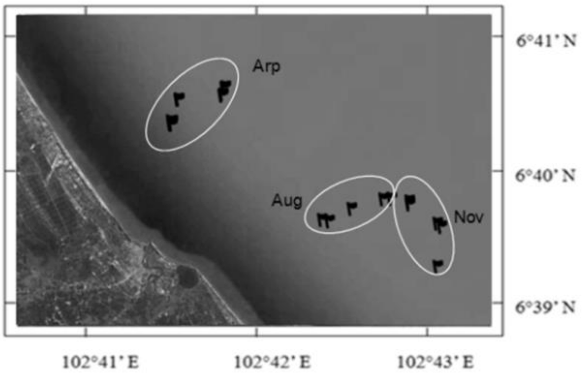


Figure 1 GPS tracking of Anchovy falling net in fishing ground

Table1 The Catch rate (kg/day) of Anchovy falling net on April, August and November 2016

Month	Catch (kg/day)
April (summer)	1,636.6
August (rainy)	1,511.6
November (winter)	2,076.6
Average	**1741.6**

องค์ประกอบของสัตว์น้ำที่ได้จากการทำประมงอวนครอบปลากะตักโดยส่วนใหญ่ พบว่าเป็นกลุ่มปลากะตัก ปลาเศรษฐกิจ และหมึก โดยคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 94.7, 4.8 และ 0.5 ตามลำดับ (Figure 2) โดยมีรายละเอียดองค์ประกอบของสัตว์น้ำดังนี้

ปลากะตักร้อยละโดยน้ำหนัก 94.7 ชนิดที่พบมากคือ *Encrasicholina heteroloba* คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 55.2 รองลงมาคือ *E. punctifer*, *E. devisi*, *Stolephorus* sp. และปลาสายไหม(small anchovy) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 30.1, 4.3, 4.2 และ 0.9 ตามลำดับ (Table 2)

สัตว์ชนิดอื่นๆ พบปลาเศรษฐกิจ มากที่สุดร้อยละ 4.8 รองลงมา พบ ปลาหมึก ร้อยละโดยน้ำหนัก 0.5 โดยชนิดของปลาเศรษฐกิจที่พบมากที่สุด คือ ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.) รองลงมา ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) ,ปลาสีกุนบั้ง (*Atule mate*), ปลาทู-ลัง (*Rastrelliger* sp.), ปลาทู (*R. brachysoma*) และปลาสีเสียด (*Scomberoides lysan*) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 1.4, 1.2, 0.5, 0.4, 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบแต่ละชนิดในแต่ละเดือนตาม (Table 2)

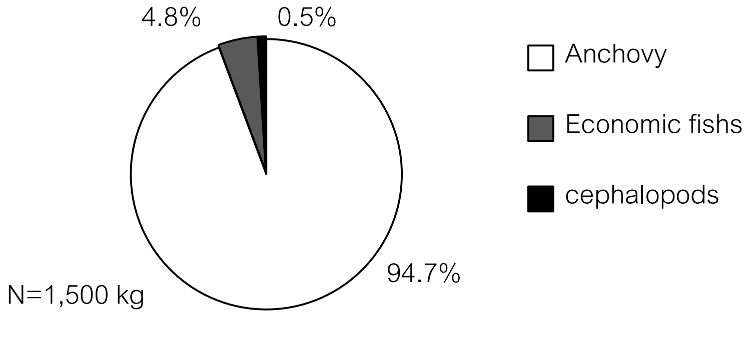


Figure 2 The Catch compositions (% by weight) of Anchovy Falling Net, surveyed on on April, August and November 2016

Table 2 The compositions (% by weight) of Anchovy falling net on April, August and November 2016

Species	Month			
	April	August	November	% by Wt.
Encrasicholina heteroloba	49.4	55.6	60.4	55.2
E. punctifer	35.6	27.6	27	30.1

Table 2 (Continued)

Species	Month			
	April	August	November	% by Wt.
E. devisi	9.2	3.8	-	4.3
Stolephorus sp.	3.2	5.8	3.6	4.2
small anchovy	-	-	2.8	0.9
Sardinella sp.	0.4	2.6	1.2	1.4
Selaroides leptolepis	0.4	1.6	1.6	1.2
Gazza minuta	0.4	1.0	0.8	0.7
Atule mate	0.4	-	1.0	0.5
Rastrelliger sp.	0.4	0.8	-	0.4
R. brachysoma	0.2	0.6	-	0.3
Scomberoides lysan	-	-	0.8	0.2
Scomberomorus sp.	0.4	-	-	0.1
cephalopods	-	0.6	0.8	0.5
total	100	100	100	100

จากการศึกษาการทำประมงอวนครอบปลากะตักขนาดกลางบริเวณชายฝั่งจังหวัดนราธิวาส พบว่ามีจำนวนชนิดของสัตว์ทั้งหมด 14 ชนิด โดยอัตราการจับปลากะตักเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ฤดูเท่ากับ1,673.6 กิโลกรัม/วัน มีอัตราการจับสูงสุดในเดือน พฤศจิกายน (ฤดูหนาว) เท่ากับ 2,076.6 กิโลกรัม/วัน รองลงมาเดือน เมษายน (ฤดูร้อน) และเดือน สิงหาคม (ฤดูฝน) เท่ากับ 1,636.6 และ 1,511.6 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนพรัตน์ และพัชรี (2548) พบว่าการประมงอวนครอบปลากะตักปั่นไฟขนาดกลางมีอัตราการจับ 500-2,700 กิโลกรัม/วัน/ลำ และโดยจะมีค่าสูงในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อพิจารณาอัตราการจับในแต่ละฤดูกาล พบอัตราการจับสูงในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีคลื่นลมแรง และมีอัตราการจับต่ำสุดในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อาจคาดได้ว่าฤดูกาลไม่มีผลต่อการจับสัตว์ เนื่องจากถึงแม้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงลมมรสุม แต่มีค่าอัตราการจับที่สูง เท่ากับ 2,076.6 กิโลกรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบแหล่งทำการประมงทั้ง 3 แหล่ง พบว่า ในแต่ละฤดูมีแหล่งทำการประมงที่แตกต่างกัน โดยแหล่งทำประมง เดือนพฤศจิกายน มีอัตราการจับมากที่สุด แต่องค์ประกอบของชนิดสัตว์น้ำทั้ง 3 แหล่งไม่แตกต่างกัน

องค์ประกอบของสัตว์น้ำที่จับได้โดยส่วนใหญ่พบว่าร้อยละโดยน้ำหนัก 94.7 เป็นกลุ่มปลากะตัก ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Encrasicholina heteroloba* รองลงมาคือ *E. punctifer*, *E. devisi*, *Stolephorus* sp. และปลาสายไหม(small anchovy) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 55.2, 30.1, 4.3, 4.2 และ 0.9 ตามลำดับ (Table2) สอดคล้องกับการศึกษาการประเมินสภาวะทรัพยากรปลากะตักในอ่าวไทยของจินดา และคณะ (2557) พบว่าเครื่องมืออวนครอบปลากะตักปั่นไฟความยาวเรือมากกว่า 14 เมตร มีอัตราการจับปลากะตัก 3 ชนิด คือ *E. heteroloba*, *E. punctifer* และ*E. devisi* เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของแต่ละเดือนที่แบ่งตามฤดูกาล พบว่าในเดือนเมษายน (ฤดูร้อน) มีอัตราการจับปลากะตักสูงสุด สอดคล้องกับการศึกษาของนิรชา และคณะ(2550) ซึ่ง

พบว่า ปลากะตักวัยอ่อน มีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่ง และไข่ปลากะตักชุกชุมมากบริเวณนอกชายฝั่งจังหวัดนราธิวาสในเดือน กุมภาพันธ์ จึงคาดว่าแหล่งประมงบริเวณดังกล่าวอาจเป็นแหล่งวางไข่ของปลากะตัก เนื่องจากการศึกษาของ Delsman(1931) พบว่าไข่ปลากะตักชนิด *Stolephorus* sp. จะฟักเป็นตัวใช้เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และอัตราการเจริญเติบโตในระยะวัยอ่อนสูงมาก สามารถเจริญเติบโตได้ถึง 30 มิลลิเมตร โดยใช้เวลา 56 วัน และสอดคล้องกับการศึกษาของประภา (2539) พบว่าปลากะตัก *E. heteroloba* มีการวางไข่ตลอดทั้งปี แต่มีการวางไข่สูงสองช่วง คือ ช่วงแรก เดือน มิถุนายน-กันยายน และช่วงที่สอง เดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ และสอดคล้องกับการศึกษาของไพโรจน์ (2533) พบมีการแพร่กระจายของไข่ปลากะตักทุกเดือนในบริเวณอ่าวไทย แต่พบหนาแน่น 2 ช่วงคือ ระหว่าง มีนาคมถึงเมษายน และกรกฎาคมถึงกันยายน

สัตว์น้ำอื่นๆที่ไม่ใช่ปลากะตักที่จับได้ โดยพบปลาเศรษฐกิจมากที่สุดคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 4.8 รองลงมาพบหมึก ร้อยละโดยน้ำหนัก 0.5 โดยปลาเศรษฐกิจที่พบมากที่สุด คือ ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 1.4 รองลงมาปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 1.2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของไพโรจน์ (2533) พบว่า มีอัตราการจับปลากะตักในบริเวณอ่าวไทยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ90ของปริมาณปลาทั้งหมด และชนิดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ปลาทูลัง, ปลาหลังเขียว, ปลาสีกุน เป็นต้น เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสัตว์น้ำที่จับได้ พบว่า มีอัตราการจับคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 5.3 สัตว์น้ำชนิดอื่นๆที่ติดมากับอวนโดยส่วนใหญ่เป็นปลาผิวน้ำ ซึ่งลักษณะการทำประมงอวนครอบปลากะตักปั่นไฟ ใช้ไฟในการรวมฝูง เมื่อเจอฝูงปลากะตัก จะทำการครอบปลาทำให้สัตว์น้ำชนิดอื่นๆที่อยู่รวมกับปลากะตักติดมาด้วย จึงเป็นที่โจษจันว่าการประมงปลากะตักเป็นการทำลายสัตว์น้ำวัยอ่อน (Greenpeace, 2558; มูลนิธิโลกเขียว, 2560) แต่อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำอื่นๆที่จับได้มีปริมาณที่น้อย จากการสำรวจ และสัมภาษณ์ชาวประมง พบว่า ปลากะตัก และสัตว์น้ำอื่นๆที่ปะปนมาจะขายปลาให้กับโรงงานปลาต้ม และน้ำบูดู ส่วนปลาเศรษฐกิจขนาดใหญ่ชาวประมงจะทำการคัดแยกเพื่อนำไปขายในท้องตลาด ซึ่งมีราคาสูงกว่าขายรวมกับปลากะตัก ดังนั้นสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมดขายได้ในราคาแพง และจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด แต่จากการศึกษาครั้งนี้ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าไม่น่าจะเป็นเครื่องมือที่ทำลายสัตว์น้ำวัยอ่อน เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นปลากะตัก และประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เป็นปลาชนิดอื่น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปลากะตักเป็นปลาที่มีความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันมีการทำประมงปลากะตักน้อย ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจที่จะนำไปศึกษาต่อเกี่ยวกับการปรับขนาดตาอวน วิธีการทำประมงและการใช้แสงไฟที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม และประหยัดพลังงาน เช่น ปรับเปลี่ยนใช้หลอด LED เพื่อก่อให้เกิดรูปแบบการประมงที่ยั่งยืนแก่ทรัพยากรประมงต่อไป ในอนาคต

สรุป

จากการศึกษาการทำประมงอวนครอบปลากะตักขนาดกลางบริเวณชายฝั่งจังหวัดนราธิวาส พบว่ามีจำนวนชนิดของสัตว์ทั้งหมด 14 ชนิด โดยอัตราการจับปลากะตักเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ฤดูเท่ากับ1,673.6 กิโลกรัม/วัน มีอัตราการจับสูงสุดในเดือน พฤศจิกายน (ฤดูหนาว) เท่ากับ 2,076.6 กิโลกรัม/วัน รองลงมาเดือน เมษายน (ฤดูร้อน) และเดือน สิงหาคม (ฤดูหนาว) เท่ากับ 1,636.6 และ 1,511.6 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ องค์ประกอบส่วนใหญ่ พบว่าเป็นปลากะตัก คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 94.7 ชนิดที่พบมากที่สุด *Encrasicholina heteroloba* ร้อยละโดยน้ำหนัก 55.2 และสัตว์น้ำอื่นๆที่ไม่ใช่ปลากะตักคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก 5.3 ชนิดที่พบมากที่สุด คือ ปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp.), ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) และสีกุนบั้ง (*Atule mate*) คิดเป็น

ร้อยละโดยน้ำหนัก 1.4, 1.2 และ 0.5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบสัตว์น้ำที่ได้แต่ละฤดูพบว่า ปลากะตัก *E. heteroloba*, *E. punctifer* และ *Stolephorus* sp. ไม่มีความแตกต่างกัน พบได้ทั้ง 3 ฤดู แต่มีความแตกต่างในปลากะตักชนิด *E. devisi* โดยไม่พบปลาชนิดนี้ในเดือนพฤศจิกายน (ฤดูหนาว) และไม่พบปลาสายไหม (small anchovy) ในเดือนเมษายน (ฤดูร้อน) และ สิงหาคม(ฤดูฝน) และเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของสัตว์น้ำอื่นๆในแต่ละฤดู พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในปลาหลังเขียว (*Sardinella* sp), ปลาข้างเหลือง (*Selaroides leptolepis*) และปลาเขี้ยวแป้น (*Gazza minuta*)

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2540. **สถิติการประมงทะเล 2539 สำรวจโดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง.** เอกสารฉบับที่ 16/2541.กลุ่มสถิติและสารสนเทศการประมง, กองเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 61 หน้า.

กองประมง.2542 **ก.การประมงปลากะตักในน่านน้ำไทย.**เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการนโยบายประมงแห่งชาติ.กองประมงทะเล.กรมประมง.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.80หน้า

กรมประมง. 2556. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2556.** ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2556. **ภูมิอากาศจังหวัดนราธิวาส ปี 2556.** สืบค้นจาก www.marine.tmd.go.th (วันที่ 10 ธันวาคม 2558) .

จินดา เพชรกำเนิด, อำนวย คงพรหม, อัญญานี แย้มรุ่งเรือง และทิวารัตน์ สินอนันต์. 2557. **การประเมินสภาวะทรัพยากรปลากะตักในอ่าวไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2557. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 48 หน้า.

นิรชา สองแก้ว, ธิดารัตน์ คงชัย และอุทิศ โชติธรรมโน. 2550. ความชุกชุมและการแพร่กระจายของไข่ปลาและปลากะตักวัยอ่อนบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.

ปิยะโชค สินอนันต์, ทิวารัตน์ สินอนันต์, ปวโรจน์ นรนาถตระกูล, นันทชัย บุญจร และสุวรรณทนา ทศพรพิทักศน์กุล. 2555. **การประมงปลากะตักในอ่าวไทย**. รายงานวิชาการฉบับที่ 18/2555. สำนักงานวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, กรมประมง. 61 หน้า.

นพรัตน์ นาสุชล, พัชรี พันธุเล่ง. 2548. **การประมงอวนครอบปลากะตักปั่นไฟและชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลากะตักบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2545. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 57 หน้า.

ไพโรจน์ ซ้ายเกลี้ยง. 2533. **ปลากะตักในอ่าวไทย**. รายงานวิชาการฉบับที่ 1/2533. กองประมงทะเล. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 43 หน้า.

มูลนิธิโลกเขียว. 2560. **อวสานปลาเล็กปลาน้อย**. สืบค้นจาก www.greenworld.or.th (วันที่ 23 ธันวาคม 2560)

ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน. 2539. **ชีวประวัติปลากะตัก.** รายงานวิชาการกลุ่มชีวประวัติสัตว์ทะเลกองประมงทะเล กรมประมง

Delsman, H.C. 1931. Fish Eggs and Larva from the Java sea 17. The Genus *Stolephorus*. De Treubia, 13(2):217-243

Greenpeace. 2558. **คำขอร้องจากลูกปลากระตัก "ปลาข้าวสาร-ปลาสายไหม"**. สืบค้นจาก www.greenpeace.org (วันที่ 23 ธันวาคม 2560)

การศึกษาผลกระทบจากเรือจมที่มีต่อคุณภาพน้ำในช่วงฤดูมรสุม กรณีศึกษาเรือจมมัตโพน เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี

Impact of shipwreck on the Water Qualities during the monsoon season: A Case Study: Mattapon shipwreck around Koh Lan, Chon Buri Province

รุจิรา สุขแสงจันทร์[1*] สุชาย วรชนะนันท์[1] ภาสิณี วรชนะนันท์[2] และจิตราภรณ์ ฟักโสภา[1]

Roochira Sukhsangchan[1*], Suchai Worachananant[1], Pasinee Worachananant[2] and Jitraporn Phaksopa[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบจากเรือจมที่มีต่อคุณภาพน้ำในช่วงฤดูมรสุม กรณีศึกษาเรือจมมัตโพน เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างในเดือนกันยายน (ปลายลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และเดือนพฤศจิกายน (ต้นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) พ.ศ. 2559 จำนวน 7 สถานี บริเวณเรือมัตโพน พบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณไนเตรททั้ง 2 เดือนที่ทำการศึกษา และฟอสเฟตในเดือนพฤศจิกายน ที่มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ ในส่วนความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักที่พบสูงที่สุดในน้ำทะเลคือ เหล็ก รองลงมาคือ สังกะสี แมงกานีส และทองแดง ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของปริมาณเหล็ก สังกะสี และทองแดง ที่มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานตามกรมควบคุมมลพิษ ประเภทที่ 4 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการนันทนาการ ซึ่งจากการศึกษาผลกระทบในทั้ง 2 เดือน พบปริมาณไนเตรท และฟอสเฟต มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความเข้มข้นของปริมาณเหล็ก สังกะสี และทองแดงมีค่าแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ABSTRACT

Impact of shipwreck on the water qualities during the monsoon season: A case study: mattapon shipwreck around Koh Lan, Chon Buri Province. Samples were collected in September (southwest monsoon) and November (northeastern monsoon) in 2016 total 7 stations on shipwreck area found the water quality were in the standard. Except for nutrients excluding the amount of nitrate in the two months studied and phosphate in November have value exceeds the standard of the Pollution Control Department. The highest content of heavy metals in seawater was iron. Subordinate was zinc, manganese and copper respectively. The concentration of zinc and copper content exceeds the standard of the Pollution Control Department, Category 4: Sea water quality for recreation. The effect of nitrate and phosphate were not significantly different ($p>0.05$) of significance. The concentration of Iron, zinc and copper at different levels was statistically significant ($p<0.05$).

Key word: Water Quality, Nutrients, Heavy metal, Monsoon, Mattapon Shipwreck

* Corresponding author; e-mail address: **roochira682@gmail.com**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University

[2]ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]Department of Environmental Technology and Management, Faculty of Environment, Kasetsart University

คำนำ

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมภาคบริการที่มีบทบาทสำคัญในระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะนอกจากจะสร้างรายได้โดยมีมูลค่าเป็นอันดับหนึ่งของการค้าบริการรวมของประเทศแล้ว ยังเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดธุรกิจ (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2554) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมกิจกรรมการดำน้ำตื้น และการดำน้ำลึก (Musa and Dimmock (Eds.), 2013) เพื่อดูความสวยงามใต้ท้องทะเล ทำให้จำนวนการเข้ามาทำกิจกรรมของนักท่องเที่ยวมีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้สถานที่ดำน้ำในแต่ละแห่งไม่สามารถรองรับจำนวนนักท่องเที่ยวได้ทั้งหมด ในปัจจุบันจึงมีแนวคิดในการนำวัสดุที่เหลือใช้ อาทิเช่น คอนกรีตรูปแบบต่างๆ รถยนต์ ตู้รถไฟและรถราง เรือเหล็กขนาดใหญ่ แท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ เครื่องบินที่ปลดระวาง รวมถึงยุทโธปกรณ์จากการทหาร เป็นต้น จัดทำเป็นแหล่งปะการังเทียมเพื่อเพิ่มสถานที่ท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยวที่สนใจกิจกรรมทางน้ำได้มาชมสวยงาม และเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตใต้ท้องทะเลอีกด้วย (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551)

จังหวัดชลบุรีเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีการจัดวางปะการังเทียมรูปแบบเรือเหล็กขนาดใหญ่ ได้แก่ เรือมัตโพน เรือกูด และเรือคราม ถูกจัดวางบริเวณเกาะล้าน บริเวณเกาะสาก และบริเวณเกาะไผ่ ตามลำดับ ซึ่งเรือทั้งสามลำเป็นเรือที่ปลดระวางจากกองทัพเรือ ดังนั้นกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจึงมีแนวคิดในการจัดวางเรือเหล็กขนาดใหญ่เพื่อให้เป็นแหล่งการเรียนรู้ใต้ทะเล และเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตใต้ท้องทะเล โดยการจัดวางเรือนี้เน้นการเพิ่มจำนวนของการลงเกาะของปะการัง การเข้ามาอาศัย และหลบภัยของสัตว์น้ำนานาชนิด (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559) จากการศึกษาของ รังสิวุฒิ (2558) พบปลาเข้ามาอยู่อาศัยบริเวณเรือหลวงพระทองทั้งหมด 18 วงศ์ 28 ชนิด ปลากลุ่มเด่นที่พบบริเวณเรือหลวงพระทองส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาที่กินแพลงก์ตอน และรองลงมาได้แก่กลุ่มปลาที่กินพืช คุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญ และมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดูกาล ฤดูมรสุมจึงมีความสำคัญในการศึกษาคุณภาพน้ำ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากเรือจมที่มีต่อคุณภาพน้ำในช่วงฤดูมรสุม โดยแบ่งเป็นคุณภาพน้ำเบื้องต้น ปริมาณธาตุอาหาร และความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนัก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตใต้ท้องทะเล

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

เรือมัตโพน ถูกจัดวางทิศตะวันออกเฉียงใต้บริเวณหน้าหาดนวล เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี อยู่ที่พิกัดละติจูด 12 องศา 53.813 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 47.018 ลิปดาตะวันออก ที่ระดับความลึก 23 เมตร (Figure 1)

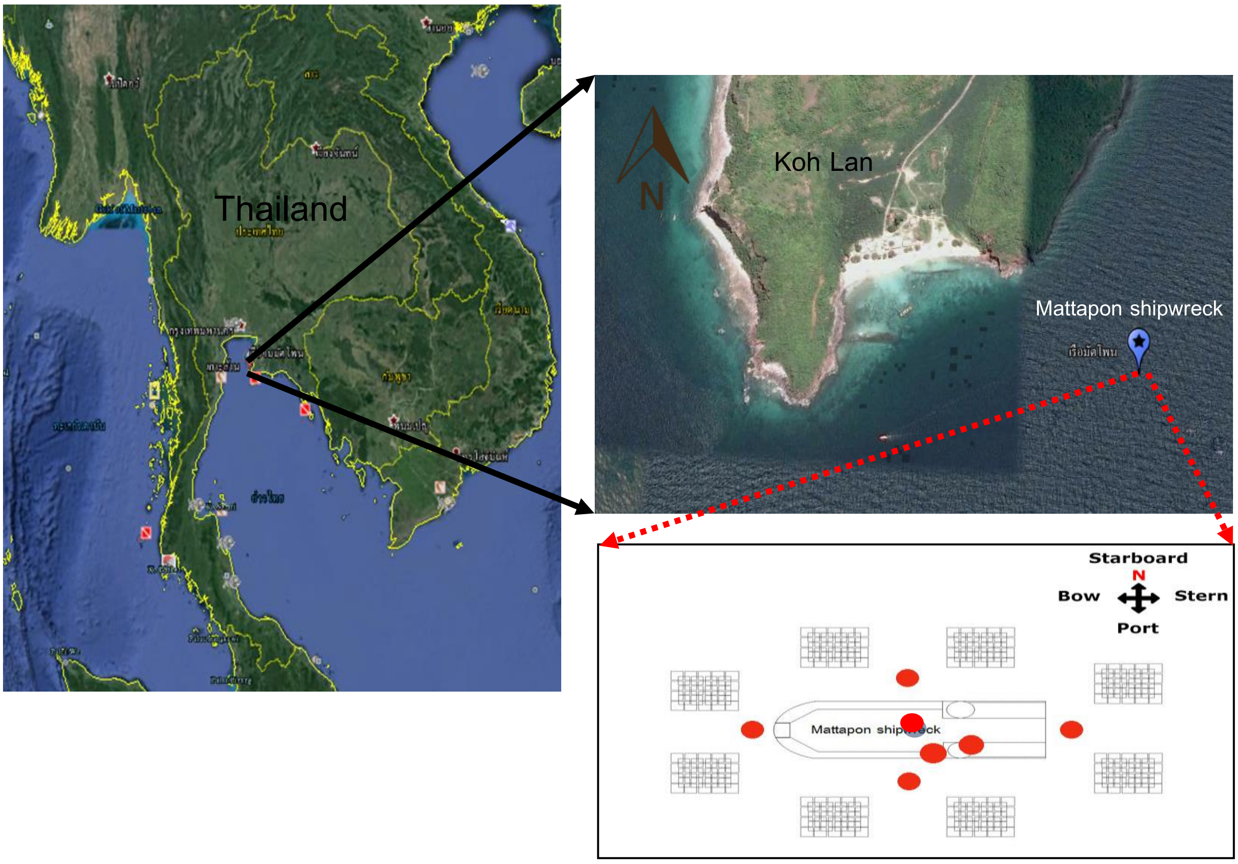


Figure 1 Study sites at Koh Lan, Chon Buri Province (from: googleearth)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แกลลอนเก็บตัวอย่างน้ำ
2. อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำเบื้องต้น
3. ถังอากาศ และอุปกรณ์ดำน้ำลึก

วิธีการ

การเก็บตัวอย่างน้ำใช้วิธีการดำน้ำลึก (SCUBA diving) โดยเก็บบริเวณผิวน้ำ บริเวณพื้นท้องน้ำบริเวณเรือ กลางน้ำสถานีภายในตัวเรือ และนอกตัวเรือ โดยทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ดังใน Table 1

Figure 2 Sample Analysis

Table 1 Parameter, Equipment and Method measurement in area

Parameter	Equipment	Method
Temperature	Thermometer	In situ measurement
Salinity	Refractometer	In situ measurement
pH	Multimeter	In situ measurement
Dissolved Oxygen (DO)	Multimeter	In situ measurement
Conductivity	Multimeter	In situ measurement
Total Dissolved Solid (TDS)	Multimeter	In situ measurement
Total Suspended Solid (TSS)	Water sampling	Gravimetric method
Ammonia	Water sampling	UV-VIS Spectrometer
Nitrite	Water sampling	UV-VIS Spectrometer
Nitrate	Water sampling	UV-VIS Spectrometer
Phosphate	Water sampling	UV-VIS Spectrometer
Heavy Metal	Water sampling	Atomic Absorption Spectrometry (AAS)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษานี้ใช้สถิติในการวิเคราะห์คือ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำในเดือนกันยายน และเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2559 พบว่า คุณภาพน้ำเบื้องต้นมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (Table 2) โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณของแข็งแขวนลอยและค่าการนำไฟฟ้าในเดือนเดือนกันยายนมีค่าต่ำ เพราะมีเกลือละลายในมวลน้ำลดลง เนื่องจากมีสัดส่วนน้ำท่าในน้ำทะเลมากขึ้นในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุขลัคน์ (2550) ที่พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเป็นปฏิภาคโดยตรง กับปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

Table 2 Parameters, Standard and Ranges (Mean±S.D.)

Parameters	Standard	Ranges (Mean±S.D.)	
		September	November
Temperature (°C)	-	29.2-30.00 (29.76±0.34)	29.50-30.60 (30.52±0.31)
Salinity (ppt)	-	30	31
pH	7.0-8.5	7.14-8.19 (7.99±0.42)	8.05-8.12 (8.09±0.03)
Dissolved Oxygen (mg/L)	≥4	6.08-6.83 (6.55±0.27)	7.48-8.02 (7.71±0.20)
Conductivity (ms/cm)	-	9.91-10.48 (10.32±0.21)	19.55-21.50 (20.31±0.71)

Total Dissolved Solid (TDS) (mg/L)	-	5.46-5.84 (5.76±0.15)	10.83-11.8 (11.21±0.37)
Total Suspended Solid (TSS) (mg/L)	-	15.3-20.70 (20.46±3.43)	23.85-31.00 (26.94±2.92)

ND : Not Detected

Standard : Standard Pollution Control Department (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

*Intensity and concentration higher than the standard set by the Pollution Control Department; Category 4: Sea water quality for recreation (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหาร

จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำบริเวณเรือมัตโพน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงที่สุดในเดือนกันยายนคือสถานีภายในตัวเรือ (inside shipwreck) สำหรับปริมาณไนไตรท พบเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน ส่วนปริมาณไนเตรทมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานี พบปริมาณมากในเดือนกันยายนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และปริมาณฟอสเฟตมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานี โดยพบปริมาณมากในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดยกรมควบคุมมลพิษ ประเภทที่ 4 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการนันทนาการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) (Figure 3)

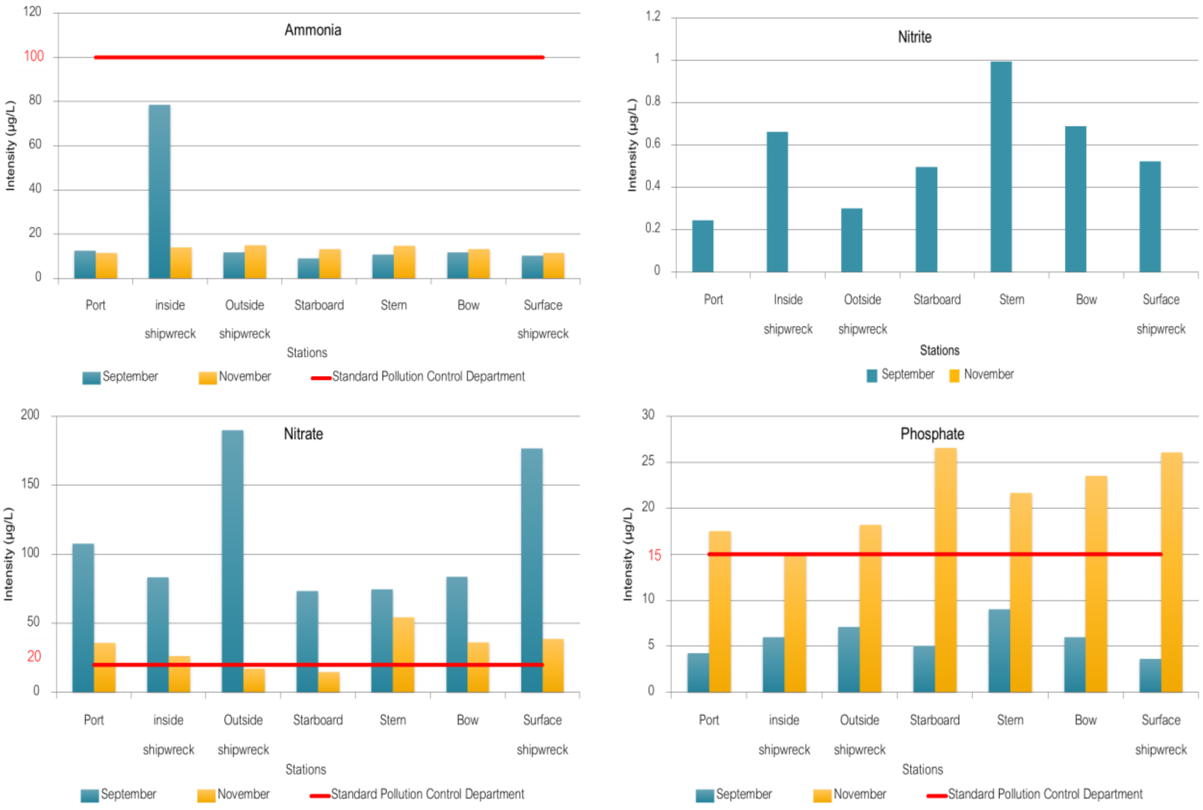


Figure 3 Intensity of nutrients detected around shipwreck

ทั้งนี้ปริมาณแอมโมเนียในทะเลมีแหล่งที่มาจากซากเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตในทะเลที่ตาย รวมทั้งของเสียที่ปล่อยทิ้งมาจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และของเสียที่ถูกขับถ่ายมาจากสิ่งมีชีวิตในทะเลซึ่งจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) นอกจากนี้ยังพบในรูปของเสียที่สัตว์น้ำปล่อยมาโดยตรงพร้อมกับยู

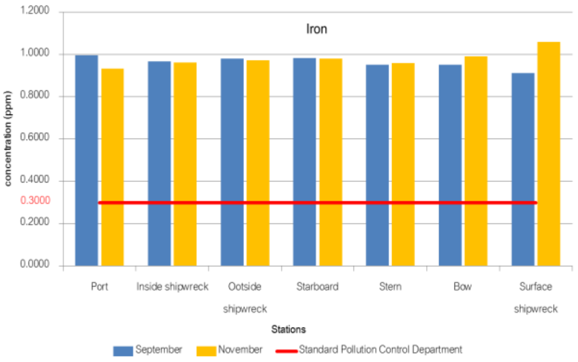
เรีย (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528) โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Nritrifying bacteria จะทำการย่อยสลายแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท และไนเตรทด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ตามลำดับ (พันธุ์ทิพย์, 2558) ทั้งนี้จากการศึกษาพบ ค่าแอมโมเนียบริเวณภายในตัวเรือมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากภายในตัวเรือมีลักษณะเป็นห้องมีช่องทางน้ำเข้าออกเพียงด้านเดียว ทำให้การไหลเวียนของกระแสน้ำไม่สะดวกนัก สำหรับฟอสเฟตเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสในทะเล จะพบว่าฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจากการผุกร่อนของหินเปลือกโลก ซึ่งส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในดินตะกอนในรูปของ Guano และจะมีการหมุนเวียนกลับมาในน้ำทะเลด้วยกระบวนการผุกร่อน (erosion) (Pipkin *et al.*, 2001) สำหรับช่วงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่มีปริมาณฟอสเฟตสูงนั้น เป็นเพราะมีการกวนตะกอนในช่วงต้นฤดูมรสุม โดยสอดคล้องกับปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ

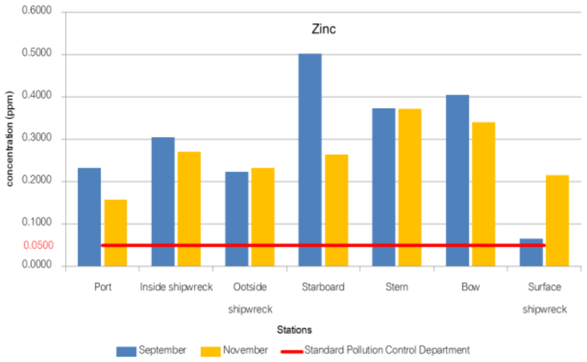
<u>การทดสอบค่าทางสถิติเพื่อทดสอบ One way ANOVA</u>

จากการทดสอบค่าทางสถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณไนเตรท และปริมาณฟอสเฟต พบว่า มีค่า F=17.277 (df=12) และ F=72.663 (df=12) ตามลำดับ การทดสอบความแตกต่างของปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตระหว่างฤดูมรสุม พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p>0.05$ โดยค่าในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตไม่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาปริมาณโลหะหนัก

จากผลการศึกษาความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนัก พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักทั้ง 2 เดือน พบว่า ความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้นของปริมาณเหล็ก สังกะสี และทองแดงมีความเข้มข้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดยกรมควบคุมมลพิษ อันเนื่องมาจากการผุกร่อนของโครงสร้างตัวเรือ และทองแดงในสายไฟในวงจรอิเล็กทรอนิคส์ภายในตัวเรือ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ North (1976) เมื่อเรือเหล็กถูกจมลงสู่ทะเล น้ำทะเลแทรกซึมเข้าไปภายใต้สารเคลือบป้องกัน โลหะจะถูกกัดกร่อนและออกมาผสมในมวลน้ำ ความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักแปรผกผันกับปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ กล่าวคือ โลหะหนักมีความสามารถในการจับกับสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในมวลน้ำ และตกลงสู่พื้นท้องน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักในมวลน้ำมีความเข้มข้นลดลง (Figure 4)





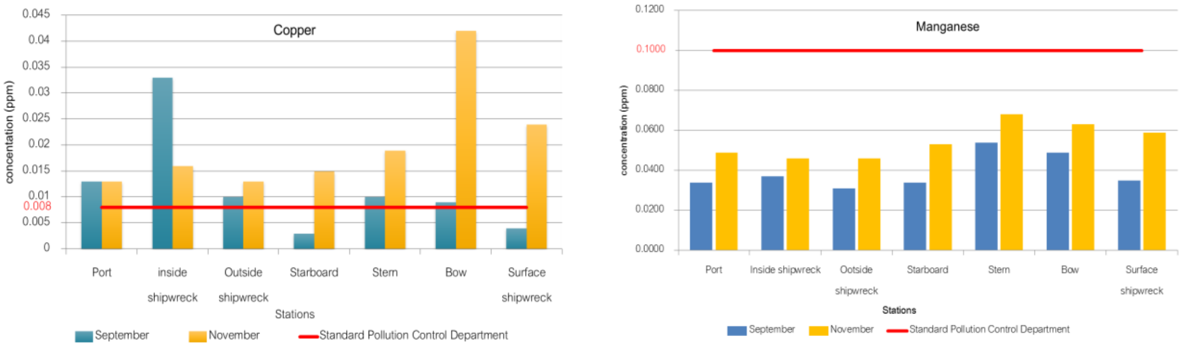


Figure 4 Heavy metal concentrations in seawater detected around shipwreck

<u>การทดสอบค่าทางสถิติเพื่อทดสอบ One way ANOVA</u>

จากการทดสอบค่าทางสถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างความเข้มข้นของปริมารโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส มีค่า F=0.754 (df=12), F=2.483 (df=12), F=0.361 (df=12) และ F=11.401 (df=12) ตามลำดับ ซึ่งการทดสอบความแตกต่างของความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักระหว่างฤดูมรสุม พบว่า ความเข้มข้นของปริมาณเหล็ก สังกะสี และทองแดงมีความแตกต่างกันในระหว่างฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ มีเพียงค่าความเข้มข้นของปริมาณของแมงกานีสมีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p>0.05$

สรุป

ผลการศึกษาผลกระทบจากเรือจมที่มีต่อคุณภาพน้ำในช่วงฤดูมรสุม พบว่า การจัดวางเรือมีผลต่อคุณภาพน้ำ ทั้งนี้การจัดวางเรือมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มแหล่งที่อยู่อาศัยให้แก่สัตว์น้ำ และเป็นการเพิ่มแหล่งดำน้ำให้กับผู้ที่มีความสนใจกิจกรรมดำน้ำลึก เกิดการเข้าใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำในด้านแหล่งที่อยู่อาศัย และการหาอาหาร ซึ่งสัตว์น้ำเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบริเวณเรือ และเมื่อระยะเวลาผ่านไปโครงสร้างของตัวเรือมีการผุกร่อน โลหะจากตัวเรือออกมาผสมในมวลน้ำ ทำให้พบค่าความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักในน้ำเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารบริเวณเรือมัตโพน พบว่า ปริมาณไนเตรททั้ง 2 เดือนการศึกษา และปริมาณฟอสเฟตในเดือนพฤศจิกายน มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ สำหรับความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักในระหว่างฤดูมรสุม ได้แก่ ความเข้มข้นของปริมาณเหล็ก สังกะสี และทองแดง มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน(กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ที่กำหนดไว้โดยกรมควบคุมมลพิษ ประเภทที่ 4 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการนันทนาการ ในส่วนความเข้มข้นของปริมาณตะกั่ว และแคดเมียม ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณความเข้มข้น

ดังนั้นคุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เพราะสิ่งมีชีวิตต้องการอาหาร และปัจจัยทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็มความเป็นกรด-ด่าง รวมถึงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำใช้สำหรับการดำรงชีวิต ซึ่งฤดูมรสุมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ โดยในเดือนกันยายน (ปลายลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) มีปริมาณฝนตกชุกทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารต่างๆ ภายในพื้นที่ศึกษา และเดือน

พฤศจิกายน (ต้นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) ช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างยังคงพบปริมาณของฝนภายในพื้นที่ ทำให้ค่าจากการวิเคราะห์ในทั้งสองฤดูมรสุมมีค่าแต่ละพารามิเตอร์ไม่แตกต่างกันนัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2560. **ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนด มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล**. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 288ง, วันที่ 23 พฤศจิกายน 2560.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2551. **องค์ความรู้ปะการังเทียมของประเทศไทย**. เอกสารเผยแพร่ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับที่ 31. 249 หน้า.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2559. **โครงการติดตามการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ปะการังเทียมแหล่งท่องเที่ยวดำน้ำเรือมัตโพน จ.ชลบุรี (ครั้งที่ 2)**. สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรุงเทพฯ.

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2554. **แผนพัฒนาการท่องเที่ยวและกีฬา (พ.ศ.2555-2559)**. กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, กรุงเทพฯ.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์. 2558. **สมุทรศาสตร์เคมี** (พิมพ์ครั้งที่ 12). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 115 น.

รังสิวุฒิ แก้วแสง. 2558. **ความหลากชนิดของปลาที่พบบริเวณเรือหลวงพระทอง และพื้นที่ใกล้เคียงจังหวัดพังงา**. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุขลัคน์ นาเนครังสรรค์. 2550. **คู่มือปฏิบัติงาน การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. สำนักงานวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน, นนทบุรี.

Musa, G., & Dimmock, K. (Eds.). 2013. Scuba diving tourism (Vol. 40). Routledge.

North, N. A. 1976. The formation of coral concretions on marine iron. Int. J. Nautical Archaeol. Underw. Explorat. 5, 253–258.

Pipkin, B.W., D.S. Gorsline, R.E. Casey, D.A. Dunn and S.A. Schellenberg. 2001. Laboratory Exercises in Oceanography: Third edition. W.H. Freeman and Company New York.

Culture of Juvenile Yellow Seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker 1852

Len, Y.W.[1,3*], Christianus, A.[1,2], Worachananant, S.[3], Nimitkul, S.[4], Dokkaew, S.[4] and Muta Harah, Z.[2]

ABSTRACT

Seahorse (*Hippocampus spp.*) population has been considerably affected by over exploitation either for ornamental fish trades or Traditional Chinese Medicine industry. Establishment of seahorse aquaculture is crucial to achieve both sustainable and conservation goals by providing an alternative source of seahorse hence reducing the dependence on wild capture seahorse. The availability of suitable diet will contribute to the breeding success and larval rearing of seahorse. To date, only certain seahorse species were bred in captivity for ornamental trades. Main reason faced in seahorse aquaculture is on the diet for these seahorses, specifically the nutritional requirement of different stages, feeding behaviour related between size of diet with preference and feeding quantity in a culture system. In addition, the water quality can also be one of the causal factors of mortality in seahorse culture. Therefore, the main objective of this study was to determine the effect of enriched *Artemia* on the growth and survival of the juvenile seahorse. Several studies showed that different kind of *Artemia* enrichment can improve the growth and survival of juvenile seahorse. In this study, the newborn seahorse, *Hippocampus kuda* were able to ingest *Artemia* nauplii and by the end of the culture period showed high survival. Water quality parameters (pH, dissolved oxygen, temperature, and salinity) determined showed the tolerance range for the juvenile seahorses.

Keyword : *Hippocampus kuda*, diet, enrichment, larval rearing

*Corresponding author; email address: jaslyw@gmail.com

[1]Institute of Bioscience, Universiti Putra Malaysia

[2]Faculty of Agriculture,, Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia

[3]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

[4]Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

INTRODUCTION

Seahorse, *Hippocampus* spp., has been receiving the mass attention lately due to the report on declining catch rates. *Hippocampus kuda* (Bleeker, 1852) also known as the common seahorse, spotted seahorse, estuary seahorse and yellow seahorse is widely distributed throughout the tropical Indo-Pacific region. Nine species of seahorses found in the coastal waters of Malaysia which are *Hippocampus barbouri, H. comes, H. kelloggi, H. histrix, H. spinosissimus, H. trimaculatus, H. kuda*, *H. barbiganti, and H. denise* (Choo & Liew, 2003). Whereas in Thailand, six species were reported except for *H. barbiganti*, *H. denise* and *H. barbouri*. Often confusion in the identification of all these species. However through comprehensive research on their morphological differences and habitat, these seahorses can be differentiated with ease. Whereby a wide variety species from the genus *Hippocampus* have been documented well, particularly on their different morphological characteristics. Sexual characteristics of seahorses is specifically unique. The male will choose a compatible female to mate. During mating, the female will transfer the eggs into male brood pouch and fertilization will occur inside this pouch. This is the time the male become “pregnant”.

Since 2004, Thailand, the biggest seahorse exporting country in the world has agreed to collaborate with the Project Seahorse and the department of Fisheries to determine the status of seahorse population in Thai waters with a goal to ensure the sustainability of its wild population. (Project seahorse, Investigating the Thai seahorse trade, 2014). All seahorse species are controlled under the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES). Countries signing this international agreement will not leave any impact on the wild population by exports (Perry *et al*., 2010). However, seahorse with its an unusual characteristic and outstanding variation of colours is one of the most traded ornamental species in the world (Koldewey and Martin-Smith, 2010). The ever increasing demand for dried seahorse by Traditional Chinese Medicine practitioners and the impact of environmental pollution on the seahorse natural habitat, resulted in the declined of the wild populations. In order to eliminate the possibility of seahorse facing extinction in the coming years, seahorse aquaculture has been introduced in the early 1990`s. Success in aquaculture either food fish or ornamental fish has of lessen impacts on wild population, providing juvenile and marketable size fish all year round. Thus, seahorse aquaculture has the great potential to achieve the goals for both long term sustainability and conservation (Murugan *et al*., 2009). Since the introduction of seahorse aquaculture, there was considerable expansion of number and size of aquaculture operations and number of species in cultured. However problems arise in the effort to establish seahorse culture, mass mortality at the juvenile stage. Most likely due to two main factors, first, no established technique for the culture of

juvenile seahorse (Wilson *et al*., 2000; Planas *et al*., 2008), second, the availability of suitable feed for the early stage, quantity and nutritional value of the diet (Sheng et al., 2006). The nutritional requirement of different stages of seahorse needs to be determined, in addition to the environmental requirements (Verreth, 1994) for the successful culture of juvenile seahorse. Adequate nutrition at first feeding is vital to ensure good growth and survival of the fish. Seahorse are primarily visual carnivorous thus their culture mainly depend on live prey, specifically *Artemia*. Due to the ease of usage and availability as compared to others zooplankton like copepod and rotifer. which Juvenile seahorse need to spend more time and effort to capture small sized prey like copepod and rotifer. However, *Artemia* nauplii, 1-2 days after hatched will become less nutritious for seahorse juveniles. Therefore there is a need of further research to enrich this *Artemia* to be used as feed to improve the growth and survival of seahorse juveniles. In this study the main objective were to compare the growth and survival of seahorse juveniles fed with *Artemia* given different enrichment and to determine the number of *Artemia* nauplii consumed by the growing seahorse juveniles.

MATERIALS AND METHOD

Experimental study on the feeding of new born and juvenile *Hippocampus kuda* was conducted at Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Acquisition and maintenance of *Hippocampus kuda* broodstock

Mature *H. kuda* broodstocks were sourced from various locations in Thailand. Broodstocks were quarantined upon arrival to ensure good health condition of the broodstock before being used for breeding. Broodstocks were then transferred to conditioning tank (L35XW35XH60) cm, equipped with filtration system and seasoned BioBall for two weeks. Seahorses were fed three times daily (0800, 1200, 1600) with mix diet of freshwater shrimp and adult *Artemia*. Size selection of shrimp was carried out to ensure they can be consumed by the seahorse. Excess feed and excretion were removed 1 hour after feeding to avoid the accumulation of organic loading which may give rise to bacterial population. Water change of 20% was carried out weekly. Courtship and mating behaviour was observed and noted. Male seahorse was observed with bulging pouch was then transferred into nursing tank.

Production of newly born seahorse

The average number of offspring produce by seahorse varies according to species. The number varies from 20-1000 offspring per batch. *H. kuda* can lays up to 1000 miniature seahorse at one time. An adult seahorse begin reproductive cycle with a with vivid displayed of courtship behavior

which define as dancing, switching colour and tangling tails (Lourie *et al*., 2003). Once eggs were successfully transferred into the male brood pouch, fertilization occurs. In the broodpouch, males provide oxygen and nourishment for the developing embryo from the placenta (Foster *et al*., 2003). Male seahorse showed the symptom of abdominal contraction just before it starts to give birth. Gestation period for *H. Kuda* normally between 20-28 days (Lourie *et al*., 2004). Miniature seahorse is released in nursing tank which is equipped with undergravel with sand bed and hang-on filter. New born seahorses were able to ingest newly hatched *Artemia* nauplii. Freshly hatched nauplii were prepared daily by hatching *Artemia* cysts in 25 ppt. of sea water with strong aeration at 27-39°C.

Experiment 1

Determination of number of *Artemia* nauplii consumed by juvenile seahorse

This experiment was carried out using different age groups from new born to juvenile stage. Tank measuring (10x10x20cm) WxLxH was prepared with seawater from the rearing tank 1 hour in advance to avoid temperature shock. Experiment was carried out at 09:00 for all age groups. Seven age groups used were 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 days old. Total length of seahorse was taken by using vernier calliper. Ten seahorses with similar total length were placed into the experimental tank. Ten *Artemia* nauplii were siphoned into the experiment tank and observed. Upon finishing the first ten nauplii, another 10 nauplii were added. This was repeated until observed satiation, whereby seahorse no longer show interest to feed on the nauplii. At this stage, total numbers of *Artemia* nauplii consumed was recorded.

Experiment 2

Comparison of effect of varying enrichment of *Artemia* on survival and growth of juvenile seahorse

Juveniles seahorse aged 21 days old was used in this experiment. It was observed that the seahorse became less pelagic and began to settle onto available substrates in the nursing tank. Six experimental tank was prepared in advance complete with hang-on filter is used. Stocking density was 12 juvenile seahorse per tank. In this experiment, *Artemia* instar II (24hrs after hatched) was used since it can ingest enrichment provided in the water column. Two enrichments used were commercial dry marine starter pellet (NRD G8, Inve Aquaculture) and A1 DHA SELCO. The commercial marine pellet starter feed was grinded into powder then dissolved in water, then fed to the nauplii. As for A1 DHA SELCO was fed to *Artemia* nauplii for 3 hrs. The concentration for enrichment was at 0.2/1L of water. Feeding of seahorses were carried out four times daily at 08:00, 11:00, 14:00 and 17:00. During the experimental period, feeding were carried out constantly as seahorse does not have a true stomach, therefore not to leave a big gap period without feeding. Experimental period was for 4 weeks. Total length and weight of seahorse were taken using vernier calliper and microbalance respectively, once in two weeks to avoid injuries to the fragile seahorse.

RESULTS

Experiment 1

An increasing trend was observed for the numbers of *Artemia* consumed by seahorses (Figure 1). The seahorses consumed more *Artemia* as they grow. Result from experiment 1 showed that as the age of the seahorses increase, they numbers of *Artemia* consumed also increased (Table 1). At 3 days after birth the seahorse was able to consume an average of 6-7 *Artemia* nauplii, with maximum numbers of 12 *Artemia*/feeding/seahorse. Upon reaching 42 days after birth the numbers increased to an average of 34-35 *Artemia*/feeding, with maximum numbers of 39 *Artemia*/feeding/seahorse.

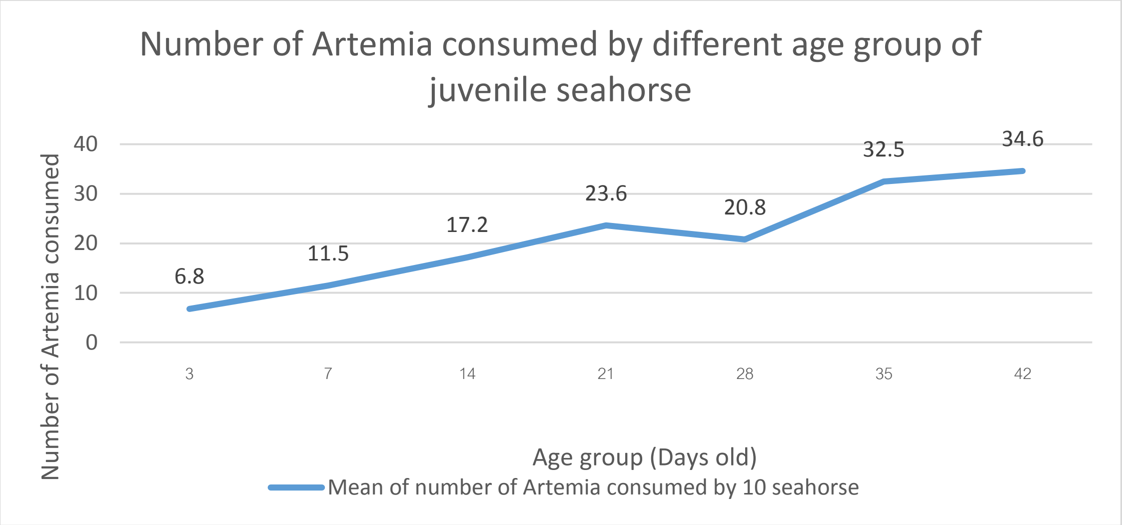


Figure 1: Numbers of *Artemia* consumed by 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 days old seahorses

Table 1: The minimum and maximum number of *Artemia* consumed by juvenile seahorse at different age group with average length

		NUMBER OF *ARTEMIA* CONSUMED	
AGE GROUP(DAYS OLD)	Average length (mm)	Min	Max
3	10.73±3.39	0	12
7	13.25±6.28	0	18
14	19.72±7.24	0	28
21	23.02±7.47	5	33
28	24.77±8.94	0	33
35	29.11±4.53	24	39
42	32.09±3.41	28	39

Experiment 2

Significant difference was not observed on the length (Table 2) and weight (Table 3) of seahorse, cultured from 21 to 49 days old fed with *Artemia* enriched with pellet (A+P) and with A1 DHA Selco (A+SE).

Table 2: Length comparison between juvenile seahorse fed with *Artemia* enriched with pellet (A+P) and *Artemia* enriched with A1 DHA Selco (A+SE)

Age of seahorse (Days old)	Enrichment	Length (mm) Mean ±SD	P (<0.05)
Initial (21)	A+P	22.33±1.17	NS
	A+SE	22.26±1.08	
1st reading (35)	A+P	27.49±4.59	NS
	A+SE	26.68±3.55	
2nd reading (49)	A+P	31.87±5.75	NS
	A+SE	30.96±5.96	

Table 3: Weight comparison between juvenile seahorse fed with *Artemia* enriched with pellet (A+P) and *Artemia* enriched with A1 DHA Selco (A+SE)

Age of seahorse (Days old)	Treatment	Weight (g) Mean ±SD	P (<0.05)
Initial (21)	A+P	0.04±0.01	NS
	A+SE	0.04±0.01	
1st reading (35)	A+P	0.08±0.04	NS
	A+SE	0.08±0.04	
2nd reading (49)	A+P	0.11±0.05	NS
	A+SE	0.12±0.06	

DISCUSSION

First feeding in marine fish larvae is important to ensure the growth and survival of cultured species. In seahorse aquaculture, it becomes a major issue due to the absence of teeth and preying method is through suction by the snout. Therefore the prey size is very important at first feeding (Verreth, 1994). Like all other known seahorses, *Hippocampus kuda* is a slow moving predator and poor swimmers. In the natural seawater, they often remain stagnant by clinging onto substrates like seagrass using their prehensile tails (Lally and Hough, 1999). Teeth are none existence, thus feeding is through their snout and jaws with suction motion, to suck food like a straw (Woods, 2002). Thus making it difficult to ingest prey that are larger than their snout opening (Lourie *et al* 2003). Verreth (1994) stated that the

small size larvae of cultured species requires small size prey. This limitation provides a great challenge. As visual predator, the seahorses are triggers by the movement of live prey. In the wild seahorses feed on plankton and small crustaceans while in culture condition, these seahorse are fed with live *Artemia*, live mysids or combination between both with minced fishmeal. Further knowledge on culture method and nutritional requirements is needed to ensure the growth and survival particularly at early life stage. Seahorses are born looking exactly like their parents, only in miniature size. In the first experiment, new born *H. kuda* up to 42 days old are able to ingest newly hatched *Artemia* nauplii. Unlike other live feeds such as rotifer and copepod, *Artemia* is easily accessible and does not require laborious effort to hatch. New born seahorse showed the shows the reddish or orange coloration of *Artemia* nauplii just below the chest. In this study, it was observed that *H. kuda* can give birth up to 1000 new born at one spawn compare to the 100 new born in *H. barbouri*. The size of new born *H. kuda* is comparatively smaller than *H. barbouri* (Cato and Brown, 2008; Payne, 2003), thus the high numbers of newborn in *H. kuda*. In this study, new born H. kuda commence feeding when they are 3 days old.

In the second experiment, *Artemia* used for feeding seahorses were enriched with marine pellet and SELCO respectively. Studies on the early stage of marine fish shows the high requirement of Highly Unsaturated Fatty Acid (HUFA) in their diet. Woods (2000) stated that the enrichment method on *Artemia* is the best first feeding to support aquaculture production, whereby high concentration of fatty acids, Docosahexaenoic acid (DHA) , Eicosapentaenoic acid (EPA) and Amino acids (AA) can be easily added. This study showed that the growth of seahorses from 21 to 49 days were not affected by the different enrichments. The commercial marine pellet used in this experiment is a starter feed for marine fishes. This was prepared into powder and dissolved into water before being used for enrichment. *Artemia* is a filter feeder, feeds on the dissolved pellet and carries the nutrient from pellet to the seahorse. *Artemia* at instar 2, the stage when alimentary tract is open will feed immediately when placed in enrichment medium (Sorgellos *et al*., 2001) such as dissolved pellet or SELCO. This investigation did not seek to define the exact nutrient component in the enrichment or the specific amount required for the optimal growth and survival of seahorse. Therefore further study need to be carried out for these two aspects. However, this study evidently showed that enrichment using the basic materials are able to achieve similar result in terms of growth and survival. The commercial starter marine pellet used in this study contained 55% protein, and with this noted this might be one of the key factor in sustaining the juvenile seahorse. Similar study conducted by Woods (2003) showed that enrichment with DHA Protein Selco, Super Selco, Algamac-3050 and EPABSF/Spirulina are able to promote good growth and survival of *H. abdominalis* juveniles.

During the experimental period, temperature was between 28 to 30 °C. Survival of the seahorse at the end of the experimental period was between 58 to 83% and 50 to 83% when fed with *Artemia* enriched with marine pellet and SELCO respectively. Ambas (2009) have reported that the seahorse juveniles are able to survive well between temperature of 26-32°C. Experimental work by Garcia et al. (2002) showed that *H. kuda* can survive short term exposure to salinity as low as 15 ppt and as high as 50ppt. The salinity in this study was between 28-34 ppt. Ammonia, nitrate and nitrite levels monitored close to 0 ppt. The pH monitored during the experimental period was between 7.9 and 8.1. This range is within similar range of the pH 7 to 8 reported by Dwiputra (2013) as ideal pH range for the rearing seahorse juveniles. High fluctuation of pH may cause the mortality of aquatic organism (Boyd, 1979), even more for the sensitive seahorse.

CONCLUSION

Based on the findings of this study, it can be concluded that *H. kuda* can be fed with *Artemia* nauplii from birth until 42 days old. Enrichment of *Artemia* are able to sustain the juvenile seahorse until 2 months old, therefore provide solution for the feeding of seahorse juveniles, the main bottleneck in seahorse aquaculture. As for water quality, *H. kuda* juveniles can be reared in 28 to 30 ppt. seawater, with pH range of 7.9 to 8.2, temperature of 27 to 30°C and DO above 3mg/L.

ACKNOWLEDGEMENT

Financial support from SEARCA scholarship was gratefully acknowledged. In addition facilities provided and advice from supervisor from Kasetsart University were gratefully appreciate. Special thanks to staff in Faculty of Fisheries in helping with my research and my family who is giving full support to me.

REFERENCES

Ambas, I. (2009) **Growth and Survival of Seahorse** (*Hippocampus barbouri*) Larvae Reared Under Different Temperature levels.

Cato, J. C., & Brown, C. L. (Eds.). (2008). **Marine ornamental species: collection, culture and conservation**. John Wiley & Sons.

Dwiputra, A. (2013). **Pemeliharaan Juwana Kuda Laut** *(Hippocampus barbouri*, Jordan & Richardson, 1908) Dengan Sistem Resirkulasi.

Hilomen-Garcia, G. V., Delos Reyes, R., & Garcia, C. M. H. (2003). Tolerance of seahorse *Hippocampus kuda* (Bleeker) juveniles to various salinities. **Journal of Applied Ichthyology**, *19*(2), 94-98.

Job, S. D., Do, H. H., Meeuwig, J. J., & Hall, H. J. (2002). Culturing the oceanic seahorse, *Hippocampus kuda*. **Aquaculture**, *214*(1), 333-341.

Koldewey, H. J., & Martin-Smith, K. M. (2010). A global review of seahorse aquaculture. **Aquaculture**, *302*(3), 131-152

Lourie, S. A., & Vincent, A. C. (2004). A marine fish follows Wallace's Line: the phylogeography of the three-spot seahorse (*Hippocampus trimaculatus*, Syngnathidae, Teleostei) in Southeast Asia. **Journal of Biogeography**, *31*(12), 1975-1985.

Murugan, A., Dhanya, S., Sreepada, R. A., Rajagopal, S., & Balasubramanian, T. (2009). Breeding and mass-scale rearing of three spotted seahorse, *Hippocampus trimaculatus* Leach under captive conditions. **Aquaculture**, *290*(1), 87-96.

Martinez-Cardenas, L., & Purser, G. J. (2007). Effect of tank colour on Artemia ingestion, growth and survival in cultured early juvenile pot-bellied seahorses (Hippocampus abdominalis). **Aquaculture**, *264*(1), 92-100.

Payne, M. F., & Rippingale, R. J. (2000). Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched *Artemi*a. **Aquaculture**, *188*(3), 353-361.

Payne, M. F. (2003). Rearing the coral seahorse, Hippocampus barbouri, on live and inert prey. **Marine Ornamental Species: Collection, Culture & Conservation**, 289-296.

Perry, A. L., Lunn, K. E., & Vincent, A. C. (2010). Fisheries, large-scale trade, and conservation of seahorses in Malaysia and Thailand. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, *20*(4), 464-475.

Planas, M., & Cunha, I. (1999). Larviculture of marine fish: problems and perspectives. **Aquaculture**, *177*(1), 171-190.

Planas, M., Chamorro, A., Quintas, P., & Vilar, A. (2008). Establishment and maintenance of threatened long-snouted seahorse, *Hippocampus guttulatus*, broodstock in captivity. **Aquaculture**, *283*(1), 19-28.

Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Gao, Y., Shen, L., & Lu, J. (2006). Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. **Aquaculture**, *256*(1), 596-607.

Sorgeloos, P., Dhert, P., & Candreva, P. (2001). Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. **Aquaculture**, *200*(1), 147-159.

Verreth, J. (1994). **Nutrition** *and related ontogenetic aspects in larvae of the African catfish Clarias gariepinus*. Verreth.

Wilson, M. J., & Vincent, A. C. (2000). Preliminary success in closing the life cycle of exploited seahorse species, Hippocampus spp., in captivity. **Aquarium Sciences and Conservation**, *2*(4), 179-196.

Woods, C. M. (2000). Improving initial survival in cultured seahorses, *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae). **Aquaculture,** *190*(3), 377- 388.

Woods, C. M. (2002). Natural diet of the seahorse *Hippocampus abdominalis*. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, *36*(3), 655-660.

Woods, C. M. (2003). Effects of varying Artemia enrichment on growth and survival of juvenile seahorses*, Hippocampus abdominalis*. **Aquaculture,** *220*(1), 5

การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบสู่ระบบนิเวศภายนอก

Nitrogen and Phosphorus Releasing from Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture in Canvas Ponds to Natural Ecosystem

ประภาพร ดีมาก[1,2] เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์[1] และนภาขวัญ แหวนเพชร[1]

Prapaporn Deemark[1,2], Shettapong Meksumpun[1], and Napakhwan Whanpetch[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารจากการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) แบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบขนาด 50 ลูกบาศก์เมตร ที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 73 วัน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมในน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ย 12.11±3.68 mg-N/l และ 5.46±2.21 mg-P/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมในบ่อ เกิดจาก: (1) กิจกรรมการเลี้ยงหลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 450.00±189.17 กรัม (2) เหลือสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยงเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 58.94± 16.25 กรัม และ (3) มีอยู่ในน้ำที่เติมเข้าระบบ เฉลี่ย 57.79±54.59 กรัม ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในบ่อ เกิดจาก: (1) กิจกรรมการเลี้ยงหลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 237.40±105.80 กรัม (2) เหลือสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยงเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 29.73±12.54 กรัม และ (3) มีอยู่ในน้ำที่เติมเข้าระบบ เฉลี่ย 2.32±0.87 กรัม การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ควรมีการจัดการคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยน้ำออกสู่ภายนอก ทั้งนี้ เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับระบบนิเวศ

ABSTRACT

The study on the releasing of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) from intensive pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei,* culture was conducted in the 50 cubic meter in canvas ponds for 73 days. The result indicated that the amount of TN and TP in the effluent were higher than the standard values at 12.11±3.68 mg-N/l and 5.46±2.21 mg-P/l, respectively. In addition, the result demonstrated that the main source was TN and TP from water exchange that produced during the culture activity (average TN, 450.00±189.17 g and average TP, 237.40±105.80 g). This study can be implied that to reduce impacts on natural ecosystem, the treatment of effluent water is needed before releasing into the neighbor environment.

Key words: Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, nutrient

*Corresponding Author; e-mail address: y_buta@hotmail.com

---

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[1] Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[2] กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง กรุงเทพฯ

[2] Coastal Aquaculture Research and Development Division, Department of Fisheries, Bangkok 10900, Thailand.

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม หรือกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ได้มีการพัฒนา และเติบโตอย่างรวดเร็วจนเป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่สร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท (ประจวบ, 2543; ชลอ และพรเลิศ, 2547) จนปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวในประเทศไทยได้มีการพัฒนาระบบการเลี้ยง อาทิ ปล่อยกุ้งที่ความหนาแน่นสูง ให้อาหารที่มีโปรตีนสูง เพื่อเพิ่มผลผลิต และเร่งอัตราการเติบโตของกุ้ง แต่ผลจากการเลี้ยงในรูปแบบดังกล่าวก่อให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยง ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการเติบโตของกุ้ง โดยน้ำทิ้งและตะกอนเลนส่วนใหญ่จากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งซึ่งประกอบไปด้วยสารอาหาร สารอินทรีย์ และสารแขวนลอยจำนวนมาก (Boyd and McNevin., 2015) จะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งที่ผ่านการบำบัดและไม่ผ่านการบำบัด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติดังกล่าว เป็นสาเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์สะพรั่งของพืชน้ำ หรือ phytoplankton blooms (Burford *et al*., 2003) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่แพลงก์ตอนพืช และพืชน้ำเติบโตแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วผิดปกติ มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งบดบังแสงที่จะส่องผ่านจนก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ชายทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน ซึ่งมีการแปรสภาพพื้นที่ป่าชายเลนเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้ง

กอปรกับพื้นที่เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ขาดการวางแผนการจัดการระบบการส่งน้ำเข้า และการระบายออกที่ดี มีการระบายน้ำทิ้ง และตะกอนเลนจากนากุ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยไม่มีการบำบัด ทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพน้ำ และดินตะกอนในบริเวณนั้น ๆ และส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนรวม โดยเฉพาะส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2543; เปี่ยมศักดิ์, 2543) จากปัญหาดังกล่าว หลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ และเอกชน ได้มีการศึกษาและพัฒนารูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวขึ้นหลากหลายรูปแบบ อาทิ การเลี้ยงกุ้งในบ่อที่ปูพื้นบ่อด้วยพลาสติก (PE) การเลี้ยงกุ้งในบ่อซีเมนต์ และการเลี้ยงกุ้งในบ่อผ้าใบ เป็นต้น (โชคชัย, 2554; ไวทัศน์ และคณะ, 2558) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เลี้ยงกุ้ง แต่อย่างไรก็ตาม การออกแบบวางแผนระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งขาว การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้ง ซึ่งรวมไปถึงปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญ และจำเป็นต่อการนำมาใช้ประกอบการพัฒนาออกแบบระบบการเลี้ยงเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันข้อมูลสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบมีค่อนข้างจำกัด กอปรกับปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยรูปแบบนี้กำลังเป็นที่นิยมอยู่ในหลายพื้นที่ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบ รวมไปถึงการปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสออกสู่ระบบนิเวศภายนอก ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง และใช้เป็นแนวทางจัดการคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการวิจัย

ดำเนินการศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบ ปริมาตรความจุน้ำ 50 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 3 บ่อ ของฟาร์มเอกชนที่ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ

และปริมาณสารอาหารที่จะปลดปล่อยไปสู่ภายนอก และรวมไปถึงข้อมูลปริมาตรน้ำเข้า-ออกในระบบการเลี้ยงในระหว่าง เดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม 2558 เพื่อนำไปวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติ

การเตรียมบ่อเลี้ยง

เตรียมบ่อผ้าใบทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เมตร ความสูง 90 เซนติเมตร (ปริมาตรความจุ 50 ลูกบาศก์เมตร) ส่วนของพื้นบ่อผ้าใบจะมีลักษณะลาดเอียงเข้าสู่กลางบ่อ เพื่อให้ตะกอนรวมกันอยู่ตรงกลางบ่อ โดยมีการติดตั้งท่อพีวีซีพร้อมวาล์วเปิด-ปิดขนาด 3 นิ้ว เพื่อใช้ระบายน้ำ และของเสียออกจากกลางบ่อ บริเวณพื้นบ่อติดตั้งระบบให้อากาศผ่านท่อพีวีซี และติดตั้งปั๊มน้ำเพื่อให้เกิดกระแสน้ำวนพัดตะกอนไปรวมที่กลางบ่อ นอกจากนี้ มีการติดตั้งเครื่องโปรตีนสกิมเมอร์ (protein skimmer) เพื่อช่วยในการจัดการคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงจำนวน 1 เครื่อง/บ่อ (Figure 1)

Figure 1. The canvas pond for intensive pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture.

การเตรียมน้ำเลี้ยง

นำน้ำความเค็มสูง (น้ำจากนาเกลือ) มาผสมกับน้ำจืด โดยปรับความเค็มให้อยู่ในระดับที่ต้องการ คือ อยู่ในช่วง 20-30 ‰ จากนั้นเติมคลอรีน และให้อากาศตลอดเวลาอย่างน้อย 2-3 วัน และทำการกรองน้ำผ่านผ้ากรองขนาด 0.5 ไมครอน ก่อนที่จะนำน้ำไปใช้เลี้ยงกุ้ง

การเลี้ยง และการจัดการระหว่างการเลี้ยง

นำลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ขนาดเฉลี่ย 1-2 กรัม/ตัว ลงเลี้ยงในบ่อผ้าใบที่อัตราความหนาแน่น 500 ตัว/ลูกบาศก์เมตร (25,000 ตัว/บ่อ) จำนวน 3 บ่อ ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งทะเลที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 38% วันละ 5 มื้อ ในเวลา 6:00 น. 10:00 น. 14:00 น. 18:00 น. และ 22:00 น. โดยช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเลี้ยง ให้อาหารที่อัตรา 10% ของน้ำหนักตัว/วัน ด้วยวิธีการหว่านอาหารให้กระจายทั่วบ่อผ้าใบ จากนั้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป จึงเริ่มปรับปริมาณอาหารที่ให้โดยการเช็คยอ นอกจากนี้ ระหว่างการเลี้ยงจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 50-90% ตามระยะเวลาการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น (ตามลำดับ) เลี้ยงกุ้งที่ระยะเวลา 73 วัน จึงทำการจับผลผลิต

การเก็บตัวอย่างน้ำและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกครั้ง ซึ่งแบ่งเก็บตัวอย่างน้ำออกเป็น 3 จุด คือ น้ำที่เตรียมไว้ใช้เติม น้ำทิ้งจากบ่อผ้าใบ และน้ำในบ่อผ้าใบหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำ โดยน้ำตัวอย่างจะถูกเก็บและบรรจุในขวดพลาสติก เก็บไว้ที่มืดและอุณหภูมิต่ำ (4 ^{o}C) โดยการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งในกล่องโฟม หรือถังแช่

น้ำแข็งขณะลำเลียงขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์ตามหลักการของ APHA AWWA and WEF ด้วยเครื่องมือ และวิธีการดังนี้ อุณหภูมิน้ำใช้ Thermometer ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ใช้ DO meter ความเป็นกรด-ด่างของน้ำใช้ pH meter ความเค็มของน้ำใช้ Refractometer ความโปร่งแสงใช้ Secchi disc ปริมาณสารแขวนลอยใช้วิธี Dried at 103-105 ºC (APHA *et al*., 1998) บีโอดี (BOD) ใช้วิธี 5 Day BOD test (APHA *et al*., 1998) ปริมาณแอมโมเนียรวมใช้วิธี Indophenol blue method (Sasaki and Sawada, 1980) สำหรับปริมาณไนไตรท์ใช้วิธี Diazotization method ปริมาณไนเตรทใช้วิธี Cadmium reduction method ปริมาณฟอสเฟตใช้วิธี Ascorbic acid method และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ใช้วิธี Spectophotometric method ตรวจวิเคราะห์ตามหลักของ Strickland and Parsons, 1972 ส่วนไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมใช้วิธี Persulfate digestion method (APHA *et al*., 2012)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบ โดยเสนอข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมทางน้ำแบบสถิติพรรณนา (descriptive statistics) เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด - สูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ ทำการประเมินปริมาณของสารอาหารที่เติมเข้าไปในระบบการเลี้ยงด้วยการเติมน้ำ (เปลี่ยนถ่ายน้ำ) ปริมาณของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยงหลังการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ตามสมการที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้

$$Nut_{Act} = Nut_{np} - Nut_{s} \quad (1)$$

$$Nut_{Acc} = Nut_{p} - Nut_{r} \quad (2)$$

$$Nut_{s} = Nut_{Acc} + Nut_{i} \quad (3)$$

เมื่อ Nut_{Act} = ปริมาณของ TN หรือ TP ที่เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงหลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ

Nut_{Acc} = ปริมาณของ TN หรือ TP ที่เหลือสะสมเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ

Nut_{s} = ปริมาณของ TN หรือ TP ที่มีอยู่ในระบบเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ และเติมน้ำ

Nut_{np} = ปริมาณของ TN หรือ TP ในน้ำเลี้ยงทั้งหมดในบ่อก่อนการเปลี่ยนถ่ายรอบถัดไป Nut_{p} = ปริมาณของ TN หรือ TP ในน้ำเลี้ยงทั้งหมดในบ่อก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ Nut_{r} = ปริมาณของ TN หรือ TP ที่ถูกเปลี่ยนถ่ายออกจากระบบการเลี้ยง Nut_{i} = ปริมาณของ TN หรือ TP ที่เติมเข้าระบบด้วยการเติมน้ำ โดยที่ TN = ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) และ TP = ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (total phosphorus)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมที่อยู่ในน้ำทิ้งจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550) ด้วยวิธี one sample t-test ที่ระดับความเชื่อมัน 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างปริมาณของสารอาหารที่เติมเข้าไปในระบบการเลี้ยงด้วยการเติมน้ำ ปริมาณสารอาหารที่เหลือสะสม และปริมาณของสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยง

ทั้งนี้ข้อมูลที่ผิดปกติ (outliers) ถูกจำแนกโดยใช้ box plot method (Schwertman *et al*., 2004) ก่อนนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำ และการปลดปล่อยธาตุอาหารจากการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบขนาด 50 ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราปล่อย 500 ตัว/ลูกบาศก์เมตร พบว่า คุณภาพน้ำเฉลี่ยระหว่างการเลี้ยงมีปริมาณค่อนข้างสูงมาก เช่น แอมโมเนีย ซึ่งระดับความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตายโดยปกติอยู่ในช่วง 0.4 - 2.0 mg/l ในรูปของ NH_3 (Boyd, 2012) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผลของคุณภาพน้ำนี้อาจส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงกุ้งขาวไม่รุนแรงจนทำให้สัตว์น้ำตายในทันที (ณัฐธิดา และคณะ 2560; Zarain-Herzberg *et al*., 2010; Ma *et al*., 2013) แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งมาวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ค่าปริมาณสารแขวนลอยรวม (TSS) บีโอดี (BOD) ปริมาณแอมโมเนียรวม (TAN) ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) และปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ในน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (Table 1)

Table 1. Overall values of water quality parameters of intensive pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture in canvas ponds for 73 days.

Parameters	Unit	Intensive pacific white shrimp culture in canvas ponds						Standard
		During culture period			Wastewater			
		Min.	Max.	mean±SD.	Min.	Max.	mean±SD.	
Temp.	ºC	25.0	31.0	29.9±1.2	25.0	29.0	27.3±1.1	n.a.
DO	mg/l	2.76	6.40	5.07±0.83	3.15	5.32	4.39±0.43	n.a.
pH		7.11	7.96	7.33±0.22	7.10	8.21	7.38±0.25	6.5-8.5
Trans.	cm	16.0	29.5	23.24±3.99	7.0	15.0	10.73±1.91	n.a.
Salinity	‰	20.0	33.0	29.2±3.4	20.0	34.0	28.8±4.0	n.a.
TSS	mg/l	99.67	286.67	156.21±44.05	108.33	360.00	239.90±62.07	≤70*
BOD	mg/l	6.10	21.55	11.87±3.19	17.55	44.14	34.74±5.57	≤20*
TAN	mg-N/l	0.88	7.76	3.59±1.69	2.01	10.13	6.69±2.18	≤1.1*
NO_2^-	mg-N/l	0.01	1.12	0.44±0.25	0.12	3.68	0.83±0.80	n.a.
NO_3^-	mg-N/l	0.03	1.19	0.76±0.31	0.21	1.13	0.82±0.24	n.a.
PO_4^{3-}	mg/l	0.05	1.31	0.43±0.25	0.27	3.05	1.55±0.73	n.a.
Chl *a*	µg/l	0.00	0.14	0.04±0.03	0.03	0.39	0.13±0.07	n.a.
TN	mg-N/l	2.92	10.59	6.77±1.90	7.38	25.22	12.11±3.68	≤4.0*
TP	mg-P/l	0.58	6.95	1.61±1.27	1.79	13.24	5.46±2.21	≤0.4*

n.a. = not available, * = concentration in ponds was higher than effluent standard (P<0.05).

นอกจากนี้ การวิเคราะห์แหล่งที่มาของธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำของการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบตลอดการเลี้ยง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมในบ่อ เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงหลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 450.00±189.17 กรัม มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับปริมาณที่เหลือสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยงเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 58.94± 16.25 กรัม และมีอยู่ในน้ำที่เติมเข้าระบบ เฉลี่ย 57.79±54.59 กรัม ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในบ่อ เกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงหลังเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 237.40±105.80 กรัม มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับปริมาณที่เหลือสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยงเมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำ เฉลี่ย 29.73±12.54 กรัม และมีอยู่ในน้ำที่เติมเข้าระบบ เฉลี่ย 2.32±0.87 กรัม (Figure 2)

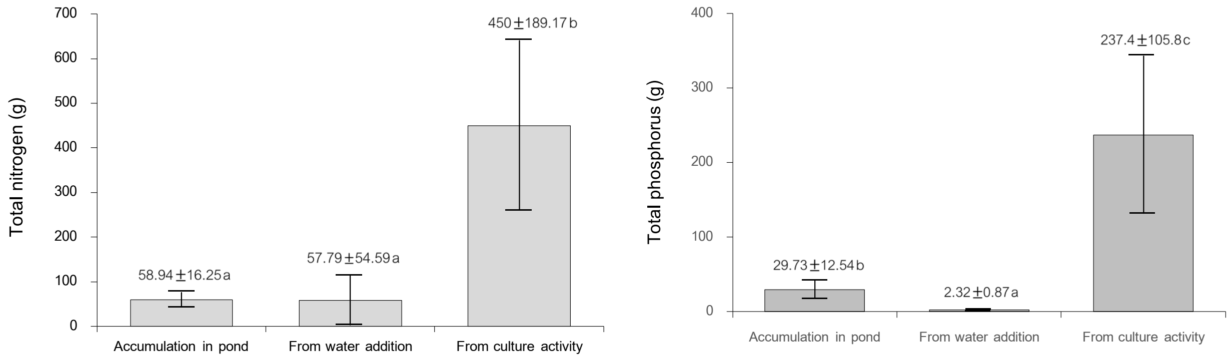


Figure 2. Calculation values of nitrogen and phosphorus (mean±SD.) sources from intensive pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture in canvas ponds. Different letters (a, b, c) indicate significant (*P*<0.05) differences between samples

ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบเป็นระบบการเลี้ยงที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดความเสี่ยงด้านการเกิดโรคระหว่างการเลี้ยง โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดโรคระบาด ง่ายต่อการควบคุม และการบริหารจัดการ อีกทั้งยังให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง (ไวทัศน์ และคณะ 2558) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงเฉลี่ยอยู่ที่ 316.6 กิโลกรัม/บ่อ หรือเฉลี่ย 6.3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยกุ้งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 13.8 กรัม/ตัว และมีอัตรารอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 91.2% อย่างไรก็ตาม น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบนี้ถ้าถูกปลดปล่อยออกสู่ภายนอกจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งสารอาหารเหล่านี้มีผลต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำเนื่องจากเป็นตัวควบคุมกำลังผลิตขั้นต้น (primary production) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของสารอาหารในปริมาณมากนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ eutrophication หรือ phytoplankton blooms ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่แพลงก์ตอนพืชแพร่ขยายพันธุ์ในปริมาณมากอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นจนส่งผลกระทบทั้งทางตรง และทางอ้อมต่อสัตว์น้ำ และสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้น (Burford *et al*., 2003; Danner, 2011)

โดยทั่วไป น้ำทิ้งและตะกอนส่วนใหญ่จากการเลี้ยงกุ้งทะเลจะประกอบด้วยสารอาหาร สารอินทรีย์ และสารแขวนลอยจำนวนมากที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Boyd and McNevin., 2015) สิริ และคณะ (2548) รายงานว่า น้ำทิ้งจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเลมีลักษณะเป็นตะกอนแขวนลอยที่ประกอบด้วยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ และเป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบนิเวศบริเวณนั้นเสื่อมโทรมลงได้ในอนาคต ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า น้ำทิ้งจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูง

ในบ่อผ้าใบมีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วง 7.38 – 25.22 mg-N/l (เฉลี่ย 12.11±3.68 mg-N/l) ซึ่งค่าต่ำสุดที่พบก็ยังคงสูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยที่กำหนดไว้ คือ ≤4.0 mg-N/l โดยปริมาณไนโตรเจนรวมส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยง ได้แก่ การให้อาหาร เศษอาหารเหลือ การขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ และการย่อยสลายของอินทรียสารโดยแบคทีเรียในระบบการเลี้ยง ซึ่งสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยงในรูปของตะกอนสารแขวนลอย หรือตะกอนสารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่ภายในบ่อระหว่างการเลี้ยง และมาจากตะกอนสารแขวนลอย หรือโมเลกุลของสารอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น NO_2^-, NO_3^- และ NH_4^+ ที่มากับน้ำที่เติมเข้าระบบ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่ในช่วง 1.79 – 13.24 mg-P/l (เฉลี่ย 5.46±2.21 mg-P/l) ซึ่งค่าต่ำสุดที่พบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนรวม คือ สูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยที่กำหนดไว้ (≤0.4 mg-P/l) โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวมส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเลี้ยง บางส่วนสะสมอยู่ในระบบการเลี้ยง และมาจากโมเลกุลของสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต (กลุ่มออร์โธฟอสเฟต) ได้แก่ PO_4^{3-}, HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ที่มากับน้ำที่เติมเข้าระบบ

การเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้ผล คือช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจน ช่วยเจือจางของเสียและธาตุอาหาร ซึ่งจากรายงานของ Muthuwan and Lin (1996) พบว่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำลดลง 45.0±2.2% และฟอสเฟตลดลง 26.2±1.0% นอกจากนี้ Funge-Smith and Briggs (1998) รายงานว่า แหล่งที่มาสำคัญของธาตุอาหารไนโตรเจนในระบบการเลี้ยงกุ้งทะเลจะมาจากอาหาร 78% การกัดเซาะของดินขอบบ่อ 16% น้ำที่ใช้เลี้ยง 4% และจาก ปุ๋ย น้ำฝน และลูกกุ้ง 2% ในขณะเดียวกัน ธาตุอาหารฟอสฟอรัสมาจากอาหาร 51% ตะกอนดิน 26% ปุ๋ย 21% และจากน้ำที่ใช้เลี้ยงและอื่นๆ อีก 2% ทั้งนี้ การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจากการเลี้ยงกุ้งทะเลนั้นเกิดจากกิจกรรมการเลี้ยงเป็นหลัก ดังนั้น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เลี้ยงกุ้ง จึงจำเป็นต้องเพิ่มการจัดการด้านคุณภาพน้ำ หรือจัดการระบบการเลี้ยงด้วยการนำระบบบำบัดน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งด้วยระบบนี้ก่อนการปล่อยน้ำออกสู่ภายนอก

สรุปผล

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวแบบความหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบมีปริมาณไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมสูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น เกษตรกรหรือผู้เลี้ยงกุ้งขาวด้วยระบบนี้จำเป็นต้องมีมาตรการในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง หรือจัดการระบบการเลี้ยงด้วยการนำระบบบำบัดน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยน้ำออกสู่ภายนอก ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศภายนอก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สุชาติฟาร์ม ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และอำนวยความสะดวกตลอดการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2543. **รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางน้ำ ปี พ.ศ. 2541-2542.** กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย.** กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิ้มสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกูล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย**. บริษัทเมจิคพับบลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2554. **หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐธิดา บุญเพ็ง, นิติ ชูเชิด และวราห์ เทพาหุดี. 2560. การเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ระบบน้ำใสเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุดที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน. หน้า 678-685. *ใน*: **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 55 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 1 สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง และสาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หล้าอุบล. 2543. **อดีต-อนาคตกุ้งไทย.** หน้า 1-66. *ใน*: เสวนาวิชาการเรื่อง “กุ้ง”. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปี่ยมศักดิ์ มานะเศวต. 2543. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ไวทัศน์ หนูกล่ำ, เพ็ญศรี เมืองเยาว์, นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2558. ศึกษาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) แบบหนาแน่นสูงในบ่อผ้าใบโดยระบบน้ำหมุนเวียน, น.148-159. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2558**. กรมประมง, กรุงเทพฯ

สิริ เอกมหาราช, ก่อเกียรติ กูลแก้ว, พุทธ ส่องแสงจินดา และจุลีรัตน์ พรหมสุด. 2548. การศึกษาน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล เพื่อประเมินผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเลสาบสงขลา. หน้า 17. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2548**. กรมประมง, กรุงเทพฯ

APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20 th ed. Washington, D.C.

APHA, AWWA and WEF. 2012. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 22 nd ed. Washington, D.C.

Boyd, C.E., 2012. **Water Quality, in Aquaculture Farming Aquatic Animals and Plants, Second edition (eds J.S. Lucas and P.C. Southgate)**. Blackwell Publishing Ltd., West Sussex, UK.

Boyd, C.E. and A.A. McNevin. 2015. Water Pollution, in Aquaculture, Resource Use, And The Environment. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.

Burford, M.A., S.D. Constanzo, W.C. Dennisson, C.J. Jackson, A.B. Jones, A.D. Mckinnon, N.P. Preston and L.A. Trott. 2003. A synthesis of dominant ecological processes in intensive

shrimp ponds and adjacent coastal environments in NE Australia. **Marine Pollution Bulletin** 46:1456-1469.

Danner C. 2011. The importance of nutrient management in ponds. **Aquatics** 33 (2): 8-9.

Funge-Smith, S.J. and M.R.P. Briggs. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: Implications for sustainability. **Aquaculture** 164: 117-133.

Ma, Z., X. Song, R. Wan and L. Gao. 2013. A modified water quality index for intensive shrimp ponds of *Litopenaeus vannamei*. **Ecological Indicators** 24: 287-293.

Muthuwan, V. and C.K. Lin. 1996. **Water quality and nutrient budget in intensive marine shrimp culture ponds**. Institute of Marine Science, Burapha University. Technical paper 71/1996.

Sasaki, K. and Sawada, Y. 1980. Determination of Ammonia in Estuary. **Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries**. 46(3): 319-321.

Schwertman, N.C., Owens, M.A. and Adnan, R., 2004. A simple more general boxplot method for identifying outliers. **Computational statistics & data analysis**. 47(1): 165-174.

Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.

Zarain-Herzberg, M., I. Fraga and A. Hernandez-Llamas. 2010. Advances in intensifying the cultivation of the shrimp *Litopenaeus vannamei* in floating cages. **Aquaculture** 300: 87-92.

ปริมาตรน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และคุณภาพสีของปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910) เพศผู้

Optimal Water Volume on Growth, Feed Utilization and Coloration of Male Siamese Fighting Fish (*Betta splendens* Regan, 1910)

ศุกร์เทียนชัย แซ่โค้ว[1*] การุณ ทองประจุแก้ว[2] และ วุฒิพร พรหมขุนทอง[1]

Suktianchai Saekhow[1*], Karun Thongprajukaew[2] and Wuttiporn Promkunthong[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาตรน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910) โดยนำปลากัดหางเดี่ยวครีบยาวเพศผู้สีแดงล้วนอายุ 6 สัปดาห์ (น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.97 ± 0.01 กรัม) มาเลี้ยงเดี่ยวในตู้สี่เหลี่ยมผืนผ้า (ความกว้าง 3.5 เซนติเมตร × ความยาว 8 เซนติเมตร × ความสูง 20 เซนติเมตร) ที่มีปริมาตรน้ำแตกต่างกัน 5 ระดับ (100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิลิตร) จำนวน 15 ตัวต่อทรีทเมนต์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และเก็บข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยปริมาตรน้ำ150 มิลลิลิตร มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณาจากอัตราการรอด การเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และสีของผิว ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลากัดเพื่อจำหน่าย รวมทั้งสามารถต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบเลี้ยงที่ใช้น้ำน้อย

ABSTRACT

The optimal water volume for rearing single-tailed long-finned Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910) was studied. Six-week-old solid-red male fish (0.97 ± 0.01 g mean initial body weight, *n* = 75) were individually divided into rectangular aquaria (3.5 cm width × 8 cm length × 20 cm height) which containing different water volumes (100, 150, 200, 250 and 300 mL). At the end of eight weeks experiment, the suitable treatment in terms of survival, growth performance, feed utilization and skin coloration was 150 mL water. Finding from the current study could be applied for commercial production of Siamese fighting fish, as well as developing an intensive system (with low water volume) for this species.

Keyword: Coloration, Feed utilization, Growth, Siamese fighting fish

* Corresponding author; e-mail address: suktianchaisaekhow@gmail.com

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[1] Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[2] Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

คำนำ

ปลากัด (*Betta splendens* Regan, 1910) เป็นปลาสวยงามที่มีสีสันหลากหลาย และมีครีบที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะสายพันธุ์ และได้รับความนิยมเลี้ยงไว้เพื่อการต่อสู้และสวยงามทั้งในและต่างประเทศ จึงเป็นปลาสวยงามที่มีการส่งออกและสร้างรายได้เข้าประเทศเป็นอันหนึ่ง โดยในปี พ.ศ. 2553 มีการส่งออกปลากัดคิดเป็นมูลค่า 329 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) อย่างไรก็ตาม ผลตอบแทนที่ได้รับของผู้เพาะเลี้ยงยังน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปลาเศรษฐกิจอื่น เช่น ปลาทอง และปลาหางนกยูง เป็นต้น ซึ่งต่างก็เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยเช่นกัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ต้นทุนการผลิตที่สูงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกำไร ซึ่งปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลากัดยังคงเป็นแบบดั้งเดิม และขาดการนำความรู้และแนวคิดทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามาพัฒนาทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้น การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบเลี้ยงปลากัดจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของปลากัดได้

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่นสูงเป็นทางเลือกหนึ่งของการเพิ่มผลผลิตในการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปลากัดในธรรมชาติมักอาศัยอยู่ที่ความลึก 2.0–9.4 เซนติเมตร และครอบครองพื้นที่ได้ไม่เกิน 5 ตัวต่อตารางเมตร (Jaroensutasinee and Jaroensutasinee, 2001) การมีพฤติกรรมก้าวร้าวทำให้ต้องมีการเลี้ยงปลากัดเป็นแบบเดี่ยว การศึกษาในปลากัดพบว่ามีการเลี้ยงด้วยปริมาตรน้ำที่แตกต่างกันตั้งแต่ปริมาตรน้ำมาก เช่น 1 ลิตร (Takeuchi *et al.*, 2010) หรือ 2 ลิตร (Karino and Someya, 2007) หรือปริมาตรน้ำน้อย เช่น 250 มิลลิลิตร (Verbeek *et al.*, 2008) เป็นต้น ความหลากหลายของปริมาตรน้ำที่ใช้ดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปลากัดสามารถดำรงชีวิตได้ในปริมาตรน้ำที่หลากหลายภายในภาชนะรูปทรงแตกต่างกัน

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าความหนาแน่นในการเลี้ยงส่งผลต่อการเจริญเติบโต (Jha and Barat, 2005) รวมทั้งสีผิวของปลาหลายชนิด (Zeng *et al.*, 2010) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาตรน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากัด (*B. splendens*) โดยนำปลากัดหางเดี่ยวครีบยาวเพศผู้สีแดงล้วนมาเลี้ยงเดี่ยวในตู้สี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และประเมินอัตราการรอด การเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และสีผิวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงปลากัดเพื่อจำหน่ายรวมทั้งการต่อยอดและพัฒนาระบบสำหรับการเลี้ยงปลากัดที่ใช้น้ำน้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมและเลี้ยงปลากัด

นำปลากัดหางเดี่ยวครีบยาวเพศผู้สีแดงล้วนอายุ 4 สัปดาห์ จากฟาร์มเพาะเลี้ยงใน จ. นครปฐม มาปรับสภาพนาน 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำปลาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 0.97 ± 0.01 กรัม มาเลี้ยงเดี่ยวในตู้สี่เหลี่ยมผืนผ้า (ความกว้าง 3.5 เซนติเมตร × ความยาว 8 เซนติเมตร × ความสูง 20 เซนติเมตร) ที่มีปริมาตรน้ำแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิลิตร (15 ตัวต่อทรีทเมนต์) ทำการทดลองนาน 8 สัปดาห์ ตลอดการเลี้ยงอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 26.00–29.80 องศาเซลเซียส และพีเอช 6.40–6.93 อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากัดที่มีโปรตีน ≥46 เปอร์เซ็นต์ (เอ็มซีที อะควาเรียม จำกัด, นครปฐม) โดยให้ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จำนวน 2 ครั้งต่อวัน (08.00 และ 17.00 น.) ให้แสงธรรมชาติเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน และเปลี่ยนน้ำที่ใช้เลี้ยง 80 เปอร์เซ็นต์ ทุก 3 วัน สถานที่และการควบคุมสภาวะในการเลี้ยงทำเช่นเดียวกันทั้งการเลี้ยงเพื่อปรับสภาพและการเลี้ยงเพื่อทดลอง และปฏิบัติตามจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของสภาวิจัยแห่งชาติ (เลขที่ใบอนุญาต U1-06514-2560) เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้ปลาอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงสลบปลาด้วยน้ำมันกานพลู แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และตรวจวัดสี (n = 15) สำหรับอัตราการรอดและปริมาณอาหารที่ให้ปลากินจะบันทึกข้อมูลทุกวัน สูตรสำหรับคำนวณอัตราการรอด การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหารมีดังนี้

อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง/จำนวนปลาเริ่มต้น) × 100

คอนดิชันแฟกเตอร์ = [น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)/ความยาว(เซนติเมตร)^3] × 100

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน) = [ln น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง(กรัม) − ln น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)/ระยะเวลาในการทดลอง (วัน)] × 100

อัตราการกิน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน) = อาหารที่กินในแต่ละวัน/[ระยะเวลาให้อาหาร × (น้ำหนักตัวเริ่มต้น + น้ำหนักตัวสุดท้าย)/2] × 100

อัตราการแลกเนื้อ (กรัมอาหารต่อกรัมน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น) = น้ำหนักแห้งของอาหารที่กิน (กรัม)/น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)

การตรวจวัดสีผิว

นำปลาที่สลบแล้วไปตรวจวัดสีผิวทันทีโดยใช้เครื่องมือวัดสี (Miniscan EZ, Hunter Associates Laboratory, Reston VA, USA) ในบริเวณส่วนกลางของลำตัว โดยค่าที่ตรวจวัด ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความแดง (a* และ a*/b*) ค่าความเหลือง (b*) ค่าโครมา (C^*) และค่าฮิว (h^*)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(n = 15) วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 14 (SPSS Inc., Chicago, USA) และใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง

อัตราการรอด การเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหาร

ปลาทุกทรีทเมนต์มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1, P > 0.05) ความยาวมาตรฐานและคอนดิชันแฟกเตอร์มีค่าสูงในปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ สำหรับการใช้ประโยชน์จากอาหาร พบว่าอัตราการกินอาหารไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำที่สุดในปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร และมีค่าสูงสุดในปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำปริมาตร 300 มิลลิลิตร ขณะที่ทรีทเมนต์อื่นๆ มีค่าที่ไม่แตกต่างจากปลาทั้ง 2 กลุ่ม

Table 1 Survival rate, growth performance and feed utilization of single-tailed long-finned solid-red male Siamese fighting fish at various water volumes.

Parameter	Water volume (mL)				
	100	150	200	250	300
Survival rate (%)	100	100	100	100	100
FBW (g)	1.06 ± 0.04	1.16 ± 0.03	1.09 ± 0.03	1.08 ± 0.04	1.10 ± 0.03
SL (cm)	3.39 ± 0.04^{b}	3.48 ± 0.04^{ab}	3.52± 0.04^{ab}	3.49± 0.06^{ab}	3.54 ± 0.04^{a}
CF	2.73 ± 0.04^{a}	2.80 ± 0.04^{a}	2.46 ± 0.04^{b}	2.47 ± 0.04^{b}	2.49 ± 0.04^{b}
SGR (% BW day^{-1})	0.38 ± 0.04	0.36 ± 0.03	0.36 ± 0.04	0.37 ± 0.03	0.34 ± 0.03
FR (% BW day^{-1})	1.17 ± 0.02	1.09 ± 0.02	1.10 ± 0.04	1.17 ± 0.05	1.15 ± 0.03
FCR (mg feed mg $gain^{-1}$)	2.65 ± 0.25^{ab}	2.28 ± 0.25^{b}	3.12 ± 0.28^{ab}	2.53 ± 0.16^{ab}	3.41 ± 0.48^{a}

FBW, final body weight; SL, standard length; CF, condition factor; SGR, specific growth rate; FR, feeding rate; FCR, feed conversion ratio

Different superscripts in the same row indicate a significant difference (P < 0.05)

ความเข้มของสีผิว

ปริมาตรน้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสว่างของสีผิวปลา (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาทุกพารามิเตอร์ร่วมกันพบว่าค่าความสว่าง ความแดง ความเหลือง โครมา และฮิว มีค่าสูงสุดในปลาที่เลี้ยงด้วยปริมาตรน้ำ 150 มิลลิลิตร

Table 2 Color parameters measured from skin of single-tailed long-finned solid-red male Siamese fighting fish at various water volumes.

Parameter	Water volume (mL)				
	100	150	200	250	300
*L**	18.61 ± 0.60	20.67 ± 0.67	18.61 ± 0.91	20.41 ± 0.46	20.56 ± 0.13
*a**	13.06 ± 0.47[a]	12.17 ± 0.48[a]	11.13 ± 0.49[b]	11.04 ± 0.21[b]	10.99 ± 0.40[b]
*b**	7.87 ± 0.46[a]	7.82 ± 0.61[a]	8.36 ± 0.40[a]	6.92 ± 0.24[ab]	6.31 ± 0.34[b]
*C**	15.36 ± 0.19[a]	14.54 ± 0.66[ab]	13.52 ± 0.18[bc]	13.54 ± 0.30[bc]	12.60 ± 0.43[c]
*h**	32.46 ± 1.36[a]	32.97 ± 0.45[a]	42.45 ± 0.62[b]	34.66 ± 1.25[a]	32.50 ± 1.36[a]
a/b**	1.28 ± 0.11[b]	1.48 ± 0.05[a]	1.10 ± 0.03[c]	1.45 ± 0.03[ab]	1.46 ± 0.03[ab]

*L**, lightness; *a** and *a*/b**, redness; *b**, yellowness; *C**, Chroma; *h**, hue

Different superscripts in the same row indicate a significant difference ($P < 0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ความหนาแน่นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาหลายชนิด (Jha and Barat, 2005; Niazie *et al*., 2013) โดยความหนาแน่นสูงทำให้มีการแย่งอาหาร คุณภาพน้ำต่ำลง สัตว์ที่เลี้ยงเกิดความเครียด และใช้พลังงานเพื่อการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น (Roo *et al*., 2010; Manley *et al*., 2014) ขณะที่ความหนาแน่นต่ำอาจทำให้ปลาเจริญเติบโตช้าและใช้อาหารได้ต่ำอีกเช่นเดียวกัน เนื่องจากปลาบางชนิดอาจอยู่รวมกันเป็นฝูงและมีพฤติกรรมทางสังคม (Pirozzi *et al*., 2009; Millán-Cubillo *et al*., 2016) การเลี้ยงปลากัดแบบเดี่ยวในตู้กระจกและวางตู้ชิดกันเพื่อเลียนแบบการเลี้ยงในฟาร์มในการศึกษาครั้งนี้ทำให้ปลาสามารถมองเห็นกันชัดเจน และด้วยพฤติกรรมก้าวร้าวของปลากัด ทำให้เกิดความเครียดเช่นเดียวกับการเลี้ยงปลาหลายตัวในตู้เดียวกัน (Karino and Someya, 2007) อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะทำให้สัตว์มีความสมดุลทั้งอัตราการเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และสวัสดิภาพในการเลี้ยง เช่น ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเต่าตนุ (*Chelonia mydas*) คือ 40 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20, 60 และ 80 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร (Kanghae *et al*., 2016) ดังนั้น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของปริมาตรน้ำต่อความเครียดของปลากัด (เช่น ระดับของคอร์ติซอล) จึงมีความจำเป็นต่อการเพิ่มสวัสดิภาพในการเลี้ยง การเลี้ยงปลาในปริมาตรน้ำน้อยที่สุด (100 มิลลิลิตร) ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของความยาวมาตรฐาน ปลากัดในกลุ่มนี้จึงมีค่าคอนดิชันแฟกเตอร์สูง ซึ่งอาจเกิดจากการสะสมพลังงานของอวัยวะภายใน (Lui *et al*., 2016) หรือการสะสมพลังงานของร่างกาย (Goede and Barton, 1990) เนื่องจากถูกจำกัดพื้นที่ สำหรับค่าคอนดิชันแฟกเตอร์ในการศึกษาครั้งนี้คำนวณจากน้ำหนักตัวต่อความยาวมาตรฐานซึ่งจะช่วยลดความแปรปรวนจาก ความยาวครีบหางซึ่งเป็นผลมาจากความแปรผันทางพันธุกรรมได้ ค่าคอนดิชันแฟกเตอร์ที่ต่ำในปลาที่เลี้ยงในน้ำที่มีปริมาตรตั้งแต่ 200 มิลลิลิตรขึ้นไป เกี่ยวข้องกับความยาวของลำตัวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของน้ำ ขณะที่น้ำหนักมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่

อัตราการกินอาหารไม่แตกต่างกัน แต่อัตราการแลกเนื้อมีค่าต่ำสุดในปลาที่เลี้ยงด้วยน้ำปริมาตร 150 มิลลิลิตร ผลที่ได้อาจเกิดจากปริมาตรน้ำ (ความหนาแน่น) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ย่อยอาหารทำให้ใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น (Kanghae *et al.*, 2016) นอกจากนี้ ปริมาตรน้ำที่แตกต่างกันยังส่งผลโดยตรงต่อความลึกซึ่งเกี่ยวข้องกับความดันของน้ำ และค่าแรงโน้มถ่วงที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ดังนั้น ความลึกของน้ำจึงอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ (Songnui *et al.*, 2017) ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้อาจแสดงให้เห็นว่าปริมาตรน้ำและ/หรือความลึกเป็นตัวกระตุ้นที่ส่งผลต่อการย่อยและการดูดซึมอาหารของปลา ทำให้ปลาในแต่ละกลุ่มมีการดูดซึมสารอาหารมาใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน

ความเข้มของสีเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อมูลค่าทางการค้าของปลา สำหรับสีแดงในปลากัดถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายประการ แต่ปัจจัยที่สำคัญคือปริมาณของแคโรทีนอยด์ที่ปลากินเข้าไป โดยปลากัดเพศเมียชอบจับคู่กับปลากัดเพศผู้ที่มีสีแดงมากกว่าสีน้ำเงิน (Clotfelter *et al.*, 2007) และชอบจับคู่กับปลากัดที่มีสีแดงสดมากกว่าสีแดงอ่อน (Blakeslee *et al.*, 2009) การศึกษาในครั้งนี้พบว่าพารามิเตอร์บ่งชี้ความแดงของสีผิว (a^* และ a^*/b^*) มีค่าสูงที่สุดในปลาที่เลี้ยงในปริมาตรน้ำ 150 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับค่าโครมาที่ช่วยบ่งบอกถึงความอิ่มตัวของสี และค่าฮิวซึ่งแสดงสีที่มองเห็น (Zeng *et al.*, 2010) ดังนั้น การเลี้ยงปลากัดที่ปริมาตรน้ำดังกล่าวอาจสร้างความพึงพอใจต่อสีของผู้ซื้อได้เป็นอย่างดี รวมทั้งช่วยรักษาลักษณะที่ดีต่อการเกี้ยวพาราสีของปลาเพศผู้ ในปลา Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) พบว่าปลาที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีการสะสมของแคโรทีนอยด์สูงกว่าที่ความหนาแน่น 40 และ 75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Metusalach *et al.*, 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาใน darkbarbel catfish (*Pelteobagrus vachelli*) (Zeng *et al.*, 2010) การเปลี่ยนแปลงสีของปลาดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ได้รับจากอาหาร สำหรับการศึกษาในปลากัดครั้งนี้ อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาทุกทรีทเมนต์เป็นชนิดเดียวกันและปลามีอัตราการกินอาหารที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำและ/หรือความลึกของน้ำอาจเป็นตัวกระตุ้นที่มีผลต่อคุณภาพสีของปลากัด ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโครมาโทฟอร์ (Kelsh, 2004)

สรุป

ปริมาตรน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลากัดหางเดี่ยวครีบยาวเพศผู้สีแดงล้วนแบบเดี่ยว คือ 150 มิลลิลิตร ในภาชนะสี่เหลี่ยมผืนผ้า(ความกว้าง 3.5 เซนติเมตร × ความยาว 8 เซนติเมตร × ความสูง 20 เซนติเมตร) โดยพิจารณาจากอัตราการรอด การเจริญเติบโต การใช้ประโยชน์จากอาหาร และสีผิว ปริมาตรน้ำดังกล่าวเหมาะสำหรับการเลี้ยงปลากัดที่มีอายุ 1.5 ถึง 4 เดือน ซึ่งเป็นอายุตั้งแต่เริ่มเลี้ยงแยกจนถึงจำหน่าย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงรูปทรงของภาชนะ และ/หรือระดับความลึกของน้ำอาจให้ผลที่แตกต่างกัน รวมทั้งควรมีการศึกษาปลากัดสีอื่น และปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความเข้มของแสง หรืออัตราการเปลี่ยนน้ำ เป็นต้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงและเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการออกแบบระบบการเลี้ยงปลากัดแบบใช้น้ำน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย (เลขที่สัญญา SCI590420S)

เอกสารอ้างอิง

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **การศึกษาเศรษฐกิจการผลิตการตลาดปลาสวยงาม.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Blakeslee, C., S.P. McRobert, A.C. Brown and E.D. Clotfelter. 2009. The effect of body coloration and group size on social partner preferences in female fighting fish (*Betta splendens*). **Behav. Proc.** 80: 157–161.

Clotfelter, E.D., D.R. Ardia and K.J. Mcgraw. 2007. Red fish, blue fish: trade–offs between pigmentation and immunity in *Betta splendens*. **Behav. Ecol.** 18: 1139–1145.

Goede, R.W. and B.A. Barton. 1990. Organismic indices and an autopsy-based assessment as indicators of health and condition of fish. **Amer. Fish. Soc. Symp.** 8: 93–108.

Jaroensutasinee, M. and J. Jaroensutasinee. 2001. Bubble nest habitat characteristics of wild Siamese fighting fish. **J. Fish Biol.** 58: 1311–1319.

Jha, P. and S. Barat. 2005. The effect of stocking density on growth, survival rate, and number of marketable fish produced of koi carps, *Cyprinus carpio* vr. *koi* in concrete tanks. **J. Appl. Aquac.** 17: 89–102.

Kanghae, H., K. Thongprajukaew, S. Jatupornpitukchat and K. Kittiwattanawong. 2016. Optimal rearing density for head-starting green turtles (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758). **Zoo Biol.** 35: 454–461.

Karino, K. and C. Someya. 2007. The influence of sex, line, and fight experience on aggressiveness of the Siamese fighting fish in intrasexual competition. **Behav. Proc.** 75: 283–289.

Kelsh, R.N. 2004. Genetics and evolution of pigment patterns in fish. **Pigment Cell Res.** 17, 326–336.

Lui, Q., Z. Hou, H. Wen, J. Li, F. He, J. Wang, B. Guan and Q. Wang. 2016. Effect of stocking density on water quality and (growth, body composition and plasma cortisol content) performance of pen-reared rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **J. Ocean Univ. China** 15: 667–675.

Manley, C.B., C.F. Rakocinski, P.G. Lee and R.B. Blaylock. 2014. Stocking density effects on aggressive and cannibalistic behaviors in larval hatchery-reared spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*. **Aquaculture** 420–421: 89–94.

Metusalach, J., A. Brown and F. Shahidi. 1997. Effects of stocking density on colour characteristics and deposition of carotenoids in cultured Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). **Food Chem.** 59: 107–114.

Millán-Cubillo, A.F., J.A. Martos-Sitcha, I. Ruiz-Jarabo, S. Cárdenas and J.M. Mancera. 2016. Low stocking density negatively affects growth, metabolismand stress pathways in juvenile specimens of meagre (*Argyrosomus regius*, Asso 1801). **Aquaculture** 451:87–92.

Niazie, E.H.N., M. Imanpoor, V. Taghizade and G. Zadmajid. 2013. Effects of density stress on growth indices and survival rate of goldfish (*Carassius auratus*). **Global Veterinaria** 10: 365–371.

Pirozzi, I. M.A. Booth and P.M. Pankhurst. 2009. The effect of stocking densityand repeated handling on the growth of juvenile mulloway, *Argyrosomus japonicus* (Temminck & Schlegel 1843). **Aquac. Int.** 17:199–205.

Roo, J. C.M. Hernández-Cruz, C.Borrero, D. Schuchardt and H. Fernández-Palacios. 2010. Effect of larval density and feeding sequence on meager (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) larval rearing. **Aquaculture** 302:82–88.

Songnui, A., K. Thongprajukaew, H. Kanghae, J. Satjarak and K. Kittwattanawong. 2017. Water delp and feed pellet type effects on growth and feed utilization in the rearing of green turtle (*Chelonia mydas*
Linnaeus, 1758). **Aquat. Living. Resour.** DOI: 10.1051/alr/2017017.

Takeuchi, Y., M. Hori, M. Myint and M. Kohda. 2010. Lateral bias of agonistic responses to mirror images and morphological asymmetry in the Siamese fighting fish (*Betta splendens*). **Behav. Brain Res.** 208: 106–111.

Thongprajukaew, K., S. Kovitvadhi, U. Kovitvadhi and K. Rungruangsak-Torrissen. 2014. Pigment deposition and *in vitro* screening of natural pigment sources for enhancing pigmentation in male Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). **Aquac. Res.**45: 709–719.

Verbeek, P., T. Iwamoto and N. Murakami. 2008. Variable stress-responsiveness in wild type and domesticated fighting fish. **Physiol. Behav.** 93: 83–88.

Zeng, W., Z. Li, S. Ye, S. Xie, J. Liu, T. Zhang and M. Duan. 2010. Effects of stocking density on growth and skin color of juvenile darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli* (Richardson). **J. Appl. Ichthyol.** 26: 925–929.

สาขาประมง

Subject: Fisheries

ภาคโปสเตอร์

Poster Presentation

องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะหมึกหลอด (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*) บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง

Stomach contents of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* around Samed Island, Rayong Province

ทศพล แซ่เฮง[1*] จรวย สุขแสงจันทร์[1] และ สนธยา ผุยน้อย[1]

Tossapol Saeheng[1*], Charuay Sukhsangchan[1] and Sonthaya Phuynoi[1]

บทคัดย่อ

รวบรวมหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* จากเครื่องมือประมงอวนครอบปั่นไฟ บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง แบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 สถานี ได้แก่ สถานีฝั่งตะวันออกของเกาะเสม็ด 2 สถานี คือ สถานีที่ 1 และ 4 สถานีฝั่งตะวันตกของเกาะเสม็ด 2 สถานีคือ สถานีที่ 2 และ 3 รวบรวมตัวอย่างในช่วงเวลากลางคืน สุ่มตัวอย่างหมึกหลอดที่ได้จำนวน 200 ตัวอย่าง มีขนาดความยาวลำตัวตั้งแต่ 4.2 - 16.9 เซนติเมตร และน้ำหนักตั้งแต่ 2.8 - 74.56 กรัม ทำการศึกษาปริมาณอาหารในกระเพาะโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ พบว่าระดับปริมาณอาหารในกระเพาะที่พบมากที่สุดคือ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 24.50 รองลงมาคือ ระดับที่ 3, 4 และ 0 คิดเป็นร้อยละ 21.00, 19.50 และ 10.50 ตามลำดับ กลุ่มของอาหารที่พบในกระเพาะหมึกหลอดมี 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของปลา กลุ่มของครัสตาเชียนและกลุ่มของปลาหมึก โดยกลุ่มอาหารหลักที่หมึกหลอดกินเป็นอาหารคือ กลุ่มของปลา โดยกลุ่มของปลาเป็นอาหารที่พบได้ในทุกขนาดความยาวลำตัวของหมึกหลอด หมึกหลอดที่มีขนาดความยาวลำตัวตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป มีพฤติกรรมการกินพวกเดียวกันเอง ค่าดัชนีความสำคัญของอาหาร (IRI) เท่ากับ 16,173.52 รองลงมาคือ กลุ่มของครัสตาเชียนและกลุ่มของปลาหมึกมีค่าเท่ากับ 216.00 และ 129.78 ตามลำดับ

ABSTRACT

Specimens of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* were collected at nighttime from squid falling nets with light around Samed Island, Rayong Province. Four research stations were set up: 2 station on eastern part of Samed Island (station 1 and 4) and another 2 stations on western part of Samed Island (station 2 and 3). Stomach contents were examined from the 200 specimens, measuring 4.2 -16.9 cm mantle length and 2.8 - 74.56 g body weight. Stomach fullness was observed and the result showed that this was mainly in level 1 and 2 at 24.50%, followed by level 3, 4 and 0 at 21.00%, 19.50% and 10.50%, respectively. Diet of squid were 3 groups, comprising fishes, crustaceans and cephalopods. Fish dominated the prey of squid. Fish always occurs in the diet of the squids of all sizes. The squid above 5 cm in size are cannibals. The diet was determined using the index of relative importance (IRI), and found that the dominant group was fish (IRI = 16,173.52) followed by crustaceans (IRI = 216.00) and cephalopod (IRI = 129.78).

Key Words: *Uroeuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*, Stomach contents, Indian squid

*Corresponding; e-mail address: **Traens.tossapol@gmail.com**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปลาหมึกจัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่นิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปของสดและแปรรูป อีกทั้งปลาหมึกยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น อิตาลี ไตหวัน สหรัฐอเมริกาและจีน เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2558 ปริมาณการจับปลาหมึกในประเทศไทยมีปริมาณการจับสูงถึง 90,987 ตัน ซึ่งมีมูลค่าการจับสูงถึง 9,242 ล้านบาท หากจำแนกปริมาณการจับปลาหมึกในฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน พบว่าฝั่งอ่าวไทยมีปริมาณการจับปลาหมึกอยู่ที่ 76,304 ตัน ในขณะที่ฝั่งทะเลอันดามันนั้นมีปริมาณการจับเพียงแค่ 14,683 ตันเท่านั้น โดยกลุ่มปลาหมึกที่มีปริมาณการจับมากที่สุดคือ กลุ่มของหมึกกล้วยที่มีปริมาณการจับทั้งในฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันสูงถึงร้อยละ 74.87 ของปริมาณการจับปลาหมึกทั้งหมด (กรมประมง, 2560)

หมึกกล้วยที่สำคัญทางเศรษฐกิจของอ่าวไทยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ หมึกหลอด *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* หมึกศอก *Uroteuthis* (*Photololigo*) *chinensis* และหมึกกะตอย *Loligolus* (*Niponololigo*) *sumatrensis* (สุภัทรชาและคณะ, 2559) จากปริมาณการจับหมึกกล้วยในอ่าวไทยมีปริมาณการจับที่สูงทำให้ทรัพยากรของหมึกกล้วยถูกใช้เกินศักย์การผลิตของธรรมชาติ (มาลา, 2538) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน นอกจากนี้แล้วยังพบเครื่องมือประมงบางประเภทเข้าไปทำลายทรัพยากรสัตว์วัยอ่อนและรบกวนแหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอาหาร แหล่งผสมพันธุ์และวางไข่ (ปิติพร, 2544) การทำประมงปลาหมึกพบกระจายทั่วไปทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ในพื้นที่ฝั่งอ่าวไทย เช่น จังหวัดระยองมีการทำประมงอวนครอบหมึกโดยมีเรือประมงที่ใช้อวนครอบหมึกจดทะเบียนจำนวน 643 ลำ หรือคิดเป็นร้อยละ 17.14 ของเรือประมงอวนครอบหมึกที่จดทะเบียนในประเทศไทย (กรมประมง, 2559) การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกพื้นที่จังหวัดระยองในการรวบรวมตัวอย่างหมึกกล้วยเนื่องจากมีการทำประมงอวนครอบหมึกดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นศึกษาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะหมึกหลอด ในพื้นที่บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการทรัพยากรหมึกหลอดในพื้นที่ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงหมึกหลอดในอนาคต เนื่องจากหมึกหลอดยังไม่มีการศึกษาทดลองเลี้ยงในประเทศไทยในปัจจุบัน เพื่อทดแทนการจับหมึกหลอดจากธรรมชาติและช่วยให้เกิดความยั่งยืนในการใช้ทรัพยากรหมึกหลอดในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่และการเก็บรวบรวมตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างหมึกหลอดบริเวณเกาะเสม็ด ตำบลบ้านเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง จากเรือประมงอวนครอบปั่นไฟ โดยแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 สถานี ได้แก่ สถานีฝั่งตะวันออก 2 สถานี คือ สถานีที่ 1 (S1) และสถานีที่ 4 (S4) สถานีฝั่งตะวันตก 2 สถานี คือ สถานีที่ 2 (S2) และสถานีที่ 3 (S3) (Figure 1) โดยทำการเก็บตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนมีนาคม และเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 ช่วงเวลากลางคืน

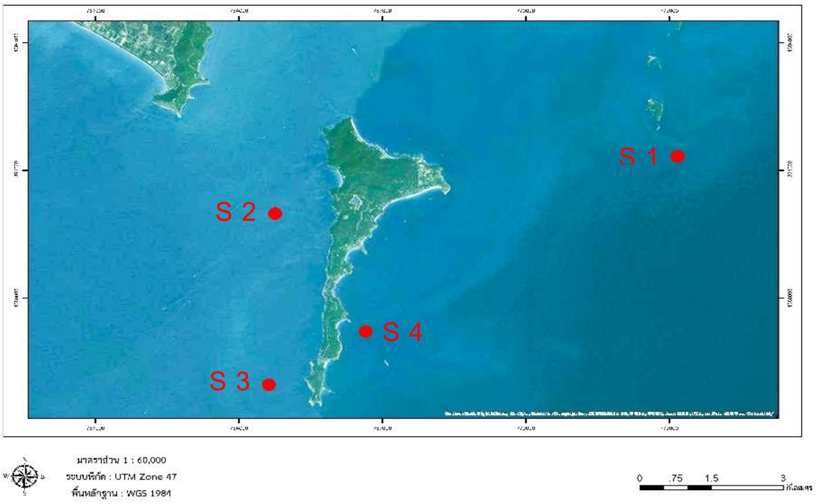


Figure 1 Sampling research station: 2 stations on the eastern parts of Samed Island (station 1 and 4) and the other 2 stations on the western parts of Samed Island (station 2 and 3).

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างหมึกหลอด (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*) ทั้งหมด 200 ตัวอย่าง นำมาวัดขนาดความยาวลำตัว (mantle length) หน่วยเป็นเซนติเมตร ชั่งน้ำหนักมีหน่วยเป็นกรัม จำแนกเพศและเก็บตัวอย่างกระเพาะหมึกหลอด เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ตรวจสอบระดับปริมาณอาหารภายในกระเพาะ (stomach fullness) หมึกหลอดตามวิธีการของ Lipinski (1979) ซึ่งแบ่งระดับของปริมาณอาหารออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 คือ ไม่มีอาหารภายในกระเพาะ

ระดับ 1 คือ มีปริมาณอาหารไม่เกิน 20% ของกระเพาะอาหาร

ระดับ 2 คือ มีปริมาณอาหารตั้งแต่ 20% ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 50% ของกระเพาะ

ระดับ 3 คือ มีปริมาณอาหารตั้งแต่ 50% ขึ้นไปของกระเพาะ

ระดับ 4 คือ มีปริมาณอาหาร 100% ของกระเพาะ

2. ศึกษากลุ่มของอาหารภายในกระเพาะหมึกหลอด โดยการชั่งน้ำหนักกระเพาะด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกรัมและศึกษาชนิดของอาหารในกระเพาะ จำแนกกลุ่มของอาหารภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำและนำกลุ่มอาหารที่จำแนกได้มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกรัม วิเคราะห์อัตราส่วนของอาหารแต่ละกลุ่มตามช่วงความยาวลำตัวของหมึกหลอด

3. วิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของอาหาร (IRI) ในแต่ละกลุ่มด้วยวิธีการของ Olson (1982) ตามสมการดังต่อไปนี้

$$IRI = (N + V) \times F$$

N = ร้อยละของจำนวนชิ้นในแต่ละกลุ่มของอาหาร

V = ร้อยละของน้ำหนักในแต่ละกลุ่มของอาหาร

F = ร้อยละของความถี่ที่พบในแต่ละกลุ่มของอาหาร

ผลการทดลอง

1. ขนาดความยาวลำตัวและสัดส่วนกระเพาะอาหารต่อน้ำหนักตัวของหมึกหลอด

หมึกหลอดจำนวน 200 ตัวอย่าง มีขนาดช่วงความยาวลำตัว 2.8 - 16.9 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 2.8 - 74.56 กรัม น้ำหนักของกระเพาะมีน้ำหนัก 0.0113 - 1.9640 กรัม โดยสัดส่วนของน้ำหนักกระเพาะต่อน้ำหนักตัวของหมึกหลอด พบว่ามีสัดส่วนเท่ากับ 0.11 - 7.12 % โดยแบ่งออกเป็นเพศผู้ 104 ตัว มีค่าเฉลี่ยความยาวลำตัว (8.40 ± 2.60) และเพศเมีย 96 ตัว มีค่าเฉลี่ยความยาวลำตัว (8.42 ± 1.34)

2. ปริมาณอาหารในกระเพาะหมึกหลอด

ระดับปริมาณอาหารภายในกระเพาะหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* พบว่าระดับปริมาณอาหารที่พบมากที่สุดคือ ระดับ 1 และ 2 (มีปริมาณอาหารเล็กน้อยภายในกระเพาะและมีปริมาณอาหารประมาณครึ่งหนึ่งหรือน้อยกว่าเล็กน้อยของขนาดกระเพาะ) คิดเป็นร้อยละ 24.50 รองลงมาคือ ระดับ 3 (มีปริมาณอาหารเกินครึ่งหนึ่งของขนาดกระเพาะ) ระดับ 4 (มีปริมาณอาหารเต็มกระเพาะ) และระดับ 0 (ไม่มีอาหารภายในกระเพาะ) คิดเป็นร้อยละ 21.00, 19.50 และ 10.50 ตามลำดับ (Figure 2)

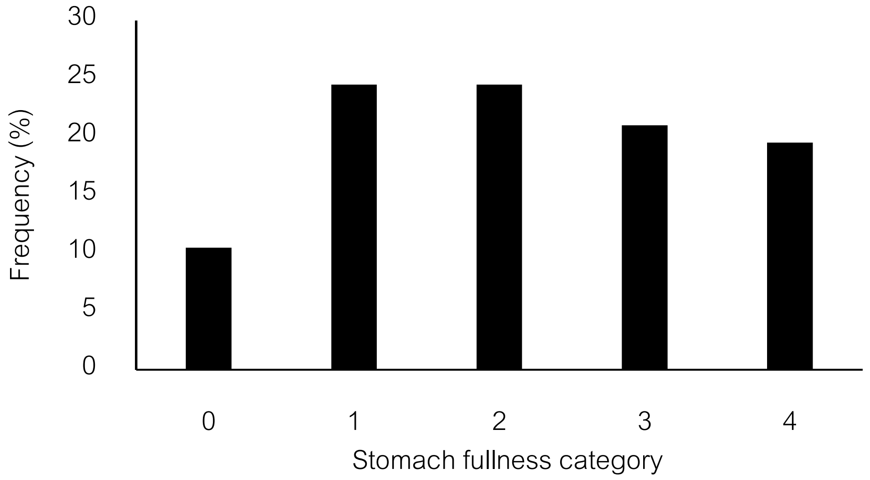


Figure 2 Frequency of occurrence of stomach fullness category

3. กลุ่มของอาหารภายในกระเพาะหมึกหลอด

กลุ่มของอาหารที่พบภายในกระเพาะหมึกหลอดที่รวบรวมได้บริเวณเกาะเสม็ดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มของปลา กลุ่มของครัสตาเชียนและกลุ่มของปลาหมึก (Figure 3) การกินอาหารของหมึกหลอดทั้ง 200 ตัวอย่าง พบว่ากินกลุ่มของปลาเพียงอย่างเดียวคิดเป็นร้อยละ 60.89 กินกลุ่มของปลาหมึกเพียงอย่างเดียวคิดเป็นร้อยละ 1.12 กินกลุ่มของครัสตาเชียนเพียงอย่างเดียวคิดเป็นร้อยละ 0.56 กินทั้งกลุ่มของปลาและปลาหมึกคิดเป็นร้อยละ 11.17 กินทั้งกลุ่มของปลาและครัสตาเชียนคิดเป็นร้อยละ 18.44 กินทั้งกลุ่มของปลา ปลาหมึกและครัสตาเชียนคิดเป็นร้อยละ 7.82 (Table 1)

หมึกหลอดที่มีขนาดความยาวลำตัว 0 - 5 เซนติเมตร พบว่ากินปลาเพียงอย่างเดียว หมึกหลอดที่มีขนาดความยาวลำตัวตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป พบว่ามีการกินอาหารที่หลากหลายโดยพบทั้งกลุ่มของปลา กลุ่มของปลาหมึกและกลุ่มของครัสตาเชียนภายในกระเพาะ นอกจากนี้ยังพบว่าหมึกหลอดที่มีขนาดความยาวลำตัวแต่ตั้ง 5 เซนติเมตรขึ้นไปมีพฤติกรรมการกินพวกเดียวกันเอง (Cannibalism) ด้วย (Table 1)

Table 1 Diet of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* : effect of body size. For each mantle length class, the table indicates number of stomachs examined (N), percentages of empty, and non-empty stomachs which contained fish (F), cephalopod (Ce) and crustaceans (Cr).

Mantle Length class (cm)	N	Percent empty	Percentage of non-empty stomach contents					
			F	Ce	Cr	F+Ce	F+Cr	F+Ce+Cr
0-5	3	66.67	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5-10	165	10.91	63.95	1.36	0.68	9.52	16.33	8.16
10-15	29	3.45	46.43	0.00	0.00	17.86	28.57	7.14
>15	3	0.00	33.33	0.00	0.00	33.33	33.33	0.00
Total	200	10.50	60.89	1.12	0.56	11.17	18.44	7.82

4. ดัชนีความสำคัญของกลุ่มอาหารแต่ละชนิด (IRI)

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีความสำคัญในแต่ละกลุ่มของอาหาร พบว่ากลุ่มของปลามีค่าดัชนีความสำคัญสูงที่สุดโดยมีค่า IRI เท่ากับ 16,173.52 รองลงมาคือ กลุ่มของครัสตาเชียนมีค่า IRI เท่ากับ 216.00 และสุดท้ายคือ กลุ่มของปลาหมึกมีค่า IRI เท่ากับ 129.78 (Table 2)

Table 2 The index of relative importance (IRI) of prey groups in diet of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*

Prey Group	Weight (g)	%	Number of abundance (pcs)	%	Frequency of occurrence	%	IRI
Fish	34.2412	85.39	134,918	98.40	176	88.00	16,173.52
Cephalopods	2.6526	6.61	824	0.60	36	18.00	129.78
Crustaceans	3.2081	8.00	1,368	1.00	48	24.00	216.00

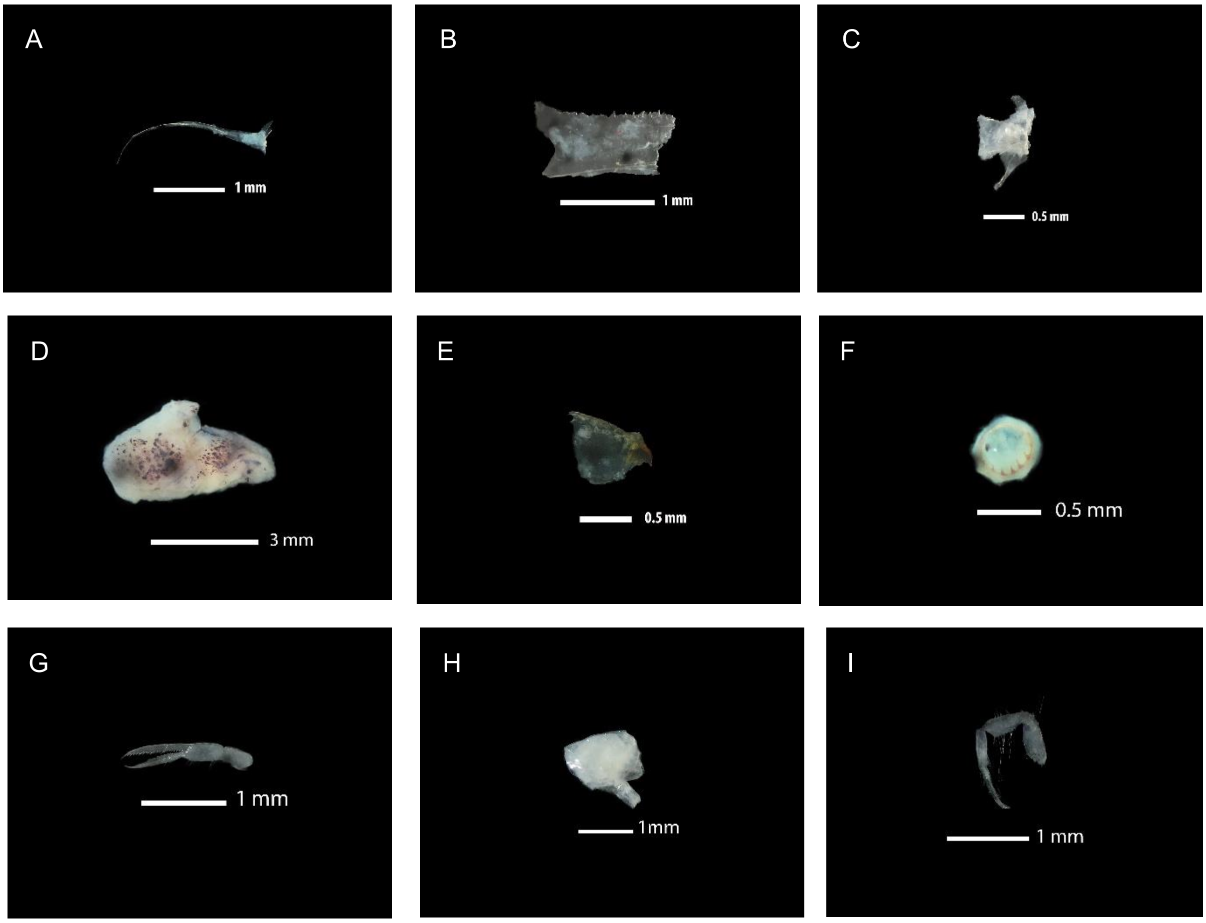


Figure 3 Prey groups of *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* : fishes inclunde rib (A), jaw (B) and vertebra (C), cephalopods include mentle (D), beak (E) and sucker ring (F) and crustaceans include cheliped (G), abdomen (H) and leg (I)

วิจารณ์ผลการทดลอง

อาหารที่พบภายในกระเพาะหมึกหลอด (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii*) มีสภาพถูกบดย่อยเป็นชิ้นขนาดเล็ก เนื่องจากปลาหมึกมีกระบวนการกินและย่อยอาหารที่มีประสิทธิภาพ (Boyle and Rodhouse, 2005) อย่างไรก็ตามการศึกษาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะปลาหมึกยังสามารถกระทำได้ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกอาหารที่พบออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มของปลา กลุ่มของปลาหมึกและกลุ่มของครัสตาเซียน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kore and Joshi (1975) ที่ศึกษาการกินอาหารของหมึกกล้วยชนิด *Loligo duvaucli* พบว่าหมึกกล้วยชนิดนี้กินเนื้อเป็นอาหาร (carnivores) เหมือนกับปลาหมึกกลุ่มอื่น ๆ

อาหารหลักของหมึกหลอดคือ ปลา ครัสตาเซียนและปลาหมึกตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเสาวภาและสมพงษ์ (2528); Sauer and Lipiski (1991); Pierce *et al.* (1994) พบว่าอาหารหลักของหมึกกล้วยคือ ปลา ครัสตาเซียนและปลาหมึกตามลำดับ การศึกษาของ Santos and Haimovici (1997) ในหมึกกล้วยครอบครัว Ommastrephidae และการศึกษาของของปภัสวรรณและคณะ (2558) ในหมึกศอก (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *chinensis*) บริเวณอ่าวไทย พบว่าอาหารหลักคือ ปลา ปลาหมึกและครัสตาเซียนตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าหมึกหลอดมีพฤติกรรมการกินกันเอง (Kore and Joshi, 1975; Jereb and Roper 2010) ระดับปริมาณอาหารภายในกระเพาะหมึกหลอดที่พบมากที่สุดคือระดับ 1

และระดับ 2 รองลงมาคือระดับที่ 3 และระดับที่ 4 ตามลำดับ น้อยที่สุดคือระดับ 0 แสดงให้เห็นว่าหมึกหลอดมีการกินอาหารในเวลากลางคืน ซึ่งสอดคล้องกับ Santos and Haimovici (1997) ที่ศึกษาการกินอาหารของหมึกกล้วยครอบครัว Ommastrephidae พบว่าการกินอาหารจะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน

ขนาดความยาวลำตัวของหมึกหลอดที่แตกต่างกันมีผลต่อการเลือกกินกลุ่มของอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kore and Joshi (1975) ที่กล่าวไว้ว่า กลุ่มของปลาเป็นอาหารที่หมึกกล้วยทุกขนาดความยาวลำตัวกินเป็นอาหาร แต่จะพบพฤติกรรมการกินกันเองในขนาดความยาวลำตัวตั้งแต่ 8 เซนติเมตร ขึ้นไปในหมึกกล้วยชนิด *Loligo duvaucelii*

การศึกษาดัชนีความสำคัญของกลุ่มอาหาร พบว่ากลุ่มอาหารที่สำคัญที่สุดคือ กลุ่มของปลา รองลงมาคือกลุ่มของครัสตาเชียนและกลุ่มของปลาหมึกตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาของปภัสวรรณและคณะ (2558) ที่ได้ศึกษาองค์ประกอบของอาหารภายในกระเพาะหมึกศอก (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *chinensis*) ในอ่าวไทย พบว่าดัชนีความสำคัญของอาหารในกลุ่มของปลามีดัชนีมากที่สุด (IRI = 13,498.47) รองลงมาคือกลุ่มของปลาหมึก (IRI = 58.57) และกลุ่มของครัสตาเชียน (IRI = 49.05) ตามลำดับ

สรุป

หมึกหลอด *Uroteuthis* (*Photololigo*) *duvaucelii* บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง เป็นกลุ่มปลาหมึกที่มีการกินอาหารในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งหมึกหลอดชนิดนี้กินเนื้อเป็นอาหารโดยกลุ่มอาหารหลักที่กินคือ กลุ่มของปลา รองลงมาคือกลุ่มของครัสตาเชียนและกลุ่มของปลาหมึกตามลำดับ ขนาดความยาวลำตัวที่แตกต่างกันของหมึกหลอดมีผลต่อการเลือกกินกลุ่มของอาหาร โดยพบว่าหมึกหลอดที่มีขนาดความยาวลำตัวตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไปมีพฤติกรรมการกินกันเอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนสถานที่ เครื่องมือสำหรับทำวิจัย รวมทั้งชาวประมงในพื้นที่ทำการศึกษาและเพื่อนนิสิตปริญญาโทภาควิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมตัวอย่างในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2559). **สถิติเรือประมงไทย ปี 2557.** เอกสารฉบับที่ 1/2559. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 66.

กรมประมง. (2560). **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2558**. เอกสารฉบับที่ 5/2560. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. น. 31-36.

ปภัสวรรณ สุนทรเกตุ, จรวย สุขแสงจันทร์, เยาวลักษณ์ มั่นธรรม และทศพล แซ่เฮง. 2558. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะของหมึกศอก (*Uroteuthis* (*Photololigo*) *chinensis* Gray, 1849) ในอ่าวไทย. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 53 (น. 1280-1287). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิติพร นิลพัฒน์. 2544. **ชีวประวัติและพฤติกรรมบางประการของหมึกหูช้าง**, ***Euprymna hyllebergi* Nateewathana, 1997.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาลา สุพงษ์พันธุ์. 2538. ทรัพยากรและการประมงปลาหมึกในอ่าวไทย *ใน* **สรุปผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงปลาหมึก, 12-16 กรกฎาคม 2536 (น.191-202).** สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง, ระยอง.

สุภัทรชา ธุระกิจ, ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์, จิราภัษ อัจจิมางกูร, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และมณฑ์นิศาษ์ ศรีสมวงศ์. 2559. ความผันแปรตามเวลาของการเจริญพันธุ์ของหมึกกล้วยชนิด *Photololigo duvaucelii* ในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 54 (น. 789-796). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสาวภา สวัสดิ์พีระ และสมพงษ์ ดุลย์จินดาชบาพร. 2528. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะหมึกกล้วย, *Loligo duvaucelii* (Orbigny). **เอกสารงานวิจัย (มหาวิทยาลัยศรีนครินทีวิโรฒ วิทยาเขตบางแสน. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล)**; เลขที่ 06/2528. 22 หน้า

Boyle, P.R. and Rodhouse, P. 2005. **Cephalopods: Ecology and Fisheries.** Blackwell Science Ltd, UK.

Jereb, P. and Roper, C.F.E. 2010. **Cephalopods of the World: An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species know to date Volume 2. Myopsid and Oegopsid Squids.** FAO, Rome.

Kore, B.A. and Joshi, M.C. 1975. Food of the squid, *Loligo duvauceli* d'Orbigny. **Proc. Indian Acad. Sci.**, Vol. 81B, No. 1, 20-28 pp.

Lipinski, M.R. 1979. Universal maturity scale for the commercially-important squids (Cephalopoda: Teuthoidea). The results of maturity classification of the *Illex illecebrosus* (Lesueur, 1821) populations of the years 1973-1977. **Res. Doc. Int. Commn NW. Atl. Fish.** 79/II/38 40 pp.

Olson, R.J. 1982. Feeding and energetics studies of yellowfin tuna: food for ecological thought, pp. 444-457. *In* **Symposium of the Inter American Tropical Tuna Commissio**n. 1981/003, Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.

Pierce, G.J., Boyle, P.R., Hastie, L.C. and Begona Santos, M. 1994. Diet of squid *Loligo forbesi* and *Loligo vulgaris* in the northeast Atlantic. **Fisheries Research 21 (1994)**: 149-163 pp.

Santos, R.A. and Haimovici, M. 1997. Food and feeding of the short-finned squid *Illex argentines* (Cepholopoda: Ommastrephidae) off southern Brazil. **Fisheries Research 33 (1997)**: 139-147 pp.

Sauer, W.H.H. and Lipinski, M.R. 1991. Food of Squid *Loligo vulgaris reynaudii* (Cephalopoda: Loliginidae) on their spawning grounds off the Eastern Cape, South Africa. **S. Afr. J. mar. Sci. 10**: 193-201 pp.

ผลของอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง และเนื้อปลาแซลมอนบด ที่มีต่อคุณภาพแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค

Effect of Ratio Between Egg and Soy Milk and Mince Salmon on Qualities of Ready to Eat Soften Salmon

__นฤพร ทองแพง__[1] อัญชลี อุษณาสุวรรณกุล[2] และจีรวรรณ มณีโรจน์[1*]

__Naruporn Thongpang__[1], Aunchalee Aussanasuwannakul[2] and Jirawan Maneerote[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง และปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 และปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 15, 25 และ 35 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า ที่ร้อยละของปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดเท่ากัน เมื่ออัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคเพิ่มขึ้น แต่ค่าร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่งผลทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) พลังงานในการบดเคี้ยว (Gumminess) และพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวอยู่ในสภาวะพร้อมกลืน (Chewiness) ลดลงตามไปด้วย ผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคที่มีเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 35 มีค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างที่มีปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 15 และ 25

ABSTRACT

The objective in this research was to investigate the effect of ratio between egg and soy milk and mince salmon on chemical and physical properties of ready to eat soften salmon. The experiment was studies of 2 factors including ratio between whole egg and soy milk in 3 ratio (1:1 1:2 and 1:3) and mince salmon at 3 levels (15, 25 and 35 %w/w). The results showed that when increased ratio between whole egg and soy milk with a similar level of mince salmon, the moisture content of soften salmon products was increased. In contrast, the samples were decreased significantly in water holding capacity (%WHC) ($p\leq0.05$) and resulting in decrease in hardness, chewiness and gumminess. In addition, soften salmon products with mince salmon at 35 % was increased significantly of a^* ($p\leq0.05$) compared with mince salmon at 15 and 25% of products.

Key words: Egg, Quality, Salmon, Soften Salmon, Soy milk

*Corresponding another: e-mail address: **ffisjwm@ku.ac.th**

[1]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปลาแซลมอน ไข่ไก่ และน้ำนมถั่วเหลือง เป็นแหล่งอาหารที่ให้โปรตีนสูง โดยทั่วไปปลาแซลมอนมีโปรตีนร้อยละ 15 – 20 (Sikorski, 1990) ทั้งยังอุดมไปด้วยโอเมก้า 3 ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มของกรดไขมันจำเป็น (Essential Fatty Acid) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Li *et al.*, 2001) ไข่ไก่มีโปรตีน 36.77 กรัม (คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไข่ไก่และผลิตภัณฑ์, 2559) และน้ำนมถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 6.73 กรัมต่อหนึ่งถ้วย (Behareh, 2009) ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพยังคงเป็นกระแสนิยมของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค เพื่อเป็นทางเลือกอาหารเพื่อสุขภาพ ที่สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตประกอบด้วยเนื้อปลาแซลมอน ไข่ไก่ และน้ำนมถั่วเหลือง ทั้งนี้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนปลาแซลมอนและโปรตีนไข่ไก่ คือ สามารถเกิดเจลได้ ส่วนน้ำนมถั่วเหลือง เป็นของเหลวที่อยู่ในระบบคอลลอยด์ เมื่อผสมน้ำนมถั่วเหลืองกับเนื้อปลาแซลมอนและไข่ไก่ จะส่งผลให้เจลของโปรตีนเนื้อปลาแซลมอนและไข่ไก่มีความอ่อนนุ่มลง

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง และเนื้อปลาแซลมอนบด ที่มีผลต่อคุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค เพื่อเป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองไปล้างน้ำ จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด 2 นาที ด้วยอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อถั่วเหลือง 5:1 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) สะเด็ดน้ำและนำถั่วเหลืองไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อถั่วเหลือง 5:1 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) นำถั่วเหลืองไปปั่นละเอียดกับน้ำร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 2 นาที ที่อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อถั่วเหลืองต่อน้ำ 5:1 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น และนำน้ำนมถั่วเหลืองดิบไปต้มให้เดือด 5 นาที ได้น้ำนมถั่วเหลืองสำหรับใช้ในการผลิตแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค

การเตรียมเนื้อปลาแซลมอนบด

นำเนื้อปลาแซลมอนที่ซื้อมาจากบริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน) สาขาอุดมสุข สับให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปล้างน้ำเกลือจำนวน 2 ครั้ง เพื่อกำจัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิก โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีอัตราส่วนระหว่างน้ำเกลือต่อเนื้อปลาแซลมอน 3:1 และ 4:1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ ระหว่างกระบวนการล้างสะเด็ดน้ำ 1 นาที จากนั้นนำไปปั่นละเอียด 2 นาที ใช้ไม้พายคนให้เข้ากัน ปั่นต่ออีก 1 นาที ทั้งนี้ค่อย ๆ เติมเกลือร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักเนื้อปลาแซลมอน ระหว่างการปั่นละเอียด (ดัดแปลงวิธีการจาก มนัส, 2549)

การวางแผนการทดลองและการผลิตแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 ปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 15, 25 และ 35 (Table 1) ผสม

ส่วนประกอบให้เข้ากันนำไปกรองด้วยตะแกรง 2 ชั้น เทใส่กล่องพลาสติกพอลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 90 นาที เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

Table 1 Ratio between whole egg to soy milk and quantity of mince salmon to prepare samples

Ingredients	Ratio between whole egg and soy milk (weight)								
	1:1			1:2			1:3		
				Treatment					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Egg (gram)	42.50	37.50	32.50	28.33	25.00	21.67	21.25	18.75	16.25
Soy milk (gram)	42.50	37.50	32.50	56.67	50.00	43.33	63.75	56.25	48.75
Mince Salmon (gram)	15.00	25.00	35.00	15.00	25.00	35.00	15.00	25.00	35.00

การวิเคราะห์คุณลักษณะผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น Modified Method 934.01 (AOAC, 2000) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity; %WHC) (Eide *et al*., 1982) โดยเตรียมตัวอย่าง 2 กรัม บรรจุในถุงพอลีเอทีลีน 2 ชั้น จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3600 rpm 5 นาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการหมุนเหวี่ยง คำนวณ % WHC โดยมีสูตรคำนวณ คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังหมุนเหวี่ยง (กรัม) / น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม) × 100 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าสี ได้แก่ *L**, *a** และ *b**(ดัดแปลงวิธีการจาก สมหญิง, 2552) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง (Konica Minolta spectrophotometer รุ่น CM-3500 ยี่ห้อ Konica Minolta, Japan) เตรียมตัวอย่างลักษณะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ค่าเนื้อสัมผัสวิเคราะห์ Texture Profile Analysis (TPA) (Greiff *et al.,* 2015) ด้วยเครื่อง (Texture Analyzer รุ่น TA-HD / 50 ยี่ห้อ Stable Micro system, England) เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวัดค่าสี ตั้งค่า Pre – test speed, Test speed และ Post - test speed เท่ากับ 1, 2 และ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่ออัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ความชื้นของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) เมื่อเทียบในตัวอย่างที่มีเนื้อปลาแซลมอนบดที่ร้อยละเท่ากัน (Table 2) แต่เมื่อปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) เมื่อเทียบในตัวอย่างที่มีอัตราส่วนไข่ไก่และน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วนเดียวกัน ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบส่งผลต่อปริมาณความชื้นของตัวอย่างแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค Liu

(1997) รายงานว่า น้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 90.8 ส่วนอัฏฐพล (2558) พบว่าน้ำนมถั่วเหลืองทางการค้ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 94.49 เนื้อปลาแซลมอนมีปริมาณความชื้นร้อยละ 69.0 - 78.3 (Sikorski, 1990) และไข่ไก่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 36.77 (คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไข่ไก่และผลิตภัณฑ์, 2559) โดยตัวอย่างที่มีสัดส่วนของน้ำนมถั่วเหลืองมากจะมีปริมาณความชื้นมาก การเพิ่มปริมาณน้ำนมถั่วเหลือง ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) เมื่อเทียบในตัวอย่างที่มีปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดเท่ากัน ส่วนการเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$)

Table 2 Moisture content (%wb) and water holding capacity (%) of soften salmon samples with different ratio between whole egg to soy milk and quantity of mince salmon.

Parameter	Minced salmon (%)	Ratio between whole egg and soy milk 1:1	1:2	1:3
Moisture (% wet basis)	15	83.44 ± 0.10^{Ca}	85.91 ± 0.25^{Ba}	86.90 ± 0.50^{Aa}
	25	82.33 ± 0.24^{Bb}	84.88 ± 0.22^{Ab}	85.22 ± 0.38^{Ab}
	35	81.12 ± 0.25^{Bc}	83.38 ± 0.13^{Bc}	84.28 ± 0.10^{Ac}
Ratio		1:1	$1{:}2^{ns}$	$1{:}3^{ns}$
Water Holding Capacity (%WHC)	15	55.56 ± 2.56^{Aa}	47.90 ± 4.43^{B}	41.20 ± 0.43^{C}
	25^{NS}	50.33 ± 1.38^{b}	46.83 ± 2.49	48.44 ± 7.49
	35	51.71 ± 2.26^{Aab}	46.23 ± 0.59^{B}	44.07 ± 0.27^{B}

Ratio : Ratio between whole egg and soy milk. Mean values and standard deviation (±SD) are presented for each parameter (n = 3). ^{ABC} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \le 0.05$). ^{abc} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \le 0.05$). ^{NS} Non significant in the same row. ^{ns} Non significant in the same column.

ค่าสีของผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคแสดงใน Table 3 โดยพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง ส่งผลให้ตัวอย่างมีค่าความสว่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่มีปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 15 และ 25 ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ค่า L^* ไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างที่มีอัตราส่วนไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่ 1:3 น้ำนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้ค่าความสว่างลดลง โดยน้ำนมถั่วเหลืองทางการค้ามีค่าความสว่าง เท่ากับ 72.22 (อัฏฐพล, 2558) ค่า a^* บ่งบอกถึงความเป็นสีแดง พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมถั่วเหลือง ค่า a^* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างที่มีปริมาณร้อยละเนื้อปลาแซลมอนบดเท่ากัน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ส่งผลให้ ค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$) เมื่อเทียบในอัตราส่วนไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่เท่ากัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากเนื้อปลาแซลมอนมีสีส้มอมชมพูซึ่งเป็นรงควัตถุของแอสตาแซนทีนในกลุ่มแซนโทฟิลด์ หรือคีโตแคโรทีนอยด์ (วรรณวิมล และมารุจ, 2553) เมื่อมีปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดมากอาจส่งผลให้ค่า a^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า b^* บ่งบอกถึงความเป็นสีเหลือง พบว่าเมื่อปริมาณของน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น ค่า b^*

มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p≤0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในตัวอย่างที่มีปริมาณร้อยละเนื้อปลาแซลมอนบดเท่ากัน ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ค่า *b** ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยค่า *b** ของตัวอย่างแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภค อาจจะขึ้นอยู่กับสีของไข่แดง และปริมาณของน้ำนมถั่วเหลืองที่เป็นองค์ประกอบ

Table 3 Color of soften salmon samples with different ratio between whole egg to soy milk and mince salmon.

Color	Minced salmon (%)	Ratio between whole egg and soy milk		
		1:1	1:2	1:3
*L**	15	70.98 ± 0.04^{Cb}	71.63 ± 0.16^{Bb}	72.19 ± 0.10^{Aa}
	25	71.58 ± 0.16^{Ba}	71.97 ± 0.10^{Aa}	71.91 ± 0.07^{Ab}
	35	71.48 ± 0.27^{Ba}	71.75 ± 0.15^{Ab}	71.54 ± 0.08^{ABc}
*a**	15	4.32 ± 0.09^{Ac}	3.85 ± 0.06^{Bc}	3.35 ± 0.05^{Cc}
	25	5.61 ± 0.18^{Ab}	5.30 ± 0.08^{Bb}	4.95 ± 0.07^{Cb}
	35	6.73 ± 0.15^{Aa}	6.59 ± 0.05^{Ba}	6.30 ± 0.03^{Ca}
*b**	15	18.67 ± 0.12^{Aa}	17.08 ± 0.05^{Ba}	15.33 ± 0.03^{Cb}
	25	17.93 ± 0.12^{Ab}	16.78 ± 0.03^{Bb}	15.54 ± 0.34^{Cab}
	35	17.86 ± 0.35^{Ab}	16.62 ± 0.06^{Bc}	15.65 ± 0.05^{Ca}

Mean values and standard deviation (±SD) are presented for each parameter (n = 5). ^{ABC} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p≤0.05$) in each group. ^{abc} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p≤0.05$) in each group.

ที่ปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 15 เมื่อเพิ่มอัตราระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่ระดับ 1:1, 1:2 และ 1:3 ทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) แรงที่ใช้ในการดึงหัวกด (Adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) แรงที่ยึดเกาะกันภายในโมเลกุลอาหาร (Cohesiveness) พลังงานในการบดเคี้ยว (Gumminess) และ พลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวอยู่ในสภาวะพร้อมกลืน (Chewiness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p≤0.05$) ส่วนแรงจุดยอดแรกที่ทำให้อาหารแตก (Fracturability) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคที่มีปริมาณเนื้อปลาแซลมอนร้อยละ 25 และ 35 เมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง ให้ผลในลักษณะเช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การเพิ่มอัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 86.90 ของน้ำหนักฐานเปียก (Table 2) โดยปริมาณความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร คือ เมื่ออาหารมีปริมาณความชื้นสูง แรงที่ยึดเกาะระหว่างโมเลกุลอาหารจะน้อย เนื่องจากปริมาณความชื้น ในที่นี้คือ น้ำนมถั่วเหลืองได้แทรกตัวอยู่ในโมเลกุลอาหาร และยังส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำน้อย (Table 2) ด้วยเหตุนี้เมื่อผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคได้รับแรงกด จึงมีค่าความแข็งน้อย และใช้พลังงานในการบดเคี้ยวน้อยตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับธัญญาภรณ์ (2550) รายงานว่า ปริมาณความชื้นและความสามารถในการอุ้มน้ำ มีอิทธิพลต่อค่าเนื้อสัมผัสของอาหาร

ที่อัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองระดับ 1:1 เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 15, 25 และ 35 ทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) แรงที่ใช้ในการดึงหัวกด (Adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) แรงที่ยึดเกาะกันภายในโมเลกุลอาหาร (Cohesiveness) พลังงานในการบดเคี้ยว (Gumminess) และพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวอยู่ในสภาวะพร้อมกลืน (Chewiness) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนแรงจุดยอดแรกที่ทำให้อาหารแตก (Fracturability) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคที่มีอัตราส่วนระหว่างไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง 1:2 และ 1:3 เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ให้ผลในลักษณะเช่นเดียวกัน อาจกล่าวได้ว่า เมื่อเนื้อปลาแซลมอนบดและไข่ไก่ได้รับความร้อน โปรตีนของเนื้อปลาและไข่ไก่จะทำการจับกับน้ำ เกิดเป็นเจลที่มีความแข็งแรงสูง เมื่อได้รับแรงกดจึงสามารถคืนรูปได้ดี ทั้งยังส่งผลให้พลังงานในการบดเคี้ยวสูงด้วย (Table 4)

เมื่อวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมแบบ factorial (ไม่ได้แสดงผลในที่นี้) พบว่า Main effect ได้แก่ อัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองและเนื้อปลาแซลมอนบด พบว่า อัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณความชื้น ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งกล่าวได้ว่าอัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นมากกว่าเนื้อปลาแซลมอนบด จึงส่งผลให้มีค่าความแข็งน้อย ส่วนเนื้อปลาแซลมอนบด มีผลต่อค่าสีแดง (a^*) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) โดยสีของเนื้อปลาแซลมอนเกิดจาก รงควัตถุแอสตาแซนทีนในกลุ่มแคโรทีนอยด์ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง (a^*) สูง อีกทั้งเนื้อปลาแซลมอนบด มีความสามารถในการเกิดเจลที่แข็งแรง จึงส่งผลให้มีความสามารถในการคืนรูปได้ดีเมื่อได้รับแรงกด อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองร่วมกับปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าเนื้อสัมผัส ดังนั้นการใช้อัตราส่วนไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลือง 1:1 ร่วมกับเนื้อปลาแซลมอนบดร้อยละ 35 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ปริมาณความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่าความแข็ง (Hardness) พลังงานในการบดเคี้ยว (Chewiness) และพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวอยู่ในสภาวะพร้อมกลืน (Gumminess) มาก ทั้งยังมีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูง จึงนำไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคต่อไป

Table 4 Texture of ready to eat soften salmon at different ratio between egg and soybean milk and quantity of salmon.

Texture parameter	Minced salmon (%)	Ratio between whole egg and soy milk		
		1:1	1:2	1:3
Hardness (N)	15	3.12 ± 0.07^{Ab}	1.83 ± 0.12^{Bc}	1.55 ± 0.06^{Cc}
	25	3.15 ± 0.08^{Ab}	2.32 ± 0.09^{Bb}	1.96 ± 0.13^{Cb}
	35	3.35 ± 0.07^{Aa}	2.64 ± 0.07^{Ba}	2.22 ± 0.12^{Ca}
Ratio		1:1^{ns}	1:2^{ns}	1:3
Fracturability (N)	15^{NS}	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01^{b}
	25^{NS}	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.01^{a}
	35^{NS}	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.10 ± 0.01^{ab}

Ratio		$1:1^{ns}$	1:2	1:3
Adhesiveness (Ns)	15	-0.10 ± 0.13^{A}	-0.25 ± 0.08^{Bb}	-0.38 ± 0.07^{Ca}
	25	-0.05 ± 0.09^{A}	-0.25 ± 0.08^{Bb}	-0.50 ± 0.12^{Cb}
	35	-0.01 ± 0.16^{A}	-0.11 ± 0.07^{Ba}	-0.36 ± 0.09^{Ca}
Ratio		1:1	1:2	1:3
Springiness	15	0.48 ± 0.04^{Aa}	0.39 ± 0.04^{Bc}	0.28 ± 0.01^{Cc}
	25	0.43 ± 0.02^{Bb}	0.48 ± 0.06^{Ab}	0.34 ± 0.02^{Cb}
	35	0.46 ± 0.04^{Bab}	0.62 ± 0.05^{Aa}	0.37 ± 0.03^{Ca}
Ratio		$1:1^{ns}$	1:2	1:3
Cohesiveness	15	0.21 ± 0.03^{A}	0.19 ± 0.01^{Bb}	0.16 ± 0.01^{Cb}
	25	0.19 ± 0.02^{B}	0.22 ± 0.01^{Aa}	0.18 ± 0.01^{Ca}
	35	0.20 ± 0.02^{B}	0.23 ± 0.01^{Aa}	0.18 ± 0.02^{Ca}
Ratio		1:1	1:2	1:3
Gumminess	15	0.63 ± 0.03^{Ab}	0.37 ± 0.04^{Bc}	0.25 ± 0.03^{Cb}
	25	0.62 ± 0.05^{Ab}	0.51 ± 0.02^{Bb}	0.35 ± 0.04^{Bb}
	35	0.67 ± 0.02^{Aa}	0.59 ± 0.05^{Ba}	0.40 ± 0.05^{Ca}
Ratio		1:1	1:2	1:3
Chewiness	15	0.31 ± 0.03^{Aab}	0.16 ± 0.06^{Bc}	0.07 ± 0.01^{Cc}
	25	0.28 ± 0.05^{Ab}	0.25 ± 0.04^{Ab}	0.12 ± 0.02^{Bb}
	35	0.32 ± 0.04^{Ba}	0.37 ± 0.04^{Aa}	0.15 ± 0.03^{Ca}

Ratio : Ratio between whole egg and soy milk. Mean values and standard deviation (±SD) are presented for each parameter (n = 10). ^{ABC} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$). ^{abc} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$). ^{NS} Non significant in the same row. ^{ns} Non significant in the same column.

สรุป

อัตราส่วนของไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ส่วนปริมาณร้อยละของเนื้อปลาแซลมอนบดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ปริมาณความชื้นของตัวอย่างแซลมอนเนื้อนุ่มยังมีอิทธิพลต่อค่าเนื้อสัมผัส ตัวอย่างแซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคที่มีปริมาณความชื้นมากมีค่า Hardness, Chewiness และ Gumminess ลดลง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณเนื้อปลาแซลมอนบด ทำให้ค่า Springiness เพิ่มขึ้น นอกจากนี้วัตถุดิบที่นำมาใช้มีอิทธิพลต่อค่า *L**, *a** และ *b** โดยการเพิ่มขึ้นของน้ำนมถั่วเหลือง ส่งผลให้ค่า *L** ลดลง ส่วนเนื้อปลาแซลมอนบดและไข่ไก่ ส่งผลต่อค่า *a** และ *b** ตามลำดับ อัตราส่วนไข่ไก่ต่อน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราส่วน

1:1 ให้คุณภาพทางเคมี และกายภาพที่เหมาะสม จึงคัดเลือกไปใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แซลมอนเนื้อนุ่มพร้อมบริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ปี 2561

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการนโยบายพัฒนาไข่ไก่และผลิตภัณฑ์. 2559. The Story of Eggs **เรื่องราวไข่ไก่ที่สมบูรณ์ที่สุดในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. **การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร.** วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 3(1). หน้า 6-13.

มนัส ชัยจันทร์. 2459. **การจำแนกคุณลักษณะของโปรตีนกล้ามเนื้อและอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนไมโอไฟบริลกับไมโอโกลบินของปลาเนื้อดำที่ใช้ผลิตซูริมิ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ และมารุจ ลิมปะวัฒนะ. 2553. **แอสตาแซนธิน: คุณค่าที่มากกว่าความเป็นสี.** วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 5(1). หน้า 7-12.

สมหญิง ศรีศศิธร. 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ข้าวโพดหวาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัฐฏพล อิสสระ. 2558. **น้ำนมรำข้าวอินทรีย์ชนิดพาสเจอร์ไรส์และพร้อมชง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis.** Associatical of Official Analytical Chemists: Washington, D.C.

Bahareh, H. 2009. Comparsion of Nutritional and Chemical Parameters of Soymilk and Cow milk. **International Science Index, Nutrition and Food Engineering.** 3(9): 455 - 457

Eide, O., Børresen, T., and Strøm, T. 1982. Minced fish production from capelin (Mallotus villosus). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. **J. Food Sci.** 47(2): 347 -349.

Greiff, K., C. J. Staurem, B. Nordvi., and T. Rustad. 2015. Novel utilization of milk-based ingredients in salt reducedfish pudding. **LWT - Food Science and Technology.** 63: 92-99.

Li, D., B.Ortwin, H.Drummond and A.Sinclair. 2001. Omega-3 Fatty Acids, pp. 255-262. F.D. Gunstone, eds. **Lipids for Functional Food and Nutraceuticals.**

Liu, K. 1997. **Soybeans : Chemistry, Technology, and Utilization.** Chapman & Hall, New York.

Sikorski, Z. E. 1990. Seafood : Resources. Nutritional Composition and Preservation. **CRC Press, Inc. Florida.** 248 p.

ลักษณะของจะงอยปาก และความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปากกับความยาวของหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* (Orbigny, 1835)

Morphological Characteristics and Relationship between Beak Dimensions and Length of *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* (Orbigny, 1835)

สนธยา ผุยน้อย[1*] จรวย สุขสงจันทร์[1] และ ทศพล แซ่เฮง[1]

Sonthaya Phuynoi[1*], Charuay Sukhsangchan[1] and Tossapol Saeheng[1]

บทคัดย่อ

รวบรวมตัวอย่างหมึกหลอด *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* (Orbigny, 1835) จากเครื่องมือประมงไดหมึกที่ทำการประมงในบริเวณจังหวัดระยองจำนวนทั้งหมด 466 ตัว โดยแบ่งเป็นเพศผู้ 259 ตัว และเพศเมีย 207 ตัว มีค่าความยาวลำตัว (ML) เฉลี่ยเท่ากับ 7.80±1.64 เซนติเมตร ค่าความยาวเหยียด (TL) เฉลี่ยเท่ากับ 13.33±2.70 เซนติเมตร ศึกษาลักษณะของจะงอยปาก เช่น ขนาด รูปทรง สี และความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาว พบว่าส่วนปลายจะงอยปากของหมึกหลอดทั้งจะงอยปากบนและจะงอยปากล่างมีแถบสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ปลายจะงอยปากบนมีลักษณะแหลมมากว่าและส่วนปีกของจะงอยปากบนมีขนาดสั้นกว่าปีกจะงอยปากล่าง ส่วนลำตัวของจะงอยปากบนยาวและมีผนังด้านข้างโค้งเห็นได้ชัดเจน จะงอยปากล่างมีส่วนปีกลักษณะเป็นแผ่นแคบและยาว กางรับจะงอยปากบนไว้ ส่วนลำตัวของจะงอยปากล่างสั้น การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างสัดส่วนจะงอยปากกับความยาวลำตัวและความยาวเหยียดของหมึกหลอด พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยสัดส่วนของความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) และความยาวสันจะงอยปากล่าง (LCL) มีความสัมพันธ์กับความยาวลำตัวและความยาวเหยียดมากที่สุดดังสมการ ML=-0.939+1.187UCL(r^2=0.700), TL = -0.735+1.910UCL (r^2=0.672)
ML = 0.565+1.454LCL (r^2=0.568) และ TL = 1.494+2.377LCL (r^2=0.564) ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวลำตัวแยกตามเพศดังสมการ เพศผู้ ML= -1.099+1.197UCL (r^2=0.741), ML=-0.255+1.600LCL (r^2 =0.636), TL= -1.234+1.959UCL (r^2=0.698) และ TL = -0.051+2.658LCL (r^2=0.617) เพศเมีย ML = -0.797+1.182UCL (r^2=0.659), ML = 0.164+1.902LRW (r^2=0.519), TL = -0.197+1.860UCL (r^2=0.648) และTL = 2.946 + 2.118LCL (r^2=0.518) ตามลำดับ

ABSTRACT

Specimens of Indian squid *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* (Orbigny, 1835) were collected from squid falling nets with light luring near Rayong Province, Thailand. Four hundred and sixty-six specimens were observed (259 male and 207 female) with average mantle length (ML) of 7.80±1.64 cm and average total length (TL) of 13.33±2.70 cm. The morphological characteristics of squid's beak were observed such as size, shape, color, and the relationship between beak's dimension and length. The result showed that the rostral tips of upper beak and lower beak are striped and dark brown to black in color at the corner of jaw angle. The rostral tip of the upper beak is sharper than that in the lower beaks, with short wing, long crest and lateral wall, and curved. The lower beak has short crest, narrow and long wings, which cover the some part of upper beaks. The relationship between the beak dimensions and mantle length and between beak dimensions and total length were significantly different at $P \leq 0.05$. The most suitable relationship in the beak dimensions and length was in the upper crest length (UCL) of the upper beak and lower crest length (LCL) of the lower beak with the length of the Indian squid, where ML = -0.939+1.187UCL (r^2=0.700), TL = -0.735+1.910UCL (r^2=0.672), ML = 0.565+1.454LCL (r^2=0.568), and TL = 1.494+2.377LCL (r^2=0.564) respectively. Relationship between beak's dimension male and female of the Indian squid, male ML =-1.099+1.197UCL(r^2=0.741), ML=-0.255+1.600LCL(r^2=0.636), TL =-1.234 +1.959 UCL (r^2=0.698) and TL = -0.051+2.658LCL (r^2=0.617), female ML = -0.797+1.182UCL (r^2=0.659) ML = 0.164+1.902LRW (r^2=0.519), TL = -0.197+1.860UCL (r^2=0.648) and TL = 2.946 + 2.118LCL (r^2=0.518) respectively.

Key Words: Beaks Morphological, Beaks Dimensions, Cephalopods

* Corresponding author; e-mail address: **Sonteyany@gmail.com**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ปลาหมึกเป็นสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และเป็นผู้ล่าอยู่ด้านบนของโซ่อาหาร พบอาศัยอยู่ในทะเลเท่านั้น อาหารที่สำคัญของปลาหมึกได้แก่ ปลา กุ้ง ปู หรือปลาหมึกด้วยกันเอง ปลาหมึกมักจับเหยื่อที่มีชีวิตในธรรมชาติกินเป็นอาหาร โดยใช้หนวดหรือแขนจับเหยื่อ จากนั้นจะใช้จะงอยปากที่มีลักษณะคล้ายกับปากนกแก้ว ฉีกเนื้อของเหยื่อให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนจะใช้ฟันที่อยู่ด้านในช่องปากจะทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องบด ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงก่อนส่งไปสู่กระเพาะอาหาร อย่างไรก็ตามตัวของปลาหมึกเองก็เป็นอาหารของสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน เช่น วาฬ โลมา หรือฉลาม เป็นต้น บ่อยครั้งที่มีการผ่าซากของวาฬ หรือโลมา พบชิ้นส่วนของปลาหมึกอยู่ในกระเพาะอาหาร โดยเฉพาะส่วนของจะงอยปาก ทั้งนี้จะงอยปากที่พบในกระเพาะสัตว์น้ำสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านชีววิทยาของสัตว์น้ำกลุ่มปลาหมึกได้ เช่น นำไปใช้ในการจำแนกชนิด การประเมินอายุ การหาองค์ประกอบของเพศ และหาอัตราการเติบโตของปลาหมึก (จิราพร, 2546) Markaida and Hochberg, (2005) ได้ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบอาหารในกระเพาะของปลา *Xiphias gladius* โดยเฉพาะส่วนของจะงอยปากล่าง จากนั้นนำไปจำแนกชนิดและพบว่าเป็นกลุ่มหมึกกล้วย ทั้งหมด 20 ชนิด และกลุ่มหมึกสาย 4 ชนิด การศึกษาเกี่ยวกับจะงอยปากของปลาหมึกในประเทศไทยยังมีข้อมูลที่น้อย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะจะงอยปากของหมึกหลอด และความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับสัดส่วนความยาวลำตัว และความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวเหยียดของหมึกหลอด เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการหาขนาด น้ำหนักและปริมาณปลาหมึกที่ผู้ล่าบริโภคเข้าไปเป็นอาหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านชีววิทยาของสัตว์น้ำชนิดนี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมตัวอย่างของหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* จากเรือประมงไดหมึก ในช่วงเดือนมีนาคม เมษายน กรกฎาคม กันยายนและธันวาคม ครอบคลุมตลอดทั้งปี ในพื้นที่จังหวัดระยอง นำตัวอย่างหมึกหลอดที่ได้ทำการแยกเพศ วัดความยาวเช่น ความยาวลำตัว (Mantle Length : ML) และความยาวเหยียด (Total Length : TL) และชั่งน้ำหนักตัวหมึกหลอดด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นวัดสัดส่วนต่าง ๆ ของจะงอยปากบน (upper beaks) และจะงอยปากล่าง (lower beaks) ตามวิธีของ (Wolff 1981) ดังนี้

- จะงอยปากบน (upper beak) ได้แก่ ความยาวปลายจะงอยปากบน (URL) ความยาวปลายจะงอยปากบนถึงขอบด้านในของปีก (URW) ความยาวสันจะงอย (UHL) ความกว้างปีกบน (UWL) ความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) ความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) และ ความกว้างขอบจะงอยปากบนด้านใน (jw) (Figure 1A)
- จะงอยปากล่าง (lower beak) ได้แก่ ความยาวสันจะงอยปากล่าง (LHL) ความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) ความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) ความยาวส่วนโค้งของจะงอยปากล่าง (LRL) ความยาวปีกจะงอยปากล่าง (LWL) และ ความกว้างขอบจะงอยปากล่าง (jw) (Figure 1B)

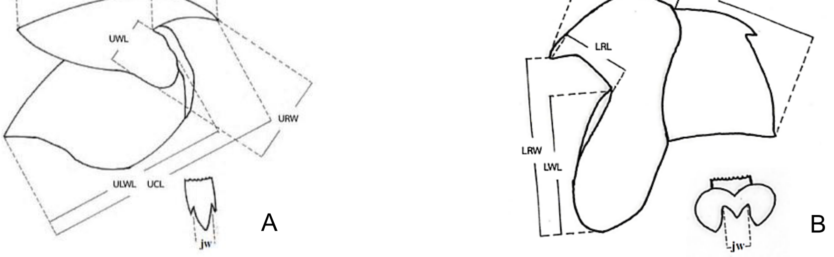


Figure 1 Measurements of upper and lower beaks of cephalopods

ที่มา : ดัดแปลงจาก Wolff (1981)

วัดความยาวของสัดส่วนต่าง ๆ ของจะงอยปากบนและจะงอยปากล่าง และนำค่าที่วัดได้ของจะงอยปากบนและจะงอยปากล่าง หาค่าความสัมพันธ์กับค่าความยาวลำตัว (ML) และความยาวเหยียด (TL) และแยกตามเพศของหมึกหลอด โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ สมการการถดถอย (Linear regression) เชิงเส้นทดสอบด้วย F-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ ($P \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะของจะงอยปาก และความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปากกับความยาวของหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii* จำนวนทั้งหมด 466 ตัวมีความยาวลำตัว (ML) อยู่ในช่วง 4.3-13.3 เซนติเมตร และค่าความยาวลำตัวเฉลี่ยเท่ากับ 7.80±1.64 เซนติเมตร และความยาวเหยียดลำตัว (TL) อยู่ในช่วง 7.4-20.4 เซนติเมตร และ ค่าความยาวเหยียดเฉลี่ยเท่ากับ 13.33±2.70 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็นเพศผู้จำนวน 259 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 17.253 กรัม และเพศเมียจำนวน 207 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 17.093 กรัม ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ลักษณะจะงอยปากของหมึกหลอด

1.1 จะงอยปากบน ด้านล่างโค้งและมีปลายแหลม ส่วนปีกของจะงอยปากบนมีขนาดสั้นกว่าปีกจะงอยปากล่าง ส่วนลำตัวของจะงอยปากบนยาวและมีผนังด้านข้างเป็นแผ่นกว้างโค้งเห็นได้ชัดเจน ส่วนปลายของจะงอยปากมีสีน้ำตาลถึงสีดำเข้มครอบครองพื้นที่ประมาณ 1/8 ของความยาวสันจะงอยปากบน (UHL) ปลายสุดของจะงอยปากจนถึงมุมด้านล่างขอบจะงอยปากด้านใน (jaw angle) มีแถบน้ำตาลอมเหลืองจนถึงสีดำครอบครองพื้นที่ประมาณ 2/8 ของความยาวสันจะงอยปากบน ส่วนปลายสันจะงอยปากยาวและโค้งมีความยาวประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวเหยียดจะงอยปาก (crest length) มุมของสันจะงอยปากบนจะมีความกว้างประมาณ 90° และสัดส่วนระหว่าง URL/UHL จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.33 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ (Lu and Ickeringill, 2002 and Nateewathana, 1997) โดยการศึกษาของ García (2003) กล่าวว่าสีหรือความเข้มของจะงอยปากขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหาร สถานที่หรือสิ่งแวดล้อมที่อาศัย และกระบวนการเจริญเติบโตของปลาหมึก

1.2 จะงอยปากล่าง มีความยาวของปลายจะงอยปากด้านล่างสั้นและโค้งน้อยกว่าจะงอยปากบน ไม่แหลมและมีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำครอบครองพื้นที่ประมาณ 1/2 ของความยาวสันจะงอยปากล่าง และมีแถบสีน้ำตาลถึงสีดำจนถึงมุมของสันจะงอยปาก ส่วนขอบปีกทั้ง 2 ข้างยื่นออกมากเป็นแผ่นยาวและแคบ ความกว้างขอบจะงอยปากล่างกว้างมากกว่าจะงอยปากบน และกางรับจะงอยปากบนไว้ ขอบด้านหน้าจะงอยปากเรียบและมีส่วนบนเป็นร่องคล้ายฟันเลื่อย โดยผลการศึกษาของ Lu and Ickeringill (2002) กล่าวว่าสัดส่วนจะงอยปากล่างระหว่าง LRL/LHL มีค่าน้อยกว่า 1

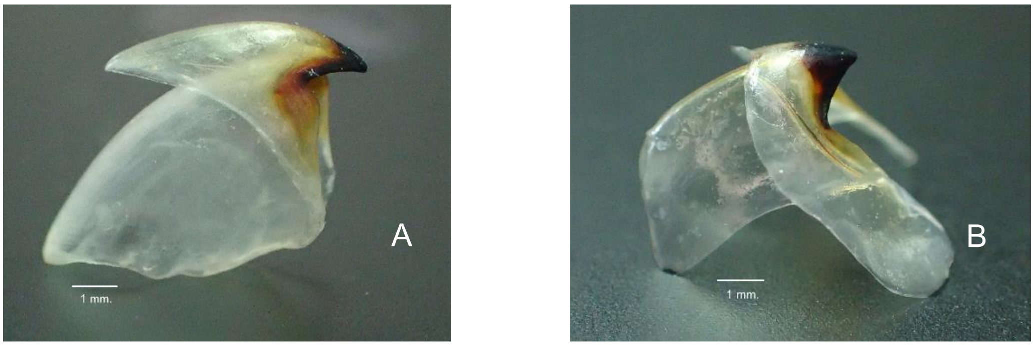


Figure 2 Beaks of Indian squid (*Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii)* : A) Upper beak B) Lower beak

2. ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปากกับความยาวของหมึกหลอด

ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวลำตัว (ML) และความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวเหยียด (TL) ของหมึกหลอด มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวลำตัวของหมึกหลอด พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 โดยส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวลำตัว ดังสมการ ML = -0.939+1.187UCL (r^2=0.700) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสันจะงอยปากบน (UHL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = -0.049+1.563UHL (r^2=0.650) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = -0.088 + 1.246ULWL (r^2=0.631) ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lefkaditou and Bekas, (2004) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบนกับความยาวลำตัวในหมึกสายชนิด *Eledone cirrhosa* โดยแสดงดังสมการ UCL = 0.48248+0.69772 ML (r = 0.931) และผลการศึกษาของ Kashiwada and Recksiek (1979) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวกับความยาวปลายจะงอยปากบนถึงขอบด้านในของปีกดังสมการ URW = 0.01023 x DML + 0.21648 (DML:dorsal mantle length) และการศึกษาของ Lu and Ickeringill, (2002) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวกับส่วนความยาวปลายจะงอยปากบนของหมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) noctiluca* ดังสมการ ML = 1.62+36.71 URL (r^2 =0.80, n=31) นอกจากนี้ Chen *et al*, (2012) ได้ทำการศึกษาส่วนของจะงอยปากและนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของกลุ่มหมึกกล้วยในครอบครัว Ommastrephidae โดยใช้ส่วนความยาวปลายจะงอยปากบนถึงขอบด้านในของปีก (URW) และความยาวปลายจะงอยปากบน (URL)

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัวของหมึกหลอดพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 โดยส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = 0.565+1.454LCL (r^2= 0.568) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = 0.393+1.811LRW (r^2=0.517) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปีก (LWL) กับความยาวลำตัว ดังสมการ ML =1.443+1.947LWL (r^2=0.459) (Table 1) ผลการทดลองของ Lu and Ickeringill, (2002) กล่าวว่าความสัมพันธ์ของ ML หมึกหลอดชนิด *Uroteuthis (Photololigo) noctiluca* มีความสัมพันธ์กับความยาวส่วนโค้งของจะงอยปากล่าง (LRL) มากกว่า ดังสมการ ML = 1.36+40.85 LRL (r^2=0.85, n=26) และ Kashiwada and Recksiek (1979) พบว่า ความยาวลำตัว (ML) ของหมึกกล้วยชนิด *Loligo opalescens* มีความสัมพันธ์กับความยาวของสันจะงอยปากล่าง (LHL) มากที่สุด และการศึกษาของ Lefkaditou and Bekas, (2004) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัวใน หมึกสายชนิด *Eledone cirrhosa* โดยแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวกับจะงอยปากล่าง ดังสมการ LCL = 0.44405+0.63251 ML (r = 0.925) และ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัวดังสมการ LWL = 0.24288+0.72376 ML (r = 0.913) Staudinger *et al*, (2008) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัวของหมึกกล้วย 2 ชนิด คือ *Loligo pealeii* และ *Illex illecebrosus* และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัว ดังนี้ หมึกกล้วยชนิด *L. pealeii* ML=92.29 LRL-2.12 (r^2=0.83, n=144) และหมึกกล้วยชนิดและ *Illex illecebrosus* ML = 48.92LRL+0.82 (r^2=0.94, n= 89)

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวเหยียด (TL) ของหมึกหลอดพบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL = -0.735 +1.910UCL (r^2=0.672) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง

ความยาวสันจะงอย (UHL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL = 0.663+2.521UHL(r^2=0.628) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL = 0.575 +2.014ULWL (r^2=0.612) ตามลำดับ

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวเหยียด (TL) ของหมึกหลอดพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL = 1.494+2.377LCL (r^2=0.564) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL = 1.527+2.885LRW (r^2=0.487) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่าง(LWL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL = 3.145+3.119LWL (r^2=0.437) (Table 1)

Table 1 Relationship between beak dimension and size of Indian squid.

Beaks	Regression equations	N	Standardized Coefficients	Standard error	r^2	F	P
Upper	ML = -0.939 + 1.187UCL	466	0.837	.036	0.700	1077.551	0.05
	ML = -0.049 + 1.563UHL	466	0.806	.053	0.650	860.456	0.05
	ML = -0.088 + 1.246ULWL	466	0.795	.044	0.631	791.589	0.05
	TL = -0.735 + 1.910UCL	466	0.820	.062	0.672	949.150	0.05
	TL = 0.663 + 2.521UHL	466	0.793	.090	0.628	782.239	0.05
	TL = 0.575 + 2.014ULWL	466	0.783	.075	0.612	730.552	0.05
Lower	ML = 0.565 + 1.454LCL	466	0.754	.059	0.568	608.942	0.05
	ML = 0.393 + 1.811LRW	466	0.719	.081	0.517	496.301	0.05
	ML = 1.443 + 1.947LWL	466	0.678	.098	0.459	393.334	0.05
	TL = 1.494 + 2.377LCL	466	0.751	.970	0.564	598.883	0.05
	TL = 1.527 + 2.885LRW	466	0.698	.138	0.487	440.194	0.05
	TL = 3.145 + 3.119LWL	466	0.661	.164	0.437	359.973	0.05

3. ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวของหมึกหลอดแยกตามเพศ

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวลำตัวของหมึกหลอดเพศผู้

3.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวลำตัวของหมึกหลอดเพศผู้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ พบว่า ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = -1.099+1.197UCL (r^2=0.741) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสันจะงอย (UHL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = -0.364+1.613UHL (r^2=0.685) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = -0.443+1.284ULWL (r^2=0.680) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ García, (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวของหมึกกล้วยชนิด *Todaropsis Eblanae* เพศผู้กับจะงอยปากบน ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ (Ln) ML = 1.5350+1.133 (Ln) CL (r^2=0.9591, n=37) (CL :ความยาวเหยียดจะงอยปากบน), (Ln) ML = 1.8398+1.129 (Ln) Hl (r^2=0.9561, n=37) (Hl: ความยาวสันจะงอยปากบน) และ (Ln) ML = 3.4730+1.004 (Ln) Wl (r^2=0.8728, n=37) (Wl : ความกว้างปีกบน)

3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัว พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับ

ความยาวลำตัวดังสมการ ML= -0.255+1.600LCL (r^2=0.636) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML=0.448+1.771LRW (r^2=0.528) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่าง (LWL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = 1.286 +1.973LWL (r^2=0.484) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ García, (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวของหมึกกล้วยชนิด *Todaropsis eblanae* เพศผู้กับจะงอยปากล่าง ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมาการ (Ln) ML=2.5530+1.071 (Ln) CL(r^2 =0.9372, n=37) (CL : ความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง), (Ln) ML=3.4350+0.953 (Ln) Rl (r^2=0.9210, n=55) (Rl : ความยาวส่วนโค้งจะงอยปากล่าง) และ(Ln) ML=2.5452+1.123 (Ln) Wl (r^2=0.9284, n=37) (Wl : ความยาวปีกจะงอยปากล่าง)

3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวเหยียด (TL) พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =-1.234+1.959UCL (r^2=0.698) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสันจะงอยปากบน (UHL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL = -0.078+2.648UHL (r^2=0.649) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =-0.142 + 2.099ULWL (r^2=0.638) ตามลำดับ

3.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวเหยียด (TL) พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$ ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =-0.051+2.658LCL (r^2=0.617) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =1.362+2.882LRW (r^2=0.492) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่าง (LWL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL =2.528+3.255LWL (r^2 =0.463) ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Relationship between mantle length, total length of upper and lower beaks of male Indian squid.

Beaks	Regression equations	N	Standardized Coefficients	Standard error	r^2	F	P
Upper	ML = -1.099 + 1.197UCL	259	0.861	0.044	0.741	731.314	0.05
	ML = -0.364 + 1.613UHL	259	0.827	0.068	0.685	555.416	0.05
	ML = -0.443 + 1.284ULWL	259	0.825	0.055	0.680	543.653	0.05
	TL = -1.234 + 1.959UCL	259	0.835	0.081	0.698	590.590	0.05
	TL = -0.078+ 2.648UHL	259	0.806	0.122	0.649	473.573	0.05
	TL = -0.142 + 2.099ULWL	259	0.799	0.099	0.638	452.133	0.05
Lower	ML = -0.255 + 1.600LCL	259	0.797	0.076	0.636	447.024	0.05
	ML = 0.448 + 1.771LRW	259	0.727	0.105	0.528	286.237	0.05
	ML = 1.286 + 1.973LWL	259	0.696	0.127	0.484	240.290	0.05
	TL = -0.051 + 2.658LCL	259	0.786	0.131	0.617	412.427	0.05
	TL = 1.362 + 2.882LRW	259	0.701	0.183	0.492	247.768	0.05
	TL = 2.528 + 3.255LWL	259	0.681	0.219	0.463	221.120	0.05

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวของหมึกหลอดเพศเมีย

3.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวลำตัวพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ โดยส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML =-0.797+1.182UCL (r^2=0.659) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสันจะงอย (UHL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML=0.288+1.511UHL (r^2=0.615) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาว

เหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML=0.239+1.215ULWL (r^2=0.587) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ García (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวของหมึกกล้วยชนิด *Todaropsis eblanae* เพศเมียกับจะงอยปากบน ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ (Ln) ML =1.5017+1.145, (Ln) CL (r^2=0.9815, n=38), (Ln) ML=1.7382+1.164, (Ln) HI (r^2=0.9880, n=38), (Ln) ML=3.4527+1.002 และ (Ln) WI (r^2=0.9557, n=38)

3.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวลำตัว พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 ส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML = 0.164+ 1.902LRW (r^2=0.519) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML =1.331+1.319LCL (r^2=0.507) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่าง (LWL) กับความยาวลำตัวดังสมการ ML=1.592+1.929LWL (r^2=0.435) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ García (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวของหมึกกล้วยชนิด *Todaropsis eblanae* เพศเมียกับจะงอยปากล่าง ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ (Ln) ML=3.2563+1.095, (Ln) RI (r^2=0.9662, n=59), (Ln) ML=2.5145+1.093, (Ln) CL (r^2=0.9593, n=38), (Ln) ML = 2.5362+1.114 และ (Ln) WI (r^2=0.9688, n=38)

3.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากบนกับความยาวเหยียดพบว่ามีความสัมพันธ์กับจะงอยปากบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 โดยส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากบน (UCL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL = -0.197+1.860UCL (r^2=0.648) รองลงมาคือความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสันจะงอยปากล่าง (UHL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL=1.467+2.385UHL (r^2=0.608) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจากปีก (ULWL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL=1.274 +1.938ULWL (r^2=0.592) ตามลำดับ

3.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากล่างกับความยาวเหยียดพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P ≤ 0.05 โดยส่วนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเหยียดจะงอยปากล่าง (LCL) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =2.946 + 2.118LCL (r^2=0.518) รองลงมาคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของยอดจะงอยปากล่างถึงขอบด้านในของปีก (LRW) กับความยาวเหยียดดังสมการ TL =1.497+ 2.9482LRW (r^2=0.494) และความสัมพันธ์ระหว่างความยาวปีกจะงอยปากล่าง (LWL) กับความยาวเหยียด ดังสมการ TL=3.716+2.973LWL (r^2=0.410) ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Relationship between mantle length, total length of upper and lower beaks of female Indian squid

Beaks	Regression equations	N	Standardized Coefficients	Standard error	r^2	F	P
Upper	ML = -0.797 + 1.182UCL	207	0.812	0.060	0.659	393.821	0.05
	ML = 0.288 + 1.511UHL	207	0.784	0.083	0.615	327.724	0.05
	ML = 0.239 + 1.215ULWL	207	0.766	0.071	0.587	289.736	0.05
	TL = -0.197 + 1.860UCL	207	0.805	0.096	0.648	374.836	0.05
	TL = 1.467+ 2.385UHL	207	0.780	0.134	0.608	318.368	0.05
	TL = 1.274 + 1.938ULWL	207	0.770	0.113	0.592	296.458	0.05
Lower	ML = 0.164+ 1.902LRW	207	0.720	0.128	0.519	220.841	0.05
	ML = 1.331 + 1.319LCL	207	0.712	0.091	0.507	211.079	0.05
	ML = 1.592 + 1.929LWL	207	0.660	0.153	0.435	157.919	0.05
	TL = 2.946 + 2.118LCL	207	0.720	0.143	0.518	220.565	0.05
	TL = 1.497 + 2.9482LRW	207	0.703	0.208	0.494	200.086	0.05
	TL = 3.716 + 2.973LWL	207	0.640	0.249	0.410	142.463	0.05

สรุป

ลักษณะจะงอยปากบนและจะงอยปากล่างของหมึกหลอด พบปลายจะงอยมีแถบสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ ส่วนปลายโค้ง โดยปลายจะงอยปากบนจะมีลักษณะแหลมมากว่าจะงอยปากล่าง สันจะงอยปากบนโค้งและแหลม ส่วนปีกของจะงอยปากบนมีขนาดสั้น ส่วนลำตัวของจะงอยปากบนยาวและเป็นแผ่นกว้าง ส่วนลำตัวของจะงอยปากล่างสั้นและโค้ง มีส่วนปีกลักษณะเป็นแผ่นยาวและแคบยื่นออกมา 2 ข้าง คล้ายขาคู่หน้าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างจะงอยปากกับความยาวลำตัว และความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างจะงอยปากกับความยาวเหยียดของหมึกหลอดพบว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ดังสมการ ML = -0.939+1.187UCL (r^2=0.700), TL = -0.735+1.910UCL (r^2=0.672), ML =0.565 +1.454LCL (r^2=0.568) และ TL = 1.494+2.377LCL (r^2=0.564) ความสัมพันธ์ระหว่างจะงอยปากกับความยาวแยกตามเพศ ดังสมการ เพศผู้ ML= -1.099+1.197UCL (r^2 =0.741), ML= -0.255+1.600LCL (r^2 =0.636),TL= -1.234+1.959UCL (r^2=0.698) และ TL = -0.051+2.658LCL (r^2=0.617), เพศเมีย ML = -0.797+1.182UCL (r^2=0.659) ML = 0.164+1.902LRW (r^2 =0.519), TL = -0.197+1.860UCL (r^2 =0.648) and TL=2.946 + 2.118LCL (r^2=0.518) ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่สนับสนุนสถานที่ในการวิเคราะห์ผลงาน

เอกสารอ้างอิง

จิราพร สุริยวรากุล. 2546. **ความสัมพันธ์ของอายุหมึกกระดองลายเสือ *Sepia pharaonis* Ehrenberg, 1831 กับจำนวนลายบนกระดอง และสัดส่วนของจะงอยปาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

Chen, X., H. Lu, B. Liu, Y. Chen, S. Li and M. Jin. 2012. Species identification of *Ommastrephes bartramii, Dosidicus gigas, Sthenoteuthis oualaniensis* and *Illex argentinus* (Ommastrephidae) using beak morphological variables. **Scientia Marina** 76 (3) : 473-781.

García H. V. 2003. Growth and pigmentation process of the beaks of *Todaropsis eblanae* (cephalopoda: Ommastrephidae). **Berliner Palaobiol.Abh.** (03) : 131-140.

Kashiwada J., and C.W. Recksiek. 1979. Beaks of the market squid, *Loligo opalescens*, as tools for predator studies. **CalCOFI Rep.** : 65-69.

Lefkaditou E. and Bekas, P. 2004. Analysis of beak morphometry of the horned octopus *Eledone cirrhosa* (Cephalopoda: Octopoda) in the Thracian Sea (NE Mediterranean). **Mediterranean Marine Science**, 5/1, 143-149.

Lu C.C. and Ickeringill R. 2002. Cephalopod beak identification and biomass estimation techniques: tools for dietary studies of southern Australian finfishes. **Museum Victoria Science Reports**. (6) : 1-65.

Markaida U. and Hochberg F. G. 2005. Cephalopods in the diet of swordfish (*Xiphias gladius*) caught off the West Coast of Baja California, Mexico. **Pacific Science**, 59 (1): 25–41.

Nateewathana. A. 1997. **Systeamatic of Cephalopoda (Mollusca) of the Andaman Sea, Thailand**. Ph.D. Thesis, University of Aarhus.

Wolff, G. A. 1981. A beak key for eight eastern tropical pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. **Fish Bull**, 80 (2) : 357-370

Staudinger, D.M., F. Juanes and S. Carlson. 2008. Reconstruction of original body size and estimation of allometric relationships for the longtin inshore squid (*Loligo pealeii)* and northern shortfin squid *(Illex illecebrosus*). **Fish. Bull.** 107: 101-105

การจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาในคลองปากประ จังหวัดพัทลุง

Management of a Fish Species Conservation Zone in KhlongPakpra Canal , Phatthalung Province

วิจิตรา อมรวิริยะชัย[1*] ธนพล อยู่เย็น[1] ทวีเดช ไชยนาพงษ์[2] และสมสมัย เอียดคง[2]

Wijittra Amonwiriyachai[1*], Thanapol Yuyen[2], Thaweedet Chainapong[2] and Somsamai Iadkhong[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์สำคัญเพื่อพัฒนาการจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาแบบมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่คลองปากประอยู่ในอำเภอเมืองและอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และพัฒนาวิธีการเพิ่มผลผลิตปลาในพื้นที่เขตอนุรักษ์คลองปากประ ดำเนินการตั้งแต่เดือนมกราคม – กันยายน 2560 ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบในการจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาของชุมชนคลองปากประ ประกอบด้วย 4 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดพื้นที่ 2) คณะกรรมการดูแลเขตอนุรักษ์ 3) มาตรการทางสังคม 4) กิจกรรมสร้างจิตสำนึก การเพิ่มผลผลิตปลาโดยรูปแบบบ้านปลา แล้วปล่อยปลากินพืช จำนวน 5,000 ตัว ผลการศึกษาพบว่าก่อนการวิจัยสำรวจพบปลา จำนวน 17 ชนิด 11 วงศ์ หลังจากการทำเขตอนุรักษ์พบปลาเพิ่มขึ้นเป็น 22 ชนิด จำนวน 12 วงศ์ ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการสร้างบ้านปลาร่วมกับการปล่อยปลาและการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำให้ชนิดและปริมาณปลาในคลองปากประเพิ่มมากขึ้น

ABSTRACT

This research aimed to develop a community-based conservation zone for fish species in the KlongPakpra canal in the Muang District and KhuanKhanun District, Phatthalung Province. and to develop the techniques to increase fish yield in the conservation area.The study indicated that the management model of the conservation area of fish species in KlongPakprainvolved four areas: 1) Division of the area 2) Establishment of conservation commissionsat. 3) Creating the social measures.4) Organizing awareness activities, and constructing of fish houses. A total of 5,000 fingerlings of plant eating fish species . The study found that before the survey, there were 17 species of11 families of fish. After the designation of the conservation area, the number of fish increased to 22 species of 12 families, The result from this study indicated that the management of a water ecosystem by constructing fish habitats combined with fish restocking resulted in an increasing number and species of fish in the KlongPakpra canal.

Keyword: Fish, Management

* Corresponding author; e-mail address: wijittra28@hotmail.com

[1]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1]Faculty of Science,Thaksin University, Phattalung, 93150.

[2]คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา 90000

[2]Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University, Songkhla, 90000.

คำนำ

การจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาในคลองปากประโดยชุมชนมีส่วนร่วมคลองปากประอยู่ในอำเภอเมือง และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เป็นสายคลองที่รวมของลำน้ำสายต่างๆ ไหลมาบรรจบกันแล้วไหลออกสู่ทะเลสาบสงขลา มีสายน้ำหลักคือคลองท่าแนะที่มีต้นน้ำกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด ความยาวจากต้นน้ำคลองท่าแนะ ตำบลเขาปู่ อำเภอศรีบรรพต ไหลผ่านชุมชนหลักในอำเภอควนขนุน ถือเป็นชุมชนใหญ่มีประชากรหนาแน่น และไหลลงสู่ทะเลทะเลสาบในพื้นที่คลองปากประ ความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร คลองปากประเปรียบเสมือนเป็นจุดเชื่อมสำคัญให้สัตว์น้ำชนิดต่างๆได้ว่ายเข้าออก ทำให้บริเวณคลองปากประแห่งนี้จึงกลายเป็นแหล่งชุมนุมของปลา การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการบริหารจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาในคลองปากประ และเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของปลาก่อนและหลังการจัดทำเขตอนุรักษ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research : PAR) กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรที่มีอาชีพประมง แกนนำชุมชนทางการและทางธรรมชาติ และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง จำนวน 50 คน จากการเลือกแบบเจาะจง ศึกษาในพื้นที่ 4 หมู่บ้านได้แก่ หมู่ที่ 4 บ้านชายคลองหมู่ที่ 5 บ้านท่าช้างตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน หมู่ที่ 7 บ้านท่าสำเภาเหนือ ตำบลชัยบุรี หมู่ที่ 11 บ้านชายคลอง ตำบลลำปำ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง

1. การจัดทำเขตอนุรักษ์ โดยการประชุมถอดบทเรียนกระบวนการจัดทำเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาของชุมชนสองฝั่งคลองปากประ และจัดเวทีระดับหมู่บ้าน เพื่อร่วมพัฒนารูปแบบเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาคลองปากประ ดังต่อไปนี้ 1)การกำหนดพื้นที่เขตอนุรักษ์พันธุ์ในพื้นที่คลองปากประ จากการสำรวจลักษณะของพื้นที่และชนิดพันธุ์พืชบริเวณพื้นที่ และการจัดการพื้นที่ห้ามจับกับพื้นที่ใช้สอย 2)การสรรหาคณะกรรมการดูแลเขตอนุรักษ์ โดยมีการกำหนด 2 ระดับ ได้แก่ คณะกรรมการระดับสายคลอง และคณะกรรมการระดับหมู่บ้าน 3) การร่วมกำหนดข้อตกลง และมาตรการของแต่ละเขตอนุรักษ์ และนำเสนอในเวทีหมู่บ้าน 4) การจัดทำบ้านปลาในเขตอนุรักษ์ 3 จุด ได้แก่ 1) วังท่าประดู่ 2) วังสวนพฤกษศาสตร์ และ3) วังท่าเรือ โดยนำวัสดุบ้านปลา การใช้กิ่งไม้และผักตบชวา พื้นที่ละ 25 ตารางเมตร และปล่อยปลากินพืช ได้แก่ ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymusgonionotus*) ปลายีสก (*Labeo rohita*) และปลาหมอช้างเหยียบ (*Pritolepisfasciatus*) แต่ละจุดละ 5,000 ตัว 5) กิจกรรมสร้างจิตสำนึก ผ่านพิธีกรรมทางศาสนาหรือที่ชาวบ้านเรียกว่า การบวชปลา เป็นความเชื่อของชาวบ้านเหมือการบวชคือการห้ามทำลาย

Figure1 Study area (1) Wang taa bpra doo (2) Wang botanical Garden (3) Wang harbour

2. การศึกษาชนิดพันธุ์ปลา เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปลาที่อาศัยบริเวณบ้านปลา 3 จุด คือ 1) วังท่าประดู่ 2)วังสวนพฤกษศาสตร์ และ3)วังบริเวณท่าเรือ เปรียบเทียบปลาในพื้นที่ก่อนทำบ้านปลาในเดือนมีนาคม และหลังทำบ้านปลาและปล่อยปลาแล้ว 6 เดือน เก็บรวบรวมข้อมูลเดือนกันยายน การเก็บรอบรวมข้อมูลโดยการใช้ตาข่ายดักปลาแต่ละจุดจำนวน 5 ครั้ง นำปลาที่ได้มานับจำนวน และจำแนกชนิดพันธุ์ปลา

3. การวิเคราะห์ข้อมูล นับจำนวนและชนิดพันธุ์ปลาโดยใช้คู่มือการวิเคราะห์พรรณปลาตามวิธีการของ Nelson (2006) ปลาที่สำรวจได้จากแต่ละจุดทั้งก่อนและหลังการทำบ้าน วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของชนิด (Richness index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) หลังการทำบ้านปลาและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. รูปแบบการบริหารจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาในคลองปากประ

รูปแบบการบริหารจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลา ประกอบด้วย

1.1 การบริหารจัดการกำหนดพื้นที่แบ่งรูปแบบการจัดพื้นที่ 2 ลักษณะ ได้แก่

1) พื้นที่ห้ามจับ หรือเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลา หรือ วังปลา เพื่อเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแหล่งอนุบาลพันธุ์สัตว์น้ำชนิดต่างๆในแหล่งน้ำ มีการร่วมกำหนดข้อตกลง กติกาในการดูแลรักษา มีลักษณะทางกายภาพเป็นพื้นที่น้ำที่กว้าง และลึก มีกระแสน้ำวน เป็นที่อยู่และหลบซ่อนของปลามีลักษณะคล้ายกับ กว๊าน (ไชยณรงค์, 2547) มีลักษณะเป็นคุ้งน้ำ เป็นที่อยู่อาศัย แหล่งหากินและพื้นที่วางไข่ของปลาที่หลากหลายชนิด พืชริมคลองมีพืชน้ำขึ้นปกคลุม ได้แก่ บัวหลวง ผักกระเฉด เอื้องนา ผักบุ้ง เป็นต้น พืชริมคลองที่มีความหลากหลายชนิด ได้แก่ คล้า สาคู ต้นจิก ลำพู ลาโพธิ์ แคนา ตรุด ไผ่ ต้นตะเคียน ต้นไทร เป็นต้น ถือเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของปลา สอดคล้องกับรายงานของขวัญเรือน และคณะ (2553) ได้เสนอผลการศึกษาบริเวณที่เหมาะสำหรับแหล่งวางไข่และอนุบาลตัวอ่อนสัตว์น้ำพบว่าปริมาณลูกปลามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณพรรณไม้น้ำกลุ่มชายฝั่ง ดังนั้น จึงร่วมกำหนดเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลา จำนวน 3 จุด คือ วังท่าประดู่ วังสวนพฤกษศาสตร์ และวังบริเวณท่าเรือ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญของวังปลา

2) พื้นที่ใช้สอย เป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือเขตอนุรักษ์ เป็นพื้นที่ที่ชาวบ้านทุกคนทั้งในและนอกหมู่บ้านสามารถจับสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ไปเป็นอาหาร และจำหน่ายได้ (ขวัญเรือน และคณะ ,2553)

1.2 การบริหารจัดการคณะกรรมการดูแลคลอง มีการกำหนด 2 ชุด คือ

1) คณะกรรมการกลางระดับสายคลอง จำนวน 24 คน มีหน้าที่ในการร่วมวางแผนการจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาคลองปากประ ประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และร่วมจัดทำแผนดำเนิน ติดตาม และสรุปผล ซึ่งประกอบด้วยผู้ใหญ่บ้านสองฝั่งคลอง 4 หมู่บ้าน สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลชัยบุรี สมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลลำปำ สมาชิกเทศบาลตำบลพนางตุง เจ้าหน้าที่ประมงจังหวัดพัทลุง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด เจ้าหน้าที่สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประธานอาสาสมัครพิทักษ์สิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดหมู่บ้าน แกนนำกลุ่มวิชชาลัยรวงข้าว ตัวแทนชาวประมงแต่ละชุมชน 3 คน และนักวิจัย

2) คณะกรรมการระดับพื้นที่ จำนวน 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 12-20 คน โดยใช้กระบวนการจิตอาสา มีหน้าที่ในการประสานกับชาวบ้าน การจัดการให้มีการกำหนดกฎ และกติกาการอนุรักษ์ของชุมชน คอยควบคุมดูแล และดำเนินการตามกฎระเบียบที่วางไว้ สอดคล้องกับรายงานของเบญจวรรณ (2558) พบว่าจะต้องเป็นความต้องการร่วมของคนในชุมชนเป็นสำคัญ

1.3 มาตรการทางสังคมหรือระเบียบชุมชน ดังนี้

1) การกำหนดเขตพื้นที่ที่ชัดเจน การจัดทำป้ายประกาศประชาสัมพันธ์ ระบุพื้นที่และกติกา

2) การกำหนดกติกา หากมีผู้ใดเข้ามาทำการประมงในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ครั้งที่ 1 ปรับจำนวน 1,000 บาท แต่หากเป็นกรรมการ ปรับ 2,000 บาท และหากมีผู้ใดเข้ามาทำการประมงในเขตพื้นที่อนุรักษ์ ครั้งที่ 2 จะดำเนินการยึดเครื่องมือประมง และส่งดำเนินคดีตามกฎหมาย

3) กิจกรรมการทำบ้านปลา และปล่อยปลาและกุ้งก้ามกรามในทุกปี

1.4 กิจกรรมสร้างจิตสำนึก ผ่านพิธีกรรมทางศาสนา โดยชุมชนสองฝั่งคลองจะมีการนับถือและให้ความเคารพต่อทวดตาขุนดำ ตามความเชื่อทวดตาขุนดำคือจระเข้ที่ดูแลรักษาคลอง ดังนั้น การจัดพิธีอภัยทานพันธุ์ปลาเพื่อให้ทวดตาขุนดำได้ดูแลรักษาในเขตดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานของ วิชัยและคณะ (2554) ที่ทำการศึกษารูปแบบการอนุรักษ์พันธุ์ปลาท้องถิ่น พบว่าจะต้องมีการจัดโครงสร้างของกลุ่มองค์กร การจัดการทางสังคม การจัดการแหล่งน้ำโดยการกำหนดเขตอนุรักษ์ และการสร้างจิตสำนึกของชุมชน

2.การเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของปลาก่อนและหลังการจัดทำเขตอนุรักษ์

การจัดการทำบ้านปลา ในพื้นที่วังปลา จำนวน 3 วัง ได้แก่ วังท่าประดู่ วังท่าเรือ และวังสวนพฤกษศาสตร์ พบว่าชนิดและปริมาณพันธุ์ปลาก่อนทำบ้านปลาทั้ง 3 วัง พบปลาจำนวน จำนวน 13 ชนิด จำแนกเป็น 8 วงศ์ (Family) ในจำนวน 13 ชนิดพบปลาตาแดง ในปริมาณมากที่สุดร้อยละ 23.75 รองลงมาปลาแมว คือ ร้อยละ 16.25 (Table1) ผลการสำรวจพันธุ์ปลาหลังจากการทำบ้านปลา พบปลาเพิ่มขึ้นเป็น 22 ชนิด จำนวน 12 วงศ์ (Table 1)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปลาที่พบเพิ่มขึ้นจากหลังทำบ้านปลา 13 ชนิด คือ ปลาแก้มช้ำ ปลายีสก ปลาโสด ปลากดเหลือง ปลาช่อน ปลาชะโด ปลาดุกด้าน ปลาสวาย ปลาชะโด ปลาสร้อยนกเขา ปลาสร้อยขาว ปลาลิง ปลาหมอช้างเหยียบ พบปลาลิงในปริมาณที่มากที่สุด ร้อยละ 20.95 รองลงมา คือ ปลาสร้อยนกเขา ร้อยละ 12.25 เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวังปลาพบว่าบริเวณวังท่าประดู่ มีดัชนีความหลากหลายของชนิด (Richness index) H = 2.54 และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) J = 0.81 สำรวจพบชนิดพันธุ์ปลาจำนวน 18 ชนิด จำนวน 9 วงศ์ เพิ่มขึ้นจากก่อนทำบ้านปลาจำนวน 6 ชนิด คือ ปลาแก้มช้ำ ปลายี่สก ปลาโสด ปลาช่อน ปลาชะโด และปลาโอน จากผลการสำรวจพันธุ์ปลาหลังการทำบ้านชี้ให้เห็นว่าบริเวณวังปลาท่าประดู่มีชนิดของปลาที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งก่อนทำบ้านพบเพียง 7 วงศ์ หลังการทำบ้านปลาเพิ่มขึ้นเป็น 9 วงศ์ วังท่าเรือ มีดัชนีความหลากหลายของชนิด (Richness index) H = 1.96 และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) J = 0.62 สำรวจพบปลาหลังจากทำบ้านปลาทั้งสิ้น 12 ชนิด จัดอยู่ในวงศ์ต่างๆ 5 วงศ์ เพิ่มจากก่อนทำบ้านปลา 7 ชนิด คือ ปลาตะเพียนขาว ปลาสร้อยขาว ปลากระดี่ ปลาหมอช้างเหยียบ ปลากดเหลือง ปลาช่อน และปลาชะโด ส่วนบริเวณวังสวนพฤกษศาสตร์ มีดัชนีความหลากหลายของชนิด (Richness index) H = 2.30 และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) J = 0.73 สำรวจพบปลาทั้งสิ้น 16 ชนิด จัดอยู่ในวงศ์ต่างๆ 9 วงศ์ เพิ่มจากก่อนทำบ้านปลา 8 ชนิด คือ ปลาสร้อยนกเขา ปลาสร้อยขาว ปลาปลาแก้มช้ำ ปลายี่สก ปลาบู่ ปลาหมอช้างเหยียบ ปลาดุกเนื้ออ่อน และปลาสวาย (Table1) ทั้งนี้ วิจิตรา และคณะ (2559) รายงานว่าในคลองปากประมีปลา จำนวน 56 ชนิด 19 วงศ์ โดยพบปลาวงศ์ตะเพียน วงศ์ปลาตะเพียน (Cyprinidae) มากที่สุด โดยพื้นที่ที่ปลาอาศัยอยู่มากพบเป็นเขตวังปลา

Table1 Type and amount of fish surveyed in each area before and after fish houses

Scientific name	Family	Number (s) found in each area						Total		Percent	
		Taa bpra doo		harbour		Botanical Garden		before	after	before	after
		before	after	before	after	before	after				
Setipinna melanochir	Engraulidae	10	12	-	-	3	3	13	15	16.25	5.93
Barbonymus gonionotus	Cyprinidae	2	7	-	1	1	1	3	9	3.75	3.56
Chylocheilichthys apogon	Cyprinidae	12	15	5	3	2	2	19	20	23.75	7.91
Osteochilus vittatus	Cyprinidae	2	16	3	11	-	4	5	31	6.25	12.25
Rasbora tornieri	Cyprinidae	5	1	2	10	3	6	10	17	12.5	6.72
Henicorhynchus siamensis	Cyprinidae	1	2	-	6	-	10	1	18	1.25	7.11
Thynnicnthys thynnoides	Cyprinidae	4	5	2	28	2	20	8	53	10	20.95
Puntius orphoides	Cyprinidae	-	4	-	-	-	2	0	6	0	2.37
Labeo rohita	Cyprinidae	-	5	-	-	-	7	0	12	0	4.74
Hampala macrolepidota	Cyprinidae	-	3	-	-	-	-	0	3	0	1.19
Notopterus notopterus	Notopteridae	2	3	-	-	1	1	3	4	3.75	1.58
Oxyeleotris marmorata	Eleotridae	1	2	-	-	-	1	1	3	1.25	1.19
Trichogaster microlepis	Osphronemidae	1	1	-	2	-	-	1	3	1.25	1.19

Table1 (Cont.) Type and amount of fish surveyed in each area before and after fish houses

Scientific name	Family	Number (s) found in each area						Total		Percent	
		Taa bpra doo		harbour		Botanical Garden		before	after	before	after
		before	after	before	after	before	after				
Pristolepis fasciata	Pristolepididae	1	13	-	3	-	1	1	17	1.25	6.72
Toxotes chatareus	Toxotidae	-	-	-	-	3	3	3	3	3.75	1.19
Mystus nigriceps	Bagridae	5	6	2	1	5	10	12	17	15	6.72
Hemibagrus filamentus	Bagridae	-	-	-	1	-	-	0	1	0	0.40
Channa striata	Channidae	-	1	-	4	-	-	0	5	0	1.98
Channa micropeltes	Channidae	-	10	-	3	-	-	0	13	0	5.14
Clarias batrachus	Clariidae	-	-	-	-	-	1	0	1	0	0.40
Pangasianodon hypophthalmus	Pangasiidae	-	-	-	-	-	1	0	1	0	0.40
Ompok bimaculatus	Siluridae	-	1	-	-	-	-	0	1	0	0.40
	Total	**46**	**107**	**14**	**73**	**20**	**73**	**80**	**253**	**100**	**100**

จากการศึกษาเปรียบเทียบชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ต่างกันพบปลาชนิดและจำนวนต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของลำคลองแต่ละพื้นที่ ได้แก่ วังท่าประดู่ มีบริเวณที่กว้าง น้ำลึก และน้ำไหล และเป็นจุดที่สายคลองจากบางไข่ขิง และคลองมะกอกเหนือบรรจบกับคลองมะกอกใต้ บริเวณคลองมีต้นสาคูขึ้นเป็นแถบให้ร่มเงา และมีพืชน้ำ จึงทำให้สำรวจพบปลาที่หลากหลายและปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่จะเป็นปลาวงศ์ตะเพียน เนื่องจากการไหลของน้ำจะช่วยให้พันธุ์ปลามีการอพยพ (Hasler et al.,2012) ส่วนวังสวนพฤกษศาสตร์ มีบริเวณกว้าง เป็นพื้นที่ปากคลองที่เชื่อมต่อกับทะเลสาบ ซึ่งจะมีลักษณะน้ำเป็นจืดและน้ำกร่อยกระแสน้ำไหลผ่าน

ตลอดเวลา มีพืชริมคลองหลากหลายชนิด ได้แก่ ลำพู ลาโพ สาคู กระท่อมขี้หมู เป็นต้น จากการสำรวจพบปลาที่มีความหลากหลายและปริมาณเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นปลาวงศ์ตะเพียน และพบปลาเสือพ่นน้ำที่ชี้ให้เห็นถึงแหล่งที่อยู่อาศัยมีความสัมพันธ์กับปลาด้วย ซึ่งปลาเสือพ่นน้ำจะอยู่ในพื้นที่น้ำกร่อยหรือน้ำจืดบริเวณปากแม่น้ำ (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง ,2552) จึงมีการอพยพของปลา ส่วนพื้นที่วังท่าเรือ เป็นพื้นที่คลองต้นที่เชื่อมต่อจากคลองปากประ ลำคลองขนาดเล็ก และลึก มีสภาพน้ำนิ่งไม่มีน้ำไหล (William et al., 2006)

สาเหตุที่ทำให้ทุกพื้นที่ศึกษาสำรวจพบชนิดปลาเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากการดำเนินการร่วมกันทั้ง 3 ประการ คือ 1) การสร้างบ้านปลาในเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลา ทำให้เกิดที่หลบซ่อนเป็นที่อาศัยและวางไข่ของปลา 2) การปล่อยปลากินพืชขนาดเล็กอาจเป็นอาหารแก่ปลาขนาดใหญ่ในธรรมชาติ จึงทำให้ปลากินเนื้อเข้าอาศัยมากขึ้น และ 3) การจัดการเขตอนุรักษ์ของชุมชนในการวางรูปแบบการมีส่วนร่วมในการจัดตั้งคณะกรรมการดูแลไม่ให้จับพันธุ์ปลาในเขตอนุรักษ์ Arlinghaus et al. (2016)และ แจ่มจันทร์ และคณะ (2559) ที่รายงานว่าการจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำจืดเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายต้องดำเนินการทั้งในด้านแหล่งที่อยู่อาศัย สิ่งมีชีวิตในน้ำ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์น้ำ

สรุป

จากการศึกษาการจัดการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาคลองปากประ โดยการกำหนดรูปแบบในการจัดการด้านการบริหารจัดการโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ประกอบด้วย 4 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดพื้นที่ 2) คณะกรรมการดูแลเขตอนุรักษ์ 3) มาตรการทางสังคม 4) กิจกรรมสร้างจิตสำนึก และการสร้างบ้านปลาจากวัสดุธรรมชาติร่วมกับการปล่อยปลา ทำให้ชนิดปลาและปริมาณปลาในคลองปากประเพิ่มขึ้นก่อนทำบ้านปลาพบเพียงจำนวน 13 ชนิด 8 วงศ์ หลังจากการทำบ้านปลาพบปลาเพิ่มขึ้นเป็น 22 ชนิด จำนวน 12 วงศ์ ซึ่งมากกว่าก่อนทำบ้านปลา จำนวน 9 ชนิด 4 วงศ์ จากผลการศึกษาครั้งนี้มีพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ คือ วังท่าประดู่ วังท่าเรือ และวังสวนพฤกษศาสตร์ สำรวจพบปลาเพิ่มมากขึ้น บริเวณละ 6,7,และ8 ชนิดตามลำดับ และจากผลการศึกษาพบว่าปลาส่วนใหญ่จะเป็นปลากินพืช

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้นำเป็นข้อมูลเริ่มต้นในเปรียบเทียบ เพื่อสนับสนุนแนวทางดำเนินงานให้แก่ชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการรูปแบบการเขตอนุรักษ์พันธุ์ปลาให้เกิดผลและสามารถขยายพื้นที่และการเพิ่มจำนวนบ้านปลา เพื่อเป็นแหล่งอาหาร สร้างรายได้ และเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นสถานท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับประมาณจากทุนความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยทักษิณกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) พ.ศ.2559 ภายใต้โครงการบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตคนลุ่มน้ำอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาคลองป่าพะยอม - คลองท่าแนะ จังหวัดพัทลุง

เอกสารอ้างอิง

ขวัญเรือน ยอดดำ, สุขุม เร้าใจ และอิสริยา วุฒิสินธุ์. 2553. **การศึกษานิเวศวิทยาทางน้ำ เพื่อกำหนดแนวทางอนุรักษ์ประมง ในพื้นที่ชุ่มน้ำ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองบงคาย จังหวัดเชียงราย**. วารสารวิจัยเทคโนโลยีประมง. 4(1):65-77.

แจ่มจันทร์ เพชรศิริ, ทวีเดช ไชยนาพงษ์ และธนพล อยู่เย็น. 2559. **รายงานการวิจัยการฟื้นฟูพันธุ์ปลาน้ำจืดในคลองป่าพะยอม.** สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ไชยณรงค์ เศรษฐเชื้อ. 2547. **แม่น้ำโขงแม่น้ำแห่งชีวิตและวัฒนธรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1.วนิดา เพรส. เชียงใหม่.

เบญจวรรณ เพ็งหนู. 2558. **รายงานการวิจัยโครงการยกระดับกลไกการบริหารการจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำ อย่างมีส่วนร่วมสู่อาชีพประมงยั่งยืน.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ .

วิจิตรา อมรวิริยะชัย, ทวีเดช ไชยนาพงษ์, ธนพล อยู่เย็น, สมสมัย เอียดคง, วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์, วิลาสินี ธนพิทักษ์ และณัฐนนท์ อินทร์ชุม. 2559. **รายงานการวิจัยโครงการศึกษารูปแบบที่เหมาะสม ในการจัดการแหล่งอนุรักษ์พันธุ์ปลาท้องถิ่น ในพื้นที่ปลายน้ำคลองท่าแนะ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน.** สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

วิชัย คงนิล, บุญสง อินขาว, ชุม ทองคำ, สม แก้วใส, วุ่น ประทอง, กฤติยา จิตอารี. 2545. **รูปแบบการอนุรักษ์พันธุ์ปลาท้องถิ่นของชุมชนลำน้ำว้าตำบลน้ำพาง อำเภอแม่ริม จังหวัดน่าน**. สำนักกองทุน สนับสนุนการวิจัย.

Arlinghaus, R., Lorenzen, K., Johnson, B.M., Cooke, S.J. and Cowx, I. G. 2016. Management of freshwater fisheries: addressing habitat, people and fishes In: Craig, J.F. (ed). **Freshwater Fisheries Ecology**. 557579. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

Nelson, J. S. 2006. **Fishes of the World. 4th ed**. New York: John Wiley & Sons.

Hasler, C. T., Mossop, B., Patterson, D. A., Hinch, S. G. and Cooke, S. J. 2012. Swimming activity of migrating Chinook salmon in a regulated river. **Aquatic Biology**. 17, 47–56.

William, F., Beamish, H., Sa-ardrit, P. and Tongnunui, S. 2006. **Habitat characteristics of the** Cyprinidae in small rivers in Central Thailand. **Environmental Biology of Fishes**. 76, 237–253.

การศึกษาชนิดของสัตว์เกาะติด ตามปัจจัยด้านความลึกและแสง บนเรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี

The Study of Sessile Benthic Organism base on the Depth and Light Factor on The Ex-HTMS Sattakut, Koh Tao, Surat Thani Province

วันเฉลิม สายชล[1*] ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์[1] และวิภูษิต มัณฑะจิตร[2]

Wanchalerm Saichol[1*], Thon Thamrongnawasawat[1] and Vipoosit Manthachitra[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทราบถึงจำนวนชนิดของสัตว์เกาะติดที่พบ ตามระดับความลึกและปัจจัยด้านแสง เปรียบเทียบทั้งหมด 4 พื้นที่ บนเรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนสิงหาคม 2560 ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้ ตารางนับข้อมูลขนาด 50x50 ซม. ที่ระดับความลึก 18, 22, 25 เมตร ตามลำดับ พบสัตว์เกาะติดชนิดเด่นคือ กลุ่ม Cnidaria กลุ่ม Porifera กลุ่ม Mollusca และกลุ่ม Arthropoda ตามลำดับ ปัจจัยด้านของแสง ทำการเก็บข้อมูลที่ระดับความลึก 25 เมตร ในบริเวณที่รับแสงและอับแสง เปรียบเทียบสัตว์เกาะติดกลุ่ม Cnidaria บนเรือหลวงสัตกูดพบว่า บริเวณพื้นที่รับแสงพบ 5 ชนิด และบริเวณพื้นที่อับแสงพบ 2 ชนิด

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the number of species of a sessile benthic organism based on the depth and the light factor. Comparison of 4 the study areas on The Ex-HTMS Sattakut, Koh Tao, Surat Thani province in August 2017. Data were collected by using 50x50 cm. quadrate (the area is 0.25 square meters.) in 5 replications at a depth of 18, 22 and 25 m., respectively. The result showed that the dominant species of the sessile benthic organism were Cnidaria, Porifera, Porifera and Arthropoda. In terms of a light factor, data were collected at the 25 meters depth in the exposure and opaqueness areas. Comparison of Cnidarians on Ex-HTMS Sattakut shown that 5 species were found at the exposure area and the opaqueness area found only 2 species.

Key word: Ex-HTMS Sattakut, Sessile Benthic Organism, Exposure area, Opaqueness area

* Corresponding author; e-mail address: savery_sc9_25@hotmail.com

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ.งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Ngam Wong Wan Road, Chatuchak, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชลบุรี 20131

[2]Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Biological Science building, Chonburi 20131

คำนำ

ในปัจจุบันการฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลมีหลากหลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการปิดพื้นที่ให้ธรรมชาติทำการฟื้นฟูตัวเอง หรือจะเป็นการช่วยธรรมชาติฟื้นฟู คือ การเข้าไปมีส่วนร่วมทำให้เกิดผลกระทบพื้นที่บริเวณนั้นน้อยที่สุดและช่วยฟื้นฟูทรัพยากรในบริเวณนั้น เช่น การกำหนดพื้นที่เล่นน้ำนอกบริเวณพื้นที่ที่มีปะการังค่อนข้างสมบูรณ์เพื่อหลีกเลี่ยงนักท่องเที่ยวมาสัมผัสกับปะการังจนเกิดการแตกหักเสียหายได้ หรือการสร้างสิ่งจำลองระบบนิเวศทางทะเลขึ้นมาใหม่ เช่น การนำสิ่งก่อสร้างลงไปวางในทะเล หรือจะเป็นการนำเรือรบ รถถัง ตู้รถไฟ ที่ไม่มีการใช้งานแล้วลงไปวางในทะเล จนเกิดพื้นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในทะเลแห่งใหม่ เกิดเป็นระบบนิเวศที่มีความเฉพาะตัว เรียกว่า ปะการังเทียม ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบในทางธรรมชาติเอง หรือกิจกรรมที่มีการใช้ประโยชน์ในแนวปะการังได้

การศึกษาการใช้ปะการังเทียมในรูปแบบของเรือรบ เรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี ถูกวางลงสู่ใต้ท้องทะเลวันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2554 จากการศึกษาของ พิสดาร์ (2557) พบว่า มีสัตว์เกาะติดเข้ามาอยู่อาศัยเป็นจำนวนมากและบางชนิดยังพบว่าเป็นสัตว์หายาก เช่น ปะการังดำ ยังพบประชากรของฝูงปลากลางน้ำเข้ามาอยู่อาศัย หากิน หรือหลบภัยเป็นจำนวนมาก อีกทั้งบริเวณเรือหลวงสัตกูดยังเป็นแหล่งดำน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นมีผู้ใช้ประโยชน์มากที่สุดอีกด้วย

ระยะเวลาผ่านไป 6 ปี หลังจากเรือหลวงสัตกูดถูกวางลงสู่ใต้ทะเล ปัจจุบันความหลากหลายของสัตว์เกาะติดหรือการใช้ประโยชน์ของสิ่งมีชีวิต ย่อมมีความแตกต่างจากในอดีต โดยสัตว์เกาะติดแต่ละชนิดมีการลงเกาะในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ ศึกษาชนิดของสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูด ตามปัจจัยที่แตกต่างกัน ทั้งด้านระดับความลึกและด้านที่ได้รับแสงและอับแสง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางปะการังเทียมในครั้งต่อๆไป เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ดำน้ำลึก
   - 1.1 อุปกรณ์สำหรับดำน้ำพื้นฐาน
   - 1.2 อุปกรณ์ช่วยหายใจใต้น้ำ
   - 1.3 เครื่องคำนวณการดำน้ำอัตโนมัติ
2. อุปกรณ์เก็บข้อมูล
   - 2.1 กล้องถ่ายรูปใต้น้ำ
   - 2.2 ตารางนับข้อมูล ขนาด 50x50 ซม.
   - 2.3 กระดานจดใต้น้ำ

พื้นที่ทำการศึกษา

1.1 เกาะเต่า ตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลเกาะเต่า อำเภอเกาะพะงัน อยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของชายฝั่งทะเล จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีหมู่เกาะที่สำคัญอยู่ 2 เกาะ คือ เกาะเต่า และเกาะนางยวน (เกาะหางเต่า)

พื้นที่ทั้งสองเกาะ 70 เปอร์เซ็นต์เป็นภูเขา อีก 30 เปอร์เซ็นต์เป็นที่ราบ เกาะเต่ามีระยะห่างจากเกาะพะงัน ประมาณ 47 กิโลเมตร ระยะห่างจากปากน้ำชุมพร 74 กิโลเมตร และระยะห่างจากอ่าวบ้านดอนจังหวัดสุราษฎร์ธานี ประมาณ 115 กิโลเมตร อาณาเขตของเกาะทางทิศเหนือจุดพิกัดกริด UTM ที่ N 1119300 ทิศใต้จุดพิกัดกริด UTM ที่ N 1111600 ทิศตะวันตกจุดพิกัดกริด UTM ที่ E 589100 ทิศตะวันออกจุดพิกัดกริด UTM ที่ E 594200 ความกว้างของเกาะจากทิศตะวันตก – ทิศตะวันออก ประมาณ 3.4 กิโลเมตร ส่วนความ ยาวของเกาะจากทิศเหนือ – ใต้ ประมาณ 7.6 กิโลเมตร ลักษณะคล้ายเมล็ดถั่ว มีความเว้าแหว่ง เป็นอ่าว 11 อ่าว แหลม 10 แหลม ความยาวของแนวชายฝั่ง 28.60 กิโลเมตร ความยาวของแนว ปะการัง 8 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดบนเกาะประมาณ 11,704 ไร่ หรือ 18.73 ตารางกิโลเมตร รวมเกาะนางยวน เป็น 13,144 ไร่ หรือ 21.03 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,007 ไร่ หรือ 19.21 ตารางกิโลเมตร (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

1.2 เรือหลวงสัตกูด ร.ล.สัตกูด เป็นเรือลำเลียงพลขึ้นบก ชั้น L.C.I ของทหารเรือไทย ที่ได้รับความช่วยเหลือจากสหรัฐอเมริกา ในปี 2490 โดยชื่อเดิมคือเรือ L.C.I 739 โดยในช่วงแรกของการประจำการนั้นใช้หมายเลข 2 อยู่หลายสิบปี จนในระหว่างปี 2530 - 2540 จึงได้เปลี่ยนเป็นหมายเลข 742 เรือหลวงสัตกูด ลงสู่พื้นท้องทะเลเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2554 ทางทิศตะวันตกของเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี (N10°06.342' E099° 48.800') ทางทิศใต้ของหินขาว ที่ระดับความลึกสูงสุด 28 เมตร เป็นเรือประเภทเรือยกพลขึ้นบกขนาดเล็ก มีความกว้าง 7.08 เมตร ยาว 48.86 เมตร กำลังพล 62 คน ตัวเรือทำจากเหล็ก

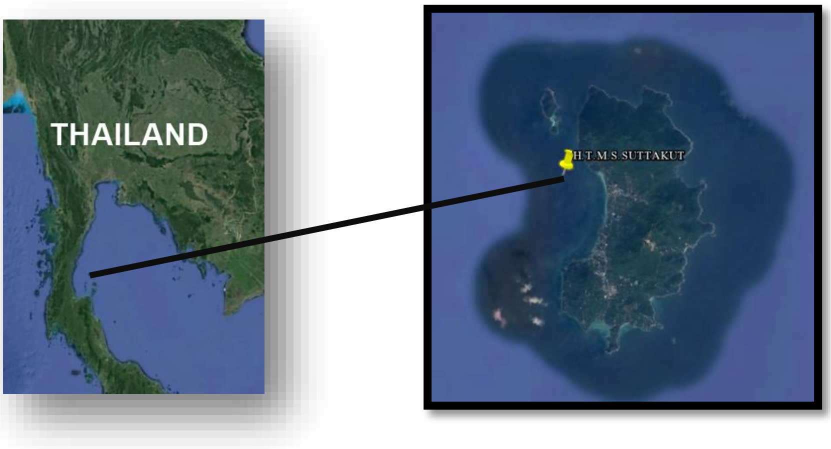


Figure 1 Study area The Ex-HTMS Sattakut, Koh Tao, Surat Thani Province.

วิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษาชนิดและปริมาณของสัตว์เกาะติด ทำการเก็บข้อมูลด้วยการดำน้ำแบบ SCUBA diving โดยใช้วิธีดังนี้

Photo Quadrats ดัดแปลงจากวิธีการสำรวจแบบ Permanent photo quadrats (English *et al.*, 1997) โดยใช้ตารางนับข้อมูลขนาดเล็กลง คือ การถ่ายรูปสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในตารางนับข้อมูล (quadrat) ตามวิธีการของ ณิฎฐารัตน์ (2524) ใช้ตารางนับข้อมูลขนาด 50x50 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ 0.25 ตารางเมตร

การศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในแต่ละหัวข้อมีความแตกต่างกัน จึงแบ่งหัวข้อตามการศึกษาดังนี้

1. เปรียบเทียบชนิดของสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูด ตามระดับความลึกที่แตกต่างกัน

ชนิดของสัตว์เกาะติดที่มีความเหมือนหรือแตกต่างกันที่ระดับความลึก

ทำการเก็บข้อมูลด้วยการกำหนดจุดที่แน่นอน (Fixed) โดยใช้วิธี Photo Quadrats ด้วยการวางตารางนับข้อมูล ขนาด 50x50 ซม. จำนวน 5 ตารางนับข้อมูล ในแต่ละระดับความลึก แบ่งความลึกออกเป็น 3 ระดับคือ

- ระดับความลึก 18 เมตร คือ ชั้นด้านบนดาดฟ้าสะพานเดินเรือ

- ระดับความลึก 22 เมตร คือ ชั้นดาดฟ้าสะพานเดินเรือ

- ระดับความลึก 25 เมตร คือ ชั้นสะพานเดินเรือ

วิเคราะห์ชนิดสัตว์เกาะติด ตามระดับความลึกที่มีความแตกต่างกัน โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ความมากชนิด (Species Richness) โดยพิจารณาจากจำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์เกาะติดที่พบ (Clarke and Warwrick, 1994)

2. ชนิดของสัตว์เกาะติดที่มีความเหมือนหรือแตกต่างกันในบริเวณที่รับแสงและที่อับแสง

ทำการเก็บข้อมูล โดยใช้วิธี Photo Quadrats ด้วยการวางตารางนับข้อมูล จำนวน 5 ตารางนับข้อมูลต่อพื้นที่การศึกษา ทำการเก็บข้อมูลชั้นสะพานเดินเรือที่ระดับความลึก 25 เมตร ตามแนวขนานกับพื้นท้องทะเล โดยบริเวณที่ศึกษาสัตว์เกาะติด พื้นที่ที่ได้รับแสงจะอยู่บริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ส่วนบริเวณพื้นที่อับแสง จะทำการศึกษาในห้องมืด

วิเคราะห์ชนิดสัตว์เกาะติด ตามปัจจัยแสงที่แตกต่างกันบริเวณที่รับแสงและอับแสง โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ความมากชนิด (Species Richness) โดยพิจารณาจากจำนวนชนิดทั้งหมดของสัตว์เกาะติดที่พบ (Clarke and Warwrick, 1994)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูด ตามระดับความลึกที่มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูดตามระดับความลึกที่มีความแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ที่ระดับความลึก 18 เมตร คือ ชั้นด้านบนดาดฟ้าสะพานเดินเรือ ระดับความลึก 22 เมตร คือ ชั้นดาดฟ้าสะพานเดินเรือ และระดับความลึก 25 เมตร คือ ชั้นสะพานเดินเรือ ในเดือนสิงหาคม 2560 พบสัตว์เกาะติดทั้งหมด 4 ไฟลัม เป็นสัตว์เกาะติดในกลุ่มของ Cnidaria 6 ชนิด แบ่งเป็นกลุ่มของปะการังแข็งพบ 4 ชนิด คือ ปะการังดอกเห็ดเล็ก (*Cycloseris* sp.) พบทั้ง 3 ระดับความลึก ปะการังสมองร่องสั้น (*Platygyra* sp.) พบที่ความลึก 18 เมตร ปะการังวงแหวน (*Favia* sp.) พบทั้ง 3 ระดับความลึก ปะการังใบหิน (*Lilthophyllon* sp) พบที่ความลึก 22 และ 25 เมตร เนื่องจากปะการังทั้ง 6 ชนิด มีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ (Zooxanthellae) อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อ จึงต้องการ

แสงเพื่อทำการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารให้กับตัวเองและปะการัง นอกจากนี้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซูแซนแทลลี่ ยังช่วยสร้างหินปูนให้กับตัวปะการังและ พัฒนาขยายออกเป็นแนวปะการังออกไป (สนัดดา, 2541) กลุ่มของปะการังอ่อนพบ 2 ชนิด คือ แส้ทะเล (*Junceella* sp.) ปะการังดำ (*Antipathes* sp.) พบที่ความลึก 25 เมตร จากการศึกษาพบว่าปะการังดำสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความลึก 25 เมตร โดยมีการสำรวจการแพร่กระจายของปะการังดำในต่างประเทศ พบว่าปะการังดำชนิดนี้ มีการแพร่กระจายตั้งแต่ระดับความลึก 20 – 50 เมตร (Colin and Arneson, 1997; Allen and Steene, 1998; Oakley, 1988; Tazioli *et al.*,2007; Bo *et al*., 2009)

สัตว์เกาะติดในกลุ่ม Porifera พบการแพร่กระจายที่ระดับความลึกตั้งแต่ 18 – 25 เมตร โดยพบทั้งหมด 4 ชนิด ฟองน้ำเคลือบ (*Mycale(Zygomycale)* sp.) พบที่ระดับความลึก 25 เมตร ฟองน้ำฝังตัวสีแดง (*Mycale (Mycale)* sp.) พบที่ระดับความลึก 22 - 25 เมตร ฟองน้ำสีดำเมือกม่วง (*Iotrochota* sp) พบที่ระดับความลึก 25 เมตร ฟองน้ำเคลือบบางสีน้ำเงิน (*Terpios* sp.) พบที่ระดับความลึก 18 เมตร พบความหลายหลายทางชนิดมากที่สุดที่ระดับความลึก 25 เมตร พบว่าช่วงความลึกดังกล่าวมีการหมุนเวียนของสารอินทรีย์ ทำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการอยู่อาศัยของฟองน้ำ (อานุภาพ, 2556) เนื่องจากฟองน้ำดำรงชีวิตแบบกรอง (Filter feeder) กินสารอินทรีย์ที่ลอยมาตามกระแสน้ำผ่านเนื้อเยื่อตัวเอง (ศักดิ์อนันต์ และคณะ, 2551)

สัตว์เกาะติดในกลุ่ม Mollusca พบ 1 ชนิดคือ หอยนางรม (*Striostrea* sp.) พบที่ความลึก 18 เมตร และ 25 เมตร สอดคล้องกับการศึกษาของศักดิ์อนันต์ และคณะ (2551) บนตู้รถไฟกองลึก บริเวณบ้านตือลาฆอปาลัด จังหวัดนราธิวาส พบว่า หอยนางรมมีการแพร่กระจายตั้งแต่ระดับความลึก 18 - 25 เมตร แต่พบการแพร่กระจายสูงที่ระดับความลึก 18 เมตร ในการเก็บตัวอย่างสังเกตได้ว่าบริเวณเรือสัตกูดยิ่งความลึกมากจะพบสารอาหารและตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำที่สูงขึ้นตามลำดับความลึก และหอยนางรมกินอาหารโดยการกรองสารอาหารจากมวลน้ำ ยิ่งมีตะกอนมากยิ่งทำให้มีโอกาสเกิดการสะสมของตะกอนและทำให้อุดตันในซี่กรองเหงือกได้ และในช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลยังพบการหลุดลอกของสีทาเคลือบผิวเรือ บนเรือหลวงสัตกูดซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจส่งผลกระทบต่อการเกาะติดของหอยนางรมที่ระดับความลึก 22 เมตร ในจุดที่มีการเก็บข้อมูล

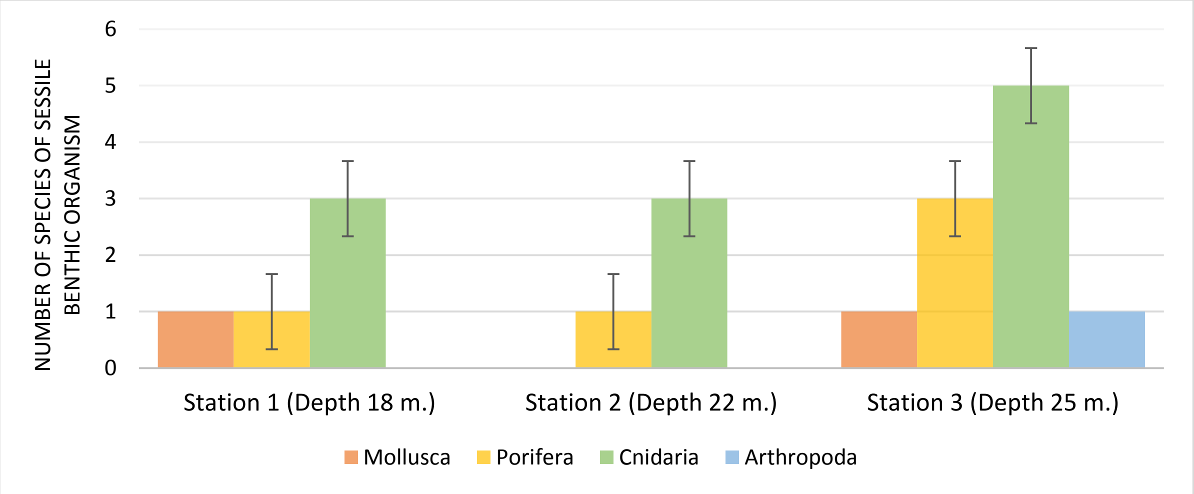


Figure 2 The number of species of sessile benthic organism found at each station on Ex-HTMS Sattakut.

การศึกษาสัตว์เกาะติดในกลุ่ม Cnidaria ตามปัจจัยที่แตกต่างกันในบริเวณที่รับแสงและที่อับแสง

การสำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 25 เมตร จำนวน 2 พื้นที่การศึกษาคือ บริเวณพื้นที่รับแสงและพื้นที่อับแสง แสงสามารถส่องผ่านน้ำทะเลได้ โดยแสงที่มีความยาวคลื่นมากจะถูกดูดกลืนได้ดี ได้แก่ แสงสีแดง จะถูกดูดกลืนที่ความลึก 5 เมตร แสงสีเขียว ถูกดูดกลืนที่ความลึก 15 เมตร แต่แสงที่มีความยาวคลื่นน้อยจะสามารถส่องลงไปในน้ำลึกได้ดี ได้แก่ แสงสีน้ำเงิน พบว่าสามารถส่องลงไปในน้ำทะเลด้วยระดับความลึกที่มากกว่า 100 เมตร (ธรณ์ และ ปริญญา, ม.ป.ป.) โดยบริเวณที่รับแสงพบปะการังทั้งหมด 5 ชนิด โดยแบ่งเป็นปะการังแข็ง 3 ชนิด คือ ปะการังดอกเห็ดเล็ก (*Cycloseris* sp.) ปะการังวงแหวน (*Favia* sp.) ปะการังใบหิน (*Lilthophyllon* sp) ส่วนปะการังอ่อนพบ 2 ชนิด คือ ปะการังดำ (*Antipathes* sp.) และแส้ทะเล (*Junceella* sp.) ในบริเวณพื้นที่อับแสงพบปะการังอ่อน 2 ชนิด คือ ปะการังดำ (*Antipathes* sp.) และแส้ทะเล (*Junceella* sp.) จากการศึกษากลุ่มของปะการังแข็งพบว่ามีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ (Zooxanthellae) อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง และจะทำการสร้างอาหารให้กับตัวเองและปะการังโดยการสังเคราะห์แสง จึงทำให้พบกลุ่มปะการังแข็งเฉพาะในพื้นที่รับแสงเท่านั้น

ผลจากการศึกษาปะการังดำ (*Antipathes* sp.) และแส้ทะเล (*Junceella* sp.) พบการลงเกาะทั้งพื้นที่รับแสงและอับแสง เนื่องจากปะการังดำไม่มีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ (Zooxanthellae) อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อ จึงไม่จำเป็นต้องใช้แสงในการดำรงชีวิต (Opresko, 2002)และพบว่าปะการังดำสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความลึก 25 เมตร โดยมีการสำรวจการแพร่กระจายของปะการังดำในต่างประเทศ พบว่าปะการังดำชนิดนี้ มีการแพร่กระจายตั้งแต่ระดับความลึก 20 – 50 เมตร (Colin and Arneson, 1997; Allen and Steens, 1998; Oakley, 1988; Tazioli *et al.*,2007; Bo *et al.*, 2009) แส้ทะเลไม่มีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อ มีหนวดหรือเทนทาเคิล (Tentacle) ล้อมรอบปาก ทำหน้าที่จับอาหารเข้าสู่ช่องปาก จึงไม่จำเป็นต้องใช้แสงในการเจริญเติบโต แส้ทะเลพบการแพร่กระจายถึงความลึก 40 เมตร มักพบอยู่ตามกองหินใต้น้ำ ซอกหินหรือขอบนอกของแนวปะการัง โดยพบการแพร่กระจ่ายในฝั่งอ่าวไทยได้มากในจังหวัดชุมพร และสุราษฎร์ธานี (สุชาย, 2543)

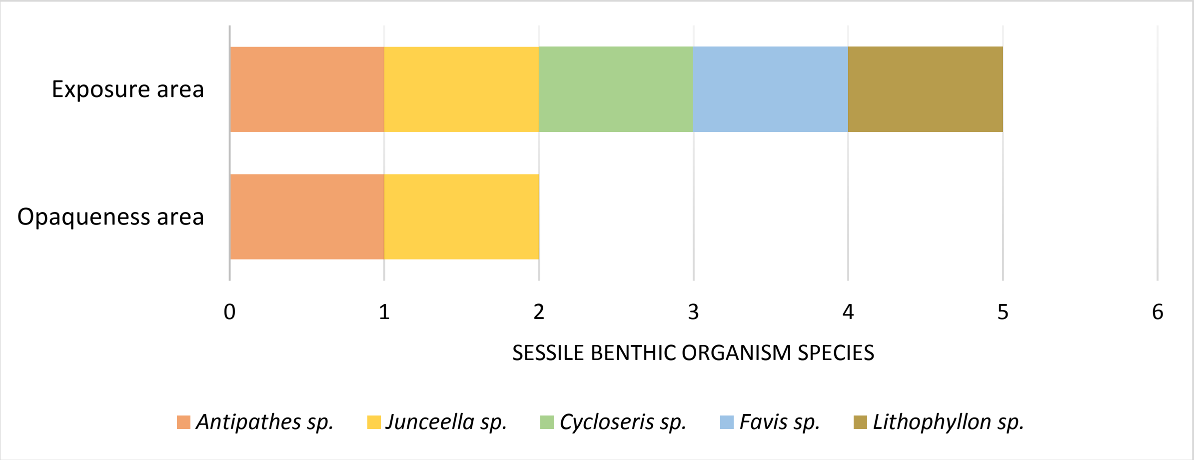


Figure 3 The number of species of sessile benthic organism in each group found in two different areas, exposure area and opaqueness area.

สรุป

จากการศึกษาสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ระดับความลึก 18, 22 และ 25 เมตร โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม ซึ่งเกาะเต่าจะได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือน ตุลาคม-ธันวาคม ของทุกปี เมื่อนำสัตว์เกาะติดแต่ละระดับความลึกมาเปรียบเทียบกัน ชนิดเด่นคือ กลุ่ม Cnidaria 6 ชนิด พบทั้ง 3 ระดับความลึก กลุ่ม Porifera 4 ชนิด พบ 3 ระดับความลึก กลุ่ม Mollusca 1 ชนิด พบที่ความลึก 18 และ 25 เมตร และกลุ่ม Arthropoda 1 ชนิด ที่ความลึก 25 เมตรเท่านั้น พบว่า สัตว์เกาะติด กลุ่ม Cnidaria มีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ (Zooxanthellae) เพื่อทำการสังเคราะห์แสง จึงพบกลุ่ม Cnidaria เป็นกลุ่มชนิดเด่น และปัจจัยที่แตกต่างกันในบริเวณที่รับแสงและที่อับแสง บริเวณพื้นที่รับแสงพบสัตว์เกาะติดในกลุ่มปะการังอ่อนและปะการังอ่อน และพื้นที่อับแสงพบกลุ่มของปะการังแข็งเท่านั้น คือ ปะการังดำและแส้ทะเล พบว่าทั้งสองชนิดไม่มีสาหร่ายซูแซนแทลลี่ (Zooxanthellae) อาศัยอยู่ในในเนื้อเยื่อ จึงไม่จำเป็นต้องใช้แสงในการดำรงชีวิต (Opresko, 2002)

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2556. **คู่มือความหลายหลายสิ่งมีชีวิตทางทะเลและชายฝั่ง เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2524. **บทปฏิบัติการนิเวศวิทยาทางทะเล.** คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์ และปริญญา ลิ้มปิวิริยะกุล. ม.ป.ป. **มนุษย์กับทะเล, เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**

พิสดาร์ รุ่งเรืองทองทวี. 2557. **การประเมินชนิดและปริมาณของสัตว์เกาะติดบนเรือหลวงสัตกูด เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาย วรชนะนันท์. 2543. **การศึกษาการแพร่กระจายของปะการังอ่อนและกัลปังหาในน่านน้ำไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

สนัดดา เสียงสุวรรณ. 2541. **เปรียบเทียบการกระจายของปะการังต่างชนิดตามระดับความลึกระหว่างอ่าวไทยกับทะเลอันดามัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**

ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง, จิระพงศ์ จีวรงคกุล, พงศ์ธีระ บัวเพ็ชร, กิตติพันธุ์ ทรัพย์คูณ, วิลาวัลย์ ชัยธรรม, ศุภะสิทธิ์ บุญเพียนผล และอาราดิน ปากบาลา. 2551. **บทที่ 2 ชนิดและความชุกชมของสัตว์น้ำขนาดใหญ่บริเวณปะการังเทียม.** *ใน* **ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง, บรรณาธิการ. โครงการฟื้นฟูทรัพยากรชายฝั่งทะเล อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดปัตตานี และนราธิวาส (กิจกรรมประเมินผลสำเร็จ). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา.**

อานุภาพ **คำทอง. 2556. การเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสัตว์เกาะติด บนปะการังเทียมโคลงเหล็กบนลูกบาศก์ บริเวณหาดสังวาล เกาะล้าน จ.ชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

Allen, G.R. and R. Steene. 1998. **Indo-pacific Coral Reef Field Guide**. Tropical Reef research, Singapore.

Bo, M., G. Bavestrello, S. Canese, M.Giusti, E. Salvati, M. Angiolillo and S.Greco. 2009. Characteristics Of a black coral meadow in the twilight zone of the central Mediterranean Sea. **Marine Ecology Process Searies 397: 53-61**

Clarke, K.R. and R.M. Warwrick**. 1994. Change in Marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. 144 pp.**

Colin, P.L. and C. Arneson. 1997. **Tropical pacific invertebrates: A field guide to the marine invertebrate occurring on tropical pacific coral reef, seagrass bads and mangroves.** Coral Reef Publishing, USA.

English, S., C. Wilkinson and V. Baker. 1997. **Survey Manual for Tropical Marin Resources.** 2nd edition. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.

Oakley, G.S. 1988. Settlement and growth of antipathes pannecea on a shipwreck. **Coral reef 7:77-79**

Opresko, D.M. 2002. Revision of the antipatharia (Cnidaria: Anthozoa) Part II Schizopathidae. **Zoologische Mededelingen Leiden 76:411-442.**

Tazioli, S., M. Bo, M.Boyer, H. Rotinsulu and G. Bavestrello. 2007. Ecology of some Common antipatharians from the marine part of Bunaken (North Sulawesi, indonesia). **Zoological Studies 46: 227-241.**

ชีววิทยาของปลาทู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง พ.ศ. 2554

Biology of Indo-Pacific mackerel *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) in the southern Gulf of Thailand, 2011

ธเนศ ศรีถกล[1*] สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล[1] และจุรีรัตน์ สงนุ้ย[1]

Thanate Sritakon[1*], Suwantana Tossapornpitakkul[1] and Jurerat Sungnui[1]

บทคัดย่อ

เก็บตัวอย่างปลาทูจากท่าขึ้นสัตว์น้ำบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชและสงขลา ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2554 จากเรือประมงอวนลอย เพื่อศึกษาอัตราการจับและการแพร่กระจายขนาดความยาว ชีววิทยาและแหล่งวางไข่ของปลาทู จากผลการศึกษาพบว่ามีอัตราการจับปลาทูเฉลี่ย 1.029 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร มีความยาวตลอดตัวอยู่ในช่วง 10.0-20.5 (16.59±1.25) เซนติเมตร สำหรับชีววิทยาพบว่าปลาทูจำนวน 1,650 ตัว มีช่วงความยาวตลอดตัว 11.6-23.0 (17.25±1.31) เซนติเมตร เป็นเพศผู้ 515 ตัว ช่วงความยาวตลอดตัว 12.9-22.4 (17.16±0.76) เซนติเมตร เพศเมีย 1,135 ตัว ช่วงความยาวตลอดตัว 11.6-23.0 (17.29±0.51) เซนติเมตร มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตลอดตัว (TL) กับน้ำหนักตัว (W) ของปลาไม่แยกเพศ $W=0.0120TL^{2.9968}$ ส่วนเพศผู้ และเพศเมียมีสมการความสัมพันธ์ $W=0.0182TL^{2.8428}$ และ $W=0.0105TL^{3.0441}$ ตามลำดับ อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย เท่ากับ 1:2.2 มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 16.83 เซนติเมตร ปลาทูเพศเมียสามารถวางไข่ได้ตลอดปี มีช่วงวางไข่มากในเดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม กันยายน และตุลาคม จากข้อมูลเรืออวนลอยพบว่าบริเวณชายฝั่งจังหวัดสงขลาไม่ได้เป็นแหล่งวางไข่ของปลาทู

ABSTRACT

Specimens of Indo-Pacific mackerel *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) were collected during January – December 2011 from gill nets at the landing sties in Nakhon Si Thammarat and Songkhla province. For study on Catch per uinit effort (CPUE), size distributions, biology and spawaning area of Indo-Pacific mackerel. The result showed that the average CPUE of indo-pacific mackerel was 1.029 kg/100 meter of nets, while total length from 10.0-20.5 (16.59±1.25) cm. The biology of indo-pacific mackerel showed that the total length (TL) of the total of 1,650 fishs ranged 11.6-23.0 (17.16±0.76) cm. There were 515 males with 12.9-22.4 (17.16±07.76) cm in TL and 1,135 females with 11.6-23.0 (17.29±0.51) cm in TL. The relationship equation between TL and weigth (W) for total fishs, males and females was $W=0.0120TL^{2.9968}$, $W=0.0182TL^{2.8428}$ and $W=0.0105TL^{3.0441}$, respectively. The sex ratio of male to female was 1:2.2. The average total length at first maturity (L_{50}) of female was 16.83 cm. It was also found that the indo-pacific mackerel spawned all year round with peaks in February, June, July, September and October. The coastal area of Songkhla provice is not spawaning area of Indo-Pacific mackerel.

Key Words : Indo-Pacific mackerel, Spawnning area, biology, Songkhla, Nakhon Si Thammarat

*Corresponding author; e-mail address: sthanate@gmail.com

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา) กรมประมง

: 79/1 ถ.วิเชียรชม ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

[1]Southern Fisheries Research and Development Center (Songkhla), Department of Fisheries

: 79/1 Wichianchom Rd., Bo-Yang, Muang, Songkhla, 90000

คำนำ

ปลาทูมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) และชื่อสามัญว่า Indo-Pacific mackerel เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจคู่กับปลาลัง ซึ่งมีปริมาณการจับและมูลค่าในแต่ละปีค่อนข้างสูง เช่น พ.ศ. 2551-2553 มีปริมาณการจับปลาทูและปลาลังเฉลี่ย 151.73 เมตริกตัน มีมูลค่าเฉลี่ย 4,758.81 ล้านบาท โดยมีปริมาณการจับปลาทูเฉลี่ย 118.31 เมตริกตัน เป็นปลาทูจากฝั่งอ่าวไทยเฉลี่ย 86.10 เมตริกตัน คิดเป็นร้อยละ 72.74 ของปริมาณการจับปลาทูทั้งหมด สำหรับบริเวณอ่าวไทยตอนล่างในระหว่าง พ.ศ. 2552 และ 2553 มีปริมาณการจับปลาทูเฉลี่ย 3.42 เมตริกตัน (กรมประมง, 2560) คิดเป็นร้อยละ 3.90 ของปริมาณการจับปลาทูจากฝั่งอ่าวไทย กรมประมงได้เล็งเห็นความสำคัญของปลาทูและปลาลังจึงได้ศึกษาชีวประวัติด้านต่างๆ อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2500 จนได้ข้อมูลที่นำไปสู่การออกมาตรการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำทางฝั่งอ่าวไทยบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี โดยกำหนดห้ามใช้เครื่องมือทำการประมงบางชนิดทำการประมงในฤดูปลาที่มีไข่ วางไข่ และเลี้ยงตัวในวัยอ่อน ตั้งแต่วันที่ 15 กุมภาพันธ์ถึงวันที่ 15 พฤษภาคมของทุกปี

สำหรับพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนล่างซึ่งเป็นรอยต่อจากพื้นที่มาตรการปิดอ่าวตั้งแต่หลังเกาะสมุยถึงชายแดนจังหวัดนราธิวาส พบว่ามีการแพร่กระจายของปลาทูและปลาลังอยู่ทั่วไป จากการศึกษาของ ธเนศ และคณะ (2549) เมื่อ พ.ศ. 2547-2548 พบว่าปลาทูบริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของปลาทูเพศผู้และเพศเมีย เท่ากับ 16.02 และ 16.84 เซนติเมตร ตามลำดับ ปลาทูเพศเมียสามารถไข่ได้ตลอดปี แต่สูงในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ และพฤษภาคมถึงสิงหาคม แต่ไม่มีรายงานแหล่งวางไข่ในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่การประเมินสภาวะทรัพยากรปลาทูบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง และจะนำไปสู่มาตรการปิดอ่าวในพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนล่างต่อไป ในครั้งนี้จึงศึกษาอัตราการจับและการแพร่กระจายขนาดความยาว ชีววิทยา และแหล่งวางไข่ของปลาทูบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชและสงขลาจากเครื่องมืออวนลอย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่เก็บตัวอย่างและระยะเวลาดำเนินการ รวบรวมตัวอย่างข้อมูลจากท่าขึ้นสัตว์น้ำบ้านปลายทอน อ.สิชล และบ้านในถุ้ง อ.ท่าศาลา จ.จังหวัดนครศรีธรรมราช และบ้านแคบน อ.สทิงพระ และบ้านปากบางสะกอม อ.เทพา จ.สงขลา จากเรือประมงอวนลอยซึ่งมีพื้นที่ทำประมงบริเวณชายฝั่ง ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2554 (Figure 1)

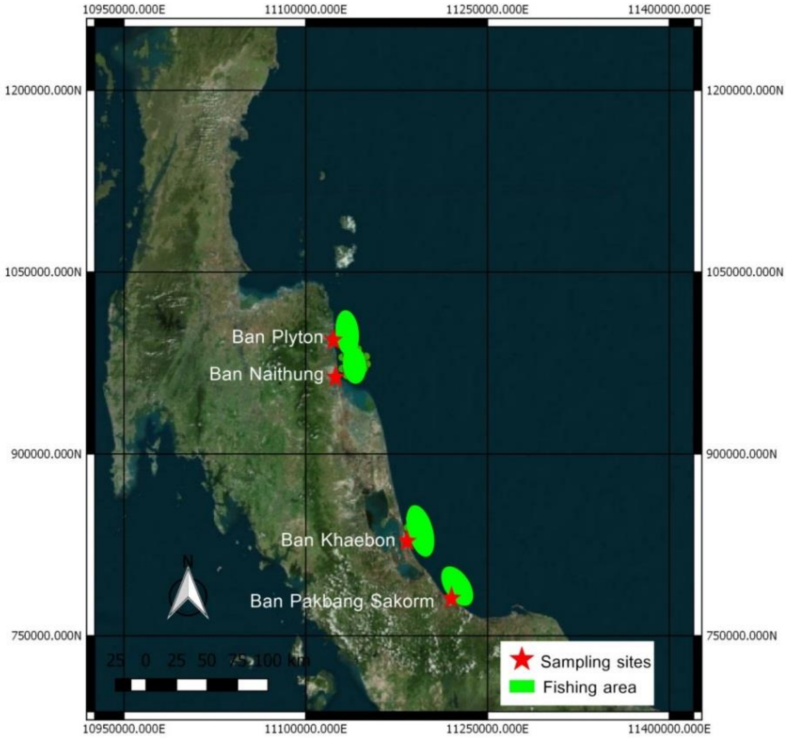


Figure 1 Sampling sites of *Rastrelliger brachysoma* and Fishing area from gill nets in the southern Gulf of Thailand, 2011

2. วิธีรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างปลาทูจากเรือประมงอวนลอย บริเวณชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราชและสงขลา (ไม่เกิน 12 ไมล์ทะเล ที่ระดับน้ำลึก 4-20 เมตร)

2.1 บันทึกน้ำหนักสัตว์น้ำในเรือตัวอย่าง

2.2 สุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำมาจำแนกชนิด ชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และตัวอย่างปลาทูที่ได้นำมาวัดขนาดความยาวรายตัวเพื่อศึกษาการแพร่กระจายขนาด

2.3 สุ่มตัวอย่างปลาทูจำนวน 50 ตัวต่อพื้นที่ต่อเดือน และสัมภาษณ์ชาวประมงเกี่ยวกับข้อมูลแหล่งประมง ปริมาณการลงแรงประมง และข้อมูลอื่นๆ

นำตัวอย่างปลาทูมาวัดความยาวตลอดตัว (total length, TL) ชั่งน้ำหนักตัว (weight, W) หน่วยเป็นกรัม ผ่าเปิดช่องท้องแยกเพศผู้และเพศเมีย ศึกษาระยะการพัฒนาของถุงน้ำเชื้อและรังไข่ของปลา โดยแบ่งเป็น 5 ระยะ ตามวิธีของ Kesteven (1960) และให้ระยะที่ 1-2 เป็นระยะที่ปลาไม่สมบูรณ์เพศ (pre-mature หรือ immature) และให้ระยะที่ 3-5 เป็นระยะที่ปลาสมบูรณ์เพศ (mature) พร้อมที่จะวางไข่

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 นำข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบชนิด อัตราการจับเฉลี่ย และการแพร่กระจายขนาดความยาวของปลาทู

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตลอดตัวกับน้ำหนักตัว

3.2.1 นำข้อมูลความยาวและน้ำหนักตัวของปลาทูไม่แยกเพศ เพศผู้ และเพศเมีย มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัว ในรูปสมการ $W=aTL^b$ ใช้ t-test ระดับความเชื่อมั่น 95% ทดสอบรูปแบบการเติบโต มีสมมุติฐานหลัก คือ ปลาทูมีการเติบโตแบบไอโซเมตริก isometric growth (H_0 : b = 3)

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวระหว่างเพศผู้และเพศเมียว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยเปรียบเทียบค่า b ของเพศผู้กับเพศเมียในรูปผลต่าง (Zar, 1996) ซึ่งมีสมมุติฐานหลักคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวระหว่างเพศไม่มีความแตกต่างกัน (H_0 : $b_1 = b_2$) ตัวทดสอบสถิตินี้หาได้จาก $t=(b_1-b_2)/S_{(b1-b2)}$ เมื่อ b_1, b_2 คือ ค่ายกกำลัง จากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัว และ $S_{(b1-b2)}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างระหว่าง b_1 กับ b_2

3.2.2 คำนวณความยาวเฉลี่ยของปลาทูแต่ละเพศ และใช้ t-test ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยระหว่างเพศผู้และเพศเมีย (Zar, 1996) โดยตั้งสมมุติฐานว่าความยาวเฉลี่ยระหว่างเพศไม่แตกต่างกัน (H_0 : $\overline{X}_1 = \overline{X}_2$)

3.3 อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย นำข้อมูลปลาทูแบบแยกเพศในรอบปี มาหาอัตราส่วนเพศ (SR) ตามสมการ $SR = N_f/N_m$ เมื่อ N_f คือ ปลาทูเมียทั้งหมด และ N_m คือ ปลาเพศผู้ทั้งหมด ทดสอบทางสถิติด้วยไควสแควร์ (chi–square test, χ^2) ระดับความเชื่อมั่น 95% (Zar, 1996) มีสมมติฐานว่า อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1:1

3.4 ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ หาค่าสัดส่วนความสมบูรณ์เพศ (P) ของปลาทูเพศเมียในแต่ละอันตรภาคชั้นของความยาว นำค่า P มาปรับค่าตาม Bakhayokho (1983) และหาขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ (L_{50}) จากการประมาณสัดส่วนตามสมการ $L_{50} = L1 +\{((0.5-P_1)x(L_2-L_1X))/(P_2-P_1)\}$ โดย P_1 คือ P ลำดับแรกที่มีค่าใกล้หรือเท่ากับ 0.5, P_2 คือ P ลำดับแรกที่ค่ามากกว่า 0.5, L_1 คือ ขนาดความยาวที่ P_1 และ L_2 คือ ขนาดความยาวที่ P_2

3.5 แหล่งและฤดูวางไข่ นำข้อมูลจำนวนปลาทูเพศเมีย มาคำนวณร้อยละความสมบูรณ์เพศ (%Mature) ในแต่ละเดือน ด้วยสมการ $\%Mature =(F_{mf}/F_{tf})x100$ เมื่อ F_{mf} คือ จำนวนปลาทูเพศเมียระยะสมบูรณ์เพศ, F_{tf} คือ จำนวนปลาทูเพศเมียทั้งหมด เดือนใดมีค่าร้อยละความสมบูรณ์เพศสูง เดือนนั้นเป็นช่วงวางไข่

สำหรับแหล่งวางไข่พิจารณาจากแหล่งทำประมงเรือประมงอวนลอย หากบริเวณใดพบว่าปลาทูเพศเมียมีค่าร้อยละความสมบูรณ์เพศสูง แสดงว่าบริเวณนั้นเป็นแหล่งวางไข่

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. อัตราการจับ และการแพร่กระจายขนาดความยาวของปลาทู จากอวนลอย

1.1 อัตราการจับปลาทู พบว่าเรืออวนลอยมีอัตราการจับ (CPUE) เฉลี่ย 2.828 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มปลาผิวน้ำ ปลาหน้าดิน ปลาเป็ด ปู กุ้ง สัตว์น้ำอื่นๆ และหมึก-หอย ร้อยละ 74.53, 18.93, 4.12, 1.24, 0.84, 0.28 และ 0.06 ของน้ำหนัก ปลาทูมีอัตราการจับตลอดปีเฉลี่ย 1.029 กิโลกรัม/ความยาว

อวน 100 เมตร คิดเป็นร้อยละ 36.38 โดยจับได้สูงสุดในเดือน มิ.ย. 2554 เท่ากับ 2.341 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร และต่ำสุดในเดือน ธ.ค. 2554 เท่ากับ 0.366 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร (Table 1)

อัตราการจับที่ได้มีค่าน้อยกว่าผลการศึกษาของ สุวรรณทนา และ คณะ (2560) ซึ่งศึกษาจากอวนลอยบริเวณบ้านในถุ้ง อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช เมื่อ พ.ศ. 2552 พบมีอัตราการจับเฉลี่ย 3.055 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร กลุ่มปลาผิวน้ำจับได้มากสุดคิดเป็นร้อยละ 81.14 และมีปลาทูเป็นองค์ประกอบร้อยละ 68.59 ขณะที่การศึกษาครั้งนี้มีกลุ่มปลาผิวน้ำเป็นองค์ประกอบมากสุด ร้อยละ 74.53 มีปลาทูและปลาลัง ร้อยละ 36.38 และ 20.98 ของน้ำหนักสัตว์น้ำทั้งหมด ตามลำดับ

Table 1 Catch per uinit effort (CPUE, kg/100 meter of nets) and composition (% by weight) of aquatic animals from gill nets in the southern Gulf of Thailand, 2011.

Taxa		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year round
Demersal fish	CPUE	0.158	0.344	0.517	0.286	0.217	0.738	0.489	0.783	0.835	0.641	0.528	0.296	0.536
	%	11.65	22.73	22.38	13.17	6.99	12.92	13.03	30.57	26.83	30.14	32.02	22.81	18.93
Indo-Pacific	CPUE	0.479	0.476	0.907	1.144	2.183	2.341	0.532	0.497	1.643	0.607	0.120	0.366	1.029
mackerel	%	35.32	31.42	39.26	52.63	70.43	40.94	14.14	19.39	52.79	28.51	7.25	28.27	36.38
Indian	CPUE	0.136	0.007	0.185	0.040	0.027	2.001	2.125	0.106	0.050	0.355	0.468	0.005	0.593
mackerel	%	10.03	0.47	8.02	1.86	0.86	35.00	56.45	4.13	1.60	16.70	28.34	0.40	20.98
Pelagic fish	CPUE	1.058	1.027	1.708	1.816	2.800	4.845	3.096	1.142	2.007	1.438	0.915	0.905	2.108
	%	78.00	67.84	73.92	83.54	90.34	84.73	82.25	44.56	64.50	67.56	55.38	69.84	74.53
Shrimps	CPUE	0.101	0.088	0.033	0.022	0.005	0.009	0.005	0.003	0.005	0.002	0.066	0.020	0.023
	%	7.46	5.81	1.44	1.02	0.17	0.16	0.13	0.12	0.15	0.08	3.99	1.51	0.84
Crabs	CPUE	0.012	0.003	0.007	0.001	0.017	0.043	0.041	0.016	0.178	0.002	0.020	0.017	0.035
	%	0.89	0.17	0.29	0.07	0.55	0.74	1.08	0.64	5.73	0.12	1.18	1.32	1.24
Mollusc-	CPUE	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.002	0.001	0.000	0.005	0.002
Cephalopod	%	0.04	0.35	0.09	0.00	0.00	0.00	0.14	0.03	0.06	0.03	0.02	0.42	0.06
Other marine	CPUE	0.011	0.019	0.009	0.001	0.001	0.005	0.002	0.022	0.014	0.003	0.008	0.000	0.008
species	%	0.81	1.26	0.39	0.05	0.04	0.09	0.07	0.85	0.46	0.13	0.48	0.00	0.28
Trash fish	CPUE	0.017	0.029	0.034	0.048	0.060	0.077	0.125	0.596	0.071	0.040	0.115	0.053	0.116
	%	1.15	1.84	1.49	2.15	1.91	1.36	3.30	23.23	2.27	1.94	6.93	4.10	4.12
Total	CPUE	1.357	1.515	2.310	2.174	3.100	5.717	3.763	2.563	3.112	2.127	1.652	1.296	2.828
	%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1.2 **การแพร่กระจายขนาดความยาวของปลาทู** มีความยาวตลอดตัว (TL) 10.0-20.5 (16.59±1.25) เซนติเมตร โดยมีความยาวเฉลี่ยสูงสุดในเดือน ต.ค. 2554 เท่ากับ 13.5-20.5 (17.60±0.90) เซนติเมตร และต่ำสุดอยู่ในเดือน ธ.ค. 2554 เท่ากับ 11.5-19.0 (14.74±1.44) เซนติเมตร Figure 2

ช่วงความยาวใกล้เคียงกับ สุวรรณทนา และคณะ (2560) ที่พบว่าปลาทูมีช่วงความยาว 7.5-19.5 (14.13±1.56) เซนติเมตร ขณะที่ความยาวเฉลี่ยมีค่ามากกว่า นอกจากนี้ค่าความยาวเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับขนาดแรกสืบพันธุ์ในการศึกษาครั้งนี้ (16.83 เซนติเมตร) และของ ธเนศ และ คณะ (2549) ที่พบว่าบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง เมื่อ พ.ศ. 2547-2548 ปลาทูเพศเมียมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ เท่ากับ 16.84 เซนติเมตร

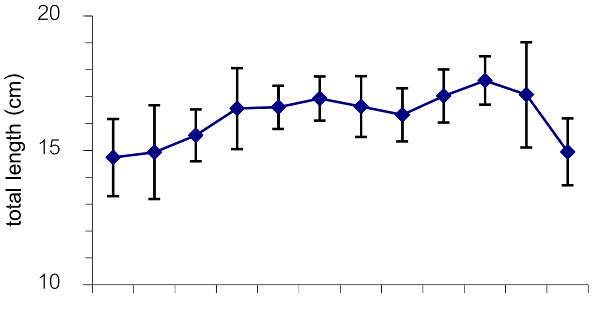


Figure 2 Size distribution of *Rastrelliger brachysoma* form gill nets in the southern Gulf of Thailand, 2011

2. ชีววิทยาของปลาทู

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตลอดตัว (TL) กับน้ำหนักตัว (W) จากตัวอย่างปลาทู 1,650 ตัว มีความยาว 11.6-23.0 (17.25±1.31) เซนติเมตร น้ำหนักตัว 17.5-150.0 (66.24±14.90) กรัม แยกเป็นเพศผู้ 515 ตัว ความยาว 12.9-22.4 (17.16±0.76) เซนติเมตร น้ำหนักตัว 20.2-141.6 (59.94±2.64) กรัม และเพศเมีย 1,135 ตัว ความยาว 11.6-23.0 (17.29±0.51) เซนติเมตร น้ำหนักตัว 17.5-15.0 (63.06±1.87) กรัม ปลาทูมีสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวกับน้ำหนักตัว ของปลาไม่แยกเพศ เพศผู้ และเพศเมีย ดังนี้ $W=0.0120TL^{2.9968}$ $W=0.0182TL^{2.8428}$ และ $W=0.0105TL^{3.0441}$ (Figure 3)

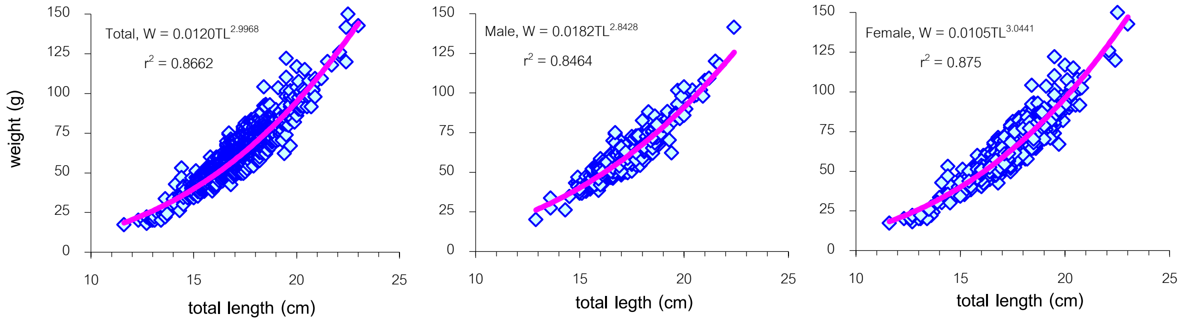


Figure 3 The length-weigth relationg ship of total, male and female of *Rastrelliger brachysoma* in the southern Gulf of Thailand, 2011

เมื่อนำค่า b มาทดสอบรูปแบบการเติบโตที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าปลาทูไม่แยกเพศและเพศเมียมีการเติบโตแบบไอโซเมตริก หมายถึงการเติบโตทุกส่วนของร่างกายเป็นสัดส่วนกันโดยตรง ขณะที่เพศผู้มีการเติบโตแบบอัลโลเมตริก

ผลวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับน้ำหนักตัวระหว่างเพศ พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาขนาดความยาวเฉลี่ยพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ค่า a และ b ที่ได้แตกต่างกับ ธเนศ และ คณะ (2549) และ ทัศพล และ คณะ (2550) ซึ่ง ธเนศ และ คณะ (2549) พบว่าปลาทูมีความยาว 13.5-24.5 (18.1±0.04) มีค่า a ของปลาไม่แยกเพศ เพศผู้และเพศเมีย เท่ากับ 0.0260, 0.0394 และ 0.0189 ตามลำดับ ค่า b เท่ากับ 2.739, 3.5948 และ 2.8480 ตามลำดับ และ ทัศพล และ คณะ (2550) พบว่าบริเวณอ่าวไทย เมื่อ พ.ศ. 2546-2548 ปลาทูมีความยาว 11.10-23.30 เซนติเมตร มีค่า a ของปลาไม่แยกเพศ เพศผู้ และเพศเมีย เท่ากับ 0.0074 ค่า b เท่ากับ 3.1670, 3.1714 และ 3.1682 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า a และ b ของแต่ละการศึกษาจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่ปีที่ศึกษา และการรวบรวมตัวอย่าง เช่น การศึกษาครั้งนี้รวบรวมตัวอย่างจากอวนลอย ขณะที่ ธเนศ และ คณะ (2549) และ ทัศพล และ คณะ (2550) รวบรวมตัวอย่างจากเครื่องมืออวนลอย อวนลากคู่ และอวนล้อม นอกจากนี้ ธนิษฐา (2543) รายงานว่าค่า a และ b จะแตกต่างกันไป ในสัตว์น้ำแต่ละชนิด ต่างกลุ่มประชากร หรือแม้แต่เป็นสัตว์น้ำชนิดเดียวกัน และกลุ่มประชากรเดียวกัน ก็อาจมีความแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a ได้แก่ เพศ ฤดูกาล และระยะการเจริญพันธุ์ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของค่า b จะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัตว์น้ำ

2.2 อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 1:2.2 เมื่อทดสอบทางสถิติด้วยวิธีไควสแควร์ได้ค่า 232.97 ซึ่งมากกว่าค่าจากตารางมาตรฐาน ($\chi^2_{0.05,11}= 4.57$) แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กล่าวคือ อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียโดยรวมไม่เท่ากับ 1:1 เช่นเดียวกับ ธเนศ และ คณะ (2549) พบว่าปลาทูมีอัตราส่วนเพศโดยรวมไม่เท่ากับ 1:1 และมีค่าเท่ากับ 1:1.25

2.3 ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ ปลาทูเพศเมีย จำนวน 1,135 ตัว อยู่ในระยะสมบูรณ์เพศ 620 ตัว ความยาว 15.7-23.0 (17.86±1.01) เซนติเมตร มีค่าสัดส่วนความสมบูรณ์เพศตามความยาว ตาม Figure 4 และขนาดความยาวแรกเริ่มสืบพันธุ์ที่ร้อยละ 50 เท่ากับ 16.83 เซนติเมตร มีขนาดใกล้เคียง ธเนศ และ คณะ (2549) ที่พบว่ามีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ 16.84 เซนติเมตร แต่มีมีขนาดเล็กกว่ารายงานของอุรพันธ์ (2508) และ จินดา และ ไพโรจน์ (2546) ซึ่ง อุรุพันธ์ (2508) พบว่าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ถึงสุราษฎร์ธานี

และบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกถึงรอยต่อของประเทศกัมพูชา ปลาทูมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ที่ความยาวเท่ากับ 17.5 เซนติเมตร จินดา และ ไพโรจน์ (2546) รายงานว่าบริเวณน่านน้ำประจวบคีรีขันธ์ถึงสุราษฎร์ธานี ปลาทูเพศเมียมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ ที่ความยาว 17.14 เซนติเมตร

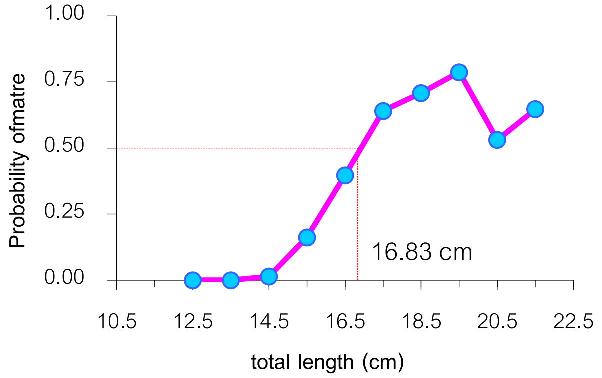


Figure 4 Size at first maturity of female *Rastrelliger brachysoma* in the southern Gulf of Thailand, 2011

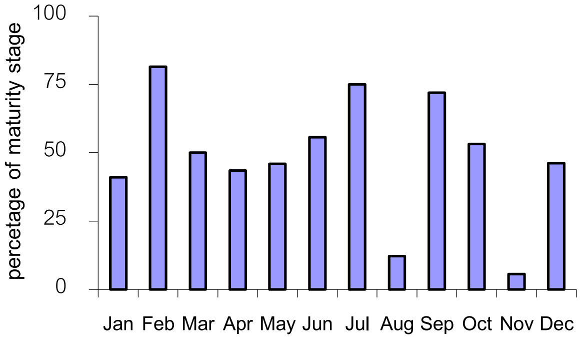


Figure 5 Percentage of maturity stage of female *Rastrelliger brachysoma* in the southern Gulf of Thailand, 2011

2.4 **ฤดูวางไข่** ปลาทูเพศเมียวางไข่ได้ตลอดปี เนื่องจากมีขั้นการเจริญของรังไข่อยู่ในระยะเจริญพันธุ์ทุกเดือน โดยมีค่าสูงในเดือน ก.พ. มิ.ย. ก.ค. ก.ย. และ ต.ค. (Figure 5) เช่นเดียวกับ ธเนศ และ คณะ (2549) และ ทัศพล และ คณะ (2550) พบว่าปลาทูสามารถวางไข่ได้ตลอดปี ขณะที่ช่วงวางไข่มากจะแตกต่างกัน แต่มีช่วงเดือนที่สอดคล้องกัน และเหลื่อมล้ำกัน โดย ธเนศ และ คณะ (2549) พบมีช่วงวางไข่มาก 2 ช่วง คือ ธ.ค.-ก.พ. และ พ.ค.-ส.ค. ทัศพล และ คณะ (2550) พบปลาทูวางไข่มาก 2 ช่วง คือ ก.พ.-พ.ค. และ ก.ค.-ต.ค. สาเหตุที่ปลาสามารถวางไข่ได้ตลอดปีหรือเกือบตลอดปี เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ปลาทูมีการวางไข่แบบ multi spawning คือ มีการทยอยวางไข่เป็นระยะๆ (ทัศพล และ คณะ, 2550) หรืออาจมีปลาหลายรุ่นเข้ามาบริเวณดังกล่าว (วิชัย และ คณะ, 2508; ชูจิต, 2522) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของสัตว์น้ำในเขตร้อนที่สามารถวางไข่ได้ตลอดปี หรือเกือบตลอดปีแต่จะมีการวางไข่มากที่สุดอยู่ในบางเดือนของรอบปีแตกต่างกันไปในสัตว์น้ำแต่ละชนิดหรือแม้แต่สัตว์น้ำชนิดเดียวกันแต่ต่างแหล่งที่อยู่อาศัยก็อาจมีการวางไข่มากที่สุดหรือฤดูวางไข่ที่ต่างกันด้วย (ธนิษฐา,2543; ไพเราะ และ ทัศพล, 2544)

3. **แหล่งวางไข่ปลาทูจากเรืออวนลอย** จาก Table 2 ข้อมูลร้อยละความสมบูรณ์เพศของปลาทูเพศเมียในเขตจังหวัดสงขลา พบว่ามีค่าสูงในเดือน มี.ค. มิ.ย. ก.ค. และ ก.ย. 2554 มีค่าร้อยละ 63.64, 68.75, 53.85 และ 64.29 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อย ปลายังไม่พร้อมจะวางไข่ สำหรับบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช ปลาทูเพศเมียมีร้อยละความสมบูรณ์สูงในเดือน ก.พ. ก.ค. ก.ย. และ ต.ค. 2554 ซึ่งมีค่าร้อยละ 81.51, 78.16, 75.56 และ 88.10 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงและปลาเพศเมียน่าจะพร้อมจะวางไข่

จากการศึกษาของ นิรชา และ คณะ (2557) พบว่าบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง พ.ศ. 2554-2555 มีปลาวัยอ่อนสกุลทู-ลังชุกชุมมากบริเวณห่างฝั่ง 30-60 ไมล์ทะเล ของ อ.ปากพนัง และ อ. หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช อ.ระโนด และ อ.สทิงพระ จ.สงขลา ซึ่งมีปริมาณ 45.86-136.73 ตัว/น้ำทะเล 1,000 ลูกบาศก์เมตร แต่ความชุกชุมและการแพร่กระจายค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งวางไข่ปลาทูที่สำคัญ คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี

จากข้อมูลที่มีอนุมานได้ว่าบริเวณชายฝั่งจังหวัดสงขลาน่าจะไม่ได้เป็นแหล่งวางไข่ของปลาทู เนื่องจากไม่พบลูกปลาทู-ลังในบริเวณชายฝั่ง และไม่พบปลาทูเพศเมียสมบูรณ์เพศที่พร้อมจะวางไข่ แต่ห่างฝั่งออกไปน่าจะเป็นแหล่งวางไข่ ขณะที่ชายฝั่งบริเวณ อ.สิชล และ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช น่าจะเป็นแหล่งวางไข่ของปลาทูเพศเมีย เนื่องจาก นิรชา และคณะ (2557) พบลูกปลาทู-ลังวัยอ่อน ในสถานีสำรวจที่ 243 ซึ่งอยู่บริเวณ อ.สิชล และ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช และการศึกษาครั้งนี้พบปลาทูเพศเมียสมบูรณ์เพศที่พร้อมจะวางไข่

Table 2 Percentage of maturity stage (%mature) of female *Rastrelliger brachysoma* from gill net in the Nakhon Si Thammarat and Songkhla province, 2011.

month	Nakhon Si Thammarat			Songkhla		
	No. (ind.)		%mature	No. (ind.)		%mature
	male	female	of female	male	female	of female
Jan	23	88	48.86	31	85	32.94
Feb	15	119	81.51	-	-	-
Mar	58	84	42.86	32	44	63.64
Apr	34	98	42.86	-	-	-
May	52	87	45.98	-	-	-
Jun	43	100	54.00	11	16	68.75
Jul	44	87	78.16	10	13	53.85
Aug	-	-	-	34	33	12.12
Sep	36	90	75.56	22	42	64.29
Oct	16	42	88.10	23	37	13.51
Nov	-	-	-	22	18	5.56
Dec	9	52	46.15	-	-	-

การศึกษาครั้งนี้กล่าวได้ว่าปลาทูบริเวณจังหวัดสงขลามีแหล่งวางไข่บริเวณห่างฝั่ง และปลาทูบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชมีแหล่งวางไข่บริเวณชายฝั่ง ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านอื่นๆ และประเด็นคำถามซึ่งควรจะมีการศึกษาในอนาคต คือ ปลาทูที่มีอยู่บริเวณนี้มาจากไหน 1) เคลื่อนย้ายจากแหล่งวางไข่ของปลาทูที่สำคัญคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และ สุราษฎร์ธานี 2) อพยพมาจากประเทศมาเลเซีย หรือ 3) เป็นปลาทูที่มีอยู่ในบริเวณนี้แต่เป็นกลุ่มที่มีน้อย หรือเป็นไปได้ทั้ง 3 ข้อ และมีวงจรชีวิตอย่างไร เมื่อได้ข้อมูลที่ชัดเจนจะนำไปสู่การประเมินสภาวะทรัพยากรปลาทูบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง และจะนำไปสู่การบริหารจัดการทรัพยากรปลาทูบริเวณอ่าวไทยตอนล่างให้มีความยั่งยืนต่อไป

สรุป

1. **อัตราการจับ และการแพร่กระจายขนาดความยาวของปลาทู จากอวนลอย**

1.1 อัตราการจับปลาทู มีอัตราการจับตลอดปีเฉลี่ย 1.029 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร คิดเป็นร้อยละ 36.38 ของน้ำหนักสัตว์น้ำทั้งหมด โดยจับได้สูงสุดในเดือน มิ.ย. 2554 เท่ากับ 2.341 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร และต่ำสุดในเดือน ธ.ค. 2554 เท่ากับ 0.366 กิโลกรัม/ความยาวอวน 100 เมตร

1.2 การแพร่กระจายขนาดความยาวของปลาทู มีความยาวตลอดตัว (TL) 10.0-20.5 (16.59$\pm$1.25) เซนติเมตร โดยมีความยาวเฉลี่ยสูงสุดในเดือน ต.ค. 2554 เท่ากับ 13.5-20.5 (17.60$\pm$0.90) เซนติเมตร และต่ำสุดอยู่ในเดือน ธ.ค. 2554 เท่ากับ 11.5-19.0 (14.74$\pm$1.44) เซนติเมตร

2. **ชีววิทยาของปลาทู**

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตลอดตัว (TL) กับน้ำหนักตัว (W) ของปลาทูไม่แยกเพศ เพศผู้ และเพศเมีย ดังนี้ $W=0.0120TL^{2.9968}$ $W=0.0182TL^{2.8428}$ และ $W=0.105TL^{3.0441}$

2.2 อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 1:2.2

2.3 ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ ปลาทูเพศเมียมีขนาดความยาวแรกเริ่มสืบพันธุ์ที่ร้อยละ 50 เท่ากับ 16.83 เซนติเมตร

2.4 ฤดูวางไข่ ปลาทูเพศเมียวางไข่ได้ตลอดปี เนื่องจากมีขั้นการเจริญของรังไข่อยู่ในระยะเจริญพันธุ์ทุกเดือน โดยมีค่าสูงในเดือน ก.พ. มิ.ย. ก.ค. ก.ย. และ ต.ค.

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2560. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2551-2553 และสถิติประมงทะเล โดยวิธีสุ่มตัวอย่าง พ.ศ. 2552 และ 2553**. แหล่งที่มา: http://www.fisheries.go.th/strategy-stat/document-public, 30 ตุลาคม 2560.

จินดา นาครอบรู้ และไพโรจน์ ซ้ายเกลี้ยง. 2546. **ผลกระทบจากการทำประมงอวนล้อมติดที่มีต่อพ่อแม่พันธุ์ปลาทูในเขตมาตรการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชูจิต ตันติเศวตรัตน์. 2522. **องค์ประกอบของขนาดปลาทูในอ่าวไทยระหว่างปี พ.ศ. 2516-2520**. รายงานวิชาการฉบับที่ 7. งานปลาผิวน้ำ, กองประมงทะเล, กรมประมง.

ทัศพล กระจ่างดารา, พัชรี พันธุเล่ง, พนิดา ชาลี และ ปิยวรรณ หัสดี. 2550. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาทู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) และปลาลัง *R. kanagurta* (Cuvier, 1816) ในน่านน้ำไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2550. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนิษฐา ทรรพนันทน์. 2543. **ชีววิทยาประมง**. สำนักพิมพ์รั้วสีเขียว, กรุงเทพมหานคร.

ธเนศ ศรีถกล นิรชา สองแก้ว ทรงฤทธิ์ โชติธรรมโม และ สมใจ เวชประสิทธิ์. 2549. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาทู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) และปลาลัง *R. kanagurta* (Cuvier, 1817) บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิรชา สองแก้ว, ธิดารัตน์ คงชัย, อุทิศ โชติธรรมโม และ ศีรีวิตา ไชยบัญดิษฐ์. 2557. **ความชุกชุมและการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อนสกุลทู-ลังบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2557. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง (สงขลา), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไพเราะ ศุทธากรณ์ และ ทัศพล กระจ่างดารา. 2544. **คู่มือการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยด้านชีวประวัติสัตว์ทะเล : เอกสารประกอบการอบรมนักวิชาการประมง สาขาประมงทะเล**. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิชัย ชมจุรัย, ดำริห์ สมใจวงษ์ และ รัตนะ บุญนาค. 2508. การอพยพย้ายถิ่นและการเจริญเติบโตของปลาทู, น. 28-114. ***ใน* งานสอบสวนปลาทู พ.ศ. 2506-2508 ฉบับที่ 4**. สถานวิจัยประมงทะเล, กองสำรวจและค้นคว้า, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล, อำนวย คงพรหม และ กิ่งกาญจน์ วิบุญพันธ์. 2560. การประมงอวนลอยปลาทูบริเวณอ่าวไทยตอนล่างครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เกาะสมุย เกาะกระ ถึงแหลมตะลุมพุก, ***ใน* รายงานประจำปี 2561**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงอ่าวไทย (สงขลา), กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. (อยู่ระหว่างจัดทำ)

อุรุพันธุ์ บุญประกอบ. 2508. การวิเคราะห์ไข่ปลาลอยน้ำและลูกวัยอ่อนของปลาจำพวกทูลังในบริเวณอ่าวไทยและการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของไข่และลูกวัยอ่อน, น. 115-151. ***ใน* งานสอบสวนปลาทู พ.ศ. 2506-2508 ฉบับที่ 4**. สถานวิจัยประมงทะเล, กองสำรวจและค้นคว้า, กรมประมง, กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.

Bakhayokho, M. 1983. Biology of the cuttlefish sepia officinalis off the Senegalese coast, pp. 204-263. *In* **Advances in assessment of world cephalopod Resource**. FAO Fish. Tech. Paper No. 231.

Kesteven, G.L. 1960. **Manual of field method in fisheries science**. *Man. Fish. Sci.*, 1:44-45.

Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 3rded., Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

ความหลากหลายแฮพโพลไทป์ของม้าน้ำหนามในน่านน้ำไทย

Haplotype Diversity of Hedgehog Seahorse (*Hippocampus spinosissimus*) in Thai waters

ชลินทร วิลัยศร[1*] วิวัฒนันท์ บุญยัง[2] และอัครพงษ์ สวัสดิพงษ์[1]

Chalintorn Wilaisorn[1*], Wiwattanan Boonyong[2] and Akarapong Swatdipong[1]

บทคัดย่อ

ม้าน้ำเป็นสัตว์ทะเลที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกม้าน้ำรายใหญ่ของโลกจนกระทั่งระงับการส่งออกในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งม้าน้ำหนาม (*Hippocampus spinosissimus*) เป็นหนึ่งในม้าน้ำที่เคยถูกส่งออกในปริมาณมาก และการอนุรักษ์ประชากรม้าน้ำในธรรมชาติเป็นสิ่งที่หลายประเทศให้ความสนใจ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน Cytochrome *c* oxidase subunit I (*COX1*) ในไมโทคอนเดรียของม้าน้ำหนาม จากทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน โดยพบว่าม้าน้ำหนามจากฝั่งอ่าวไทยและอันดามันมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมอย่างมีนัยสำคัญ และความผันแปรทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ของม้าน้ำชนิดนี้อยู่ภายในระดับประชากร อีกทั้งพบการจัดแฮพโพลไทป์ของยีน *COX1* ออกเป็นสามกลุ่มซึ่งสัมพันธ์กับพื้นที่อาศัยของม้าน้ำหนาม ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรม้าน้ำหนามในธรรมชาติเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลาย และนำไปสู่การฟื้นฟูประชากรม้าน้ำหนามในประเทศไทย

ABSTRACT

Seahorse is a group of marine fishes which has high economic value. Thailand used to be the world-class seahorse exporter until the export has been suspended since 2016. The hedgehog seahorse (*Hippocampus spinosissimus*) is one among most traded species and the conservation of wild seahorse populations is the great international concern. In this study, the nucleotide sequence of mitochondrial Cytochrome *c* oxidase subunit I gene (*COX1*) of hedgehog seahorse from both The Gulf of Thailand (GoT) and Andaman Sea was analyzed. It was found that the hedgehog seahorse from the GoT and Andaman Sea was significantly genetically different. The major genetic variation of this seahorse is in population level. The *COX1* haplotypes were clustered to three clades corresponding to habitats. This information can be used for the management of wild seahorse aiming to conserve the genetic variation and to restore the seahorse populations in Thailand.

Keywords: Hedgehog seahorse, Population differentiation, *COX1*, The Andaman Sea, The Gulf of Thailand

*Corresponding author; e-mail address: Chalintorn.wi@ku.th

[1]ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงอ่าวไทยตอนบน (สมุทรปราการ) กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 10130

[2]Upper Gulf Marine Fisheries Research and Development Center (SamutPrakan) Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives 10130

คำนำ

ม้าน้ำเป็นกลุ่มปลาทะเลกระดูกแข็งในสกุล *Hippocampus* ซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง และจัดเป็นสัตว์น้ำพลอยจับ (bycatch) ซึ่งมักจะติดอวน หรือเครื่องมือทำประมงชนิดอื่นขึ้นมาด้วยความไม่ตั้งใจ แต่เนื่องจากความเชื่อเรื่องสรรพคุณทางยาของประชาชนในบางพื้นที่ ซึ่งเชื่อว่าการบริโภคม้าน้ำจะเพิ่มพลังหยิน และช่วยปรับสมดุลสุขภาพตามแนวคิดของหยินหยาง (Fung and Luk, 2012) อีกทั้งยังมีบันทึกถึงการใช้ม้าน้ำในตำราแพทย์แผนจีน จึงเป็นเหตุให้สัตว์น้ำพลอยจับอย่างม้าน้ำที่เคยถูกปล่อยคืนลงทะเล ถูกรวบรวมมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นส่วนผสมของยาจีน นอกจากนี้ม้าน้ำยังถูกบุกรุกถิ่นอาศัยเนื่องจากอวนที่ใช้ในการทำประมงแบบผิดกฎหมาย ซึ่งส่งผลให้แหล่งอาศัยของม้าน้ำถูกทำลายไปด้วย จากผลกระทบเหล่านี้ส่งผลให้ประชากรม้าน้ำในธรรมชาติมีจำนวนลดลง (Zhang *et al*., 2017) ในปี พ.ศ. 2545 อนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศ (CITES) จึงได้จัดให้ม้าน้ำทุกชนิดอยู่ภายใต้การคุ้มครองในบัญชีที่ 2 (Lourie *et al*., 2004) เพื่อควบคุมปริมาณการค้าม้าน้ำ และป้องกันผลกระทบต่อประชากรม้าน้ำในธรรมชาติ ซึ่งที่ผ่านมานั้นม้าน้ำตากแห้งจะถูกบริโภคในประเทศจีน ฮ่องกง และไต้หวันเป็นส่วนใหญ่ (Vincent *et al*., 2011) โดยกว่าร้อยละ 88 มีต้นทางส่งออกมาจากประเทศไทย (Loh *et al*., 2016) และตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 จนถึงปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยได้มีการส่งออกม้าน้ำตากแห้งกว่า 142 เมตตริกตัน (CITES, 2017) และในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยได้ระงับการส่งออกม้าน้ำ เพื่อเป็นการอนุรักษ์ม้าน้ำในประเทศ

ในประเทศไทยมีรายงานการพบม้าน้ำทั้งหมด 7 ชนิด (Lourie *et al*., 2004) คือ ม้าน้ำหนาม (*H. spinosissimus*), ม้าน้ำดำ (*H. kuda*), ม้าน้ำยักษ์ (*H. kelloggi*), ม้าน้ำสามจุด (*H. trimaculatus*), ม้าน้ำแคระ (*H. mohnikei*), ม้าน้ำลายหางเสือ (*H. comes*) และม้าน้ำหนามขอ (*H. histrix*) โดย 4 ชนิดแรกเป็นชนิดที่พบมากในการค้าในหลายประเทศ และมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณการส่งออกม้าน้ำทั้งหมด (Foster, 2016) ในประเทศไทยพบว่าม้าน้ำทั้ง 4 ชนิดนี้มีการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้าง โดยพบทั้งในฝั่งอันดามัน และฝั่งอ่าวไทย ส่วนม้าน้ำ 3 ชนิดหลังพบได้น้อยในธรรมชาติ โดยม้าน้ำเหล่านี้ถูกจัดอยู่ในสถานะถูกคุกคาม (vulnerable) ในบัญชีของสหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ (IUCN, 2017) ยกเว้นม้าน้ำแคระซึ่งยังไม่มีข้อมูลการศึกษา ปัจจุบันการอนุรักษ์ประชากรม้าน้ำในธรรมชาติเป็นสิ่งที่หลายประเทศให้ความสนใจ อย่างไรก็ตามข้อมูลการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในกระบวนการอนุรักษ์ของประชากรม้าน้ำในประเทศไทยนั้นยังมีอยู่น้อย โดยมีการศึกษาเพียงชนิดเดียวคือม้าน้ำดำในอ่าวไทย ซึ่งพบว่ามีจำนวน 7 แฮพโพลไทป์ จากบริเวณ control region บนไมโทคอนเดรีย (Panithanarak *et al*., 2010)

การศึกษาครั้งนี้มีขึ้นเพื่อสำรวจการแพร่กระจาย และตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของม้าน้ำหนาม (*H. spinosissimus*) ซึ่งพบแพร่กระจายในน่านน้ำไทย ทั้งฝั่งอันดามัน และอ่าวไทย โดยการศึกษาความหลากหลายแฮพโพลไทป์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเหมือนและความแตกต่างกันระหว่างม้าน้ำหนามในแต่ละแหล่ง ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในด้านการจัดการทรัพยากรม้าน้ำหนามในธรรมชาติเพื่อการอนุรักษ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่าง และการสกัดดีเอ็นเอ

รวบรวมตัวอย่างม้าน้ำหนาม ทั้งที่เป็นตัวอย่างแห้ง และตัวอย่างสด (เก็บรักษาตัวอย่างในแอลกอฮอล์ 95%) จากทะเลฝั่งอ่าวไทย และทะเลอันดามัน จำนวน 9 จังหวัด รวมเป็นม้าน้ำทั้งหมด 65 ตัวอย่าง ตั้งแต่เดือน

สิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 (Table 1) นำเนื้อเยื่อส่วนหางของม้าน้ำที่ตัดเป็นชิ้นเล็กน้ำหนักประมาณ 25 มิลลิกรัม มาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดน้ำยาสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูปสำหรับเนื้อเยื่อสัตว์ (Favorgen Biotech Corp., Taiwan) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพและปริมาณของดีเอ็นเอที่ได้ด้วยการทำ 1% agarose gel electrophoresis ในบัฟเฟอร์ชนิด TAE วัดความเข้มข้นของดีเอ็นเอด้วยเครื่อง nanodrop spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc., US)

Table 1 Sampling locations.

Sampling locations	Number of individual	Geographic Coordinates
Ranong	5	9°40' N 98°27' E
Phuket	6	7°52' N 98°30' E
Krabi	1	7°44' N 98°54' E
Trat	6	11°40' N 102°37' E
Rayong	6	12°34' N 101°24' E
Chonburi	18	12°50' N 100°50' E
Phetchaburi	8	13°12' N 100°05' E
Prachuap Khiri Khan	13	12°01' N 100°04' E
Nakhon Si Thammarat	2	9°23' N 100°28' E

การออกแบบไพรเมอร์ในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *COX1*

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของไมโทคอนเดรียในม้าน้ำหลายชนิดจากฐานข้อมูล GenBank มาทำ alignment แล้วออกแบบ forward และ reverse primer ที่ตำแหน่งก่อนจุดเริ่มต้นของยีน *COX1* และหลังจุดสิ้นสุดของยีนประมาณ 200 นิวคลีโอไทด์ และเนื่องจากยีนนี้มีความยาวถึง 1,554 นิวคลีโอไทด์ จึงได้ออกแบบไพรเมอร์บริเวณส่วนกลางของยีนเพื่อช่วยในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สมบูรณ์ (Table 2)

Table 2 *COX1* primers used in this study

Gene	Primer Name	Primer Sequence
COX1	HipCOX1_F	5’-CTT-AAG-ATT-TGC-AAT-CTT-ATR-TG-3’
	HipCOX1_intF*	5’-CAA-TAY-CAA-ACA-CCA-YTA-TTT-G-3’
	HipCOX1_R	5’-GAC-AAA-GCA-GTA-TAA-TAT-TTT-AC-3’

* Internal primer used only for sequencing

นำไพรเมอร์ (forward และ reverse primer) มาใช้เพิ่มปริมาณชิ้นยีน *COX1* ในตัวอย่างม้าน้ำทั้งหมดโดยอาศัยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction; PCR) ซึ่งในปฏิกิริยาปริมาตร 50 µl ประกอบด้วย 50 ng DNA template, 0.625 µM ของ HipCOX1_F และ HipCOX1_R primer, 5 mM $MgCl_2$,

1.25 U *Taq* DNA polymerase (Thermo Scientific Inc., US), 1x PCR Buffer และ 0.5 mM dNTP mixture โดยขั้นตอนการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอประกอบด้วย predenaturation ที่ 94 ^{o}C นาน 3 นาที จากนั้นทำซ้ำ 39 รอบดังนี้ ในขั้นตอน denaturation ที่ 94 ^{o}C นาน 30 วินาที, ขั้นตอน annealing ที่ 55^{o}C นาน 40 วินาที และขั้นตอน extension ที่ 72 ^{o}C นาน 2 นาที จากนั้นทำขั้นตอน final extension ที่ 72 ^{o}C นาน 5 นาที

ผลผลิต PCR ที่ได้จะถูกตรวจสอบด้วย 1% agarose gel electrophoresis ใน TAE buffer เทียบกับ 1Kb DNA ladder จากนั้นทำความสะอาดชิ้นดีเอ็นเอที่ได้ ด้วยการใช้ชุดน้ำยาเคมีสำเร็จรูป (Favorgen Biotech Corp., Taiwan) แล้วตรวจอีกครั้งด้วย1% agarose gel electrophoresis ใน TAE buffer เทียบกับ 1Kb DNA ladder จากนั้นนำไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเครื่องอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์อัตโนมัติ Applied Biosystems 3730xl DNA Analyzer (Macrogen Inc., Korea)

การสร้างลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สมบูรณ์ของยีน *COX1* และการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรม

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากการใช้ไพรเมอร์ทั้ง 3 แบบ มาตรวจสอบความถูกต้องของการอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์โดยพิจารณาจากคุณภาพของ electrophoregram ที่แสดงให้เห็นในโปรแกรม BioEdit 7.2.5 (Hall, 1999) จากนั้นนำลำดับนิวคลีโอไทด์มาต่อกันเป็นเส้นยาว แล้วตัดส่วนต้นและท้ายของลำดับนิวคลีโอไทด์ออกให้เหลือแต่ส่วนของยีน *COX1* เพื่อนำมาวิเคราะห์ความหลากหลายของยีนดังกล่าวด้วยโปรแกรม DnaSP5.10.01 (Librado and Rozas, 2009) วิเคราะห์โครงสร้างประชากรด้วยโปรแกรม Arlequin 3.5.1.2 (Excoffier *et al*., 2005) และวิเคราะห์เครือข่ายแฮพโพลไทป์ โดยวิธี Maximum Parsimony median-joining haplotype network (Bandelt *et al*., 1999) ด้วยโปรแกรม PopART1.7.2 (Leigh and Bryant, 2015)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความหลากหลายของยีน COX1 และโครงสร้างประชากรม้าน้ำหนาม

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมของยีน COX1 ความยาว 1,554 นิวคลีโอไทด์ ในม้าน้ำหนามจากทะเลฝั่งอ่าวไทย และทะเลอันดามัน พบการมีโครงสร้างประชากรของม้าน้ำหนามในน่านน้ำไทย โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มม้าน้ำในอ่าวไทยและอันดามัน (Φ_{CT} = 0.0445; P<0.05) และพบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมส่วนใหญ่ของม้าน้ำชนิดนี้อยู่ภายในประชากร (ความผันแปรร้อยละ 93.42) และรองลงมาอยู่ระหว่างกลุ่มม้าน้ำในอ่าวไทยและอันดามัน (ความผันแปรร้อยละ 4.45; Table 3) อีกทั้งยังพบข้อสันนิษฐานว่ากลุ่มม้าน้ำหนามในทะเลฝั่งอ่าวไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากกว่าฝั่งอันดามัน โดยพิจารณาจากความหลากหลายของแฮพโพลไทป์ในทะเลฝั่งอ่าวไทย ซึ่งมีค่า 0.97 และฝั่งอันดามันมีค่า 0.92 รวมทั้งค่าความหลากหลายของลำดับนิวคลีโอไทด์ในฝั่งอ่าวไทย ซึ่งมีค่า 0.0085 และฝั่งอันดามัน มีค่า 0.0018 (Table 4) สาเหตุของความหลากหลายที่มีค่าต่ำในฝั่งอันดามันนี้อาจเนื่องมาจากประชากรในฝั่งอันดามันมีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามเพื่อยืนยันข้อสันนิษฐานนี้ การเพิ่มจำนวนตัวอย่างม้าน้ำหนามจากฝั่งอันดามันในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสิ่งที่จำเป็น

ความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างม้าน้ำหนามจากฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยนั้นอาจมีสาเหตุมาจากสิ่งขวางกั้นทางภูมิศาสตร์ โดยคาบสมุทรมลายูอาจมีอิทธิพลให้ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในมหาสมุทรอินเดีย (อันดามัน) และทะเลจีนใต้ (อ่าวไทย) มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับที่พบในการศึกษาความแตกต่าง

ระหว่างประชากรโปรงแดง (*Ceriops tagal*) ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Liao *et al*., 2007) และการศึกษาการศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรม้าน้ำดำ (*H. kuda*) ในประเทศไทย (Panithanarak *et al*., 2010)

Table 3 Analysis of molecular variance (AMOVA) among seahorse samples based on complete sequence of *COX1*

Source of variation	d.f.	% of variation	Fixation indices	P-value
Among groups (GoT vs Andaman)	1	4.45	Φ_{CT} = 0.0445	0.0313*
Among populations within groups	7	2.13	Φ_{SC} = 0.0223	0.0665
Within population	56	93.42	Φ_{ST} = 0.0445	0.0009**

*Significant (P<0.05), **highly significant (P<0.01)

Table 4 Sampling sites and *COX1* polymorphism of *H. spinosissimus*

Sampling Sites	Sample size	Number of haplotypes	Haplotype diversity (SD)	Nucleotide diversity	Number of polymorphic sites
Gulf of Thailand	53	39	0.970 (0.014)	0.0085	92
Andaman Sea	12	8	0.924 (0.057)	0.0018	13
Total	**65**	**47**	**0.978 (0.010)**	**0.0089**	**102**

ความหลากหลายของแฮพโพลไทป์

การวิเคราะห์ความหลากหลายของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *COX1* จากม้าน้ำหนามจำนวน 65 ตัวอย่าง พบแฮพโพลไทป์ทั้งหมด 47 แฮพโพลไทป์ (Table 4) และการวิเคราะห์เครือข่ายแฮพโพลไทป์พบว่าสามารถแบ่งแฮพโพลไทป์ออกเป็น 3 กลุ่ม (clade) คือ กลุ่ม I, กลุ่ม II และ กลุ่ม III (Figure 1) พบว่าแฮพโพลไทป์กลุ่ม I มีความถี่สูงในม้าน้ำจากทะเลฝั่งอันดามัน โดยตัวอย่างม้าน้ำหนามจากฝั่งอันดามันทั้งหมดมีแฮพโพลไทป์อยู่ในกลุ่มนี้ และในขณะเดียวกัน แฮพโพลไทป์กลุ่ม II และ III พบเฉพาะในม้าน้ำจากทะเลฝั่งอ่าวไทยเท่านั้น โดยแฮพโพลไทป์กลุ่ม III มีความถี่สูงกว่าแฮพโพลไทป์กลุ่ม II ส่วนแฮพโพลไทป์กลุ่ม I มีความถี่ต่ำมากในม้าน้ำจากฝั่งอ่าวไทย (Figure 2)

ทั้งนี้เนื่องจากตัวอย่างม้าน้ำหนามที่รวบรวมได้จากทะเลฝั่งอันดามันมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างฝั่งอ่าวไทย (อันดามัน: n=12; อ่าวไทย: n=53) จึงไม่สามารถยืนยันได้ว่าจะไม่พบลักษณะแฮพโพลไทป์ในกลุ่มอื่นนอกเหนือจากกลุ่ม I ในม้าน้ำหนามจากฝั่งทะเลอันดามัน ดังนั้นการเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ม้าน้ำหนามฝั่งอันดามันจึงเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการ และถึงแม้ว่าแฮพโพลไทป์ของม้าน้ำหนามจากฝั่งอ่าวไทยจะแยกออกเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่ม II และ III) ดังแสดงในการวิเคราะห์เครือข่ายแฮพโพลไทป์ (Figure 1) แต่เมื่อพิจารณาจาก

แผนที่แหล่งเก็บตัวอย่างกลับไม่พบว่ามีการแยกของแฮพโพลไทป์ 2 กลุ่มออกจากกันตามภูมิประเทศ (Figure 2) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงโอกาสในการแลกเปลี่ยนพันธุกรรมระหว่างกลุ่มแฮพโพลไทป์ในทะเลฝั่งอ่าวไทย

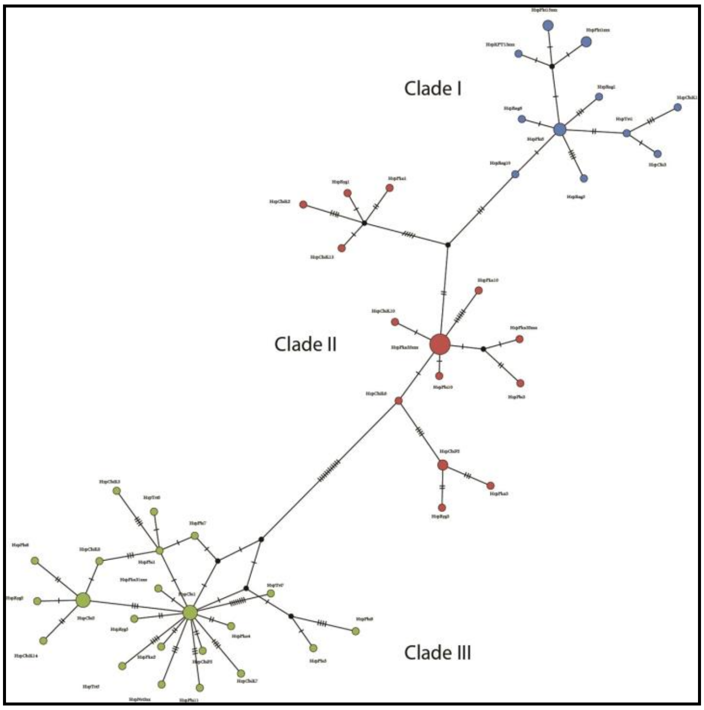


Figure 1 Maximum Parsimony median-joining haplotype network of *H. spinosissiumus*. Different colors refer to distinct haplotype clades (blue: clade I; red: clade II; green: clade III). The number of samples sharing the same haplotype is proportional to the circle size. The marks on the segments connecting different haplotypes refer to the mutated positions among the sequences.

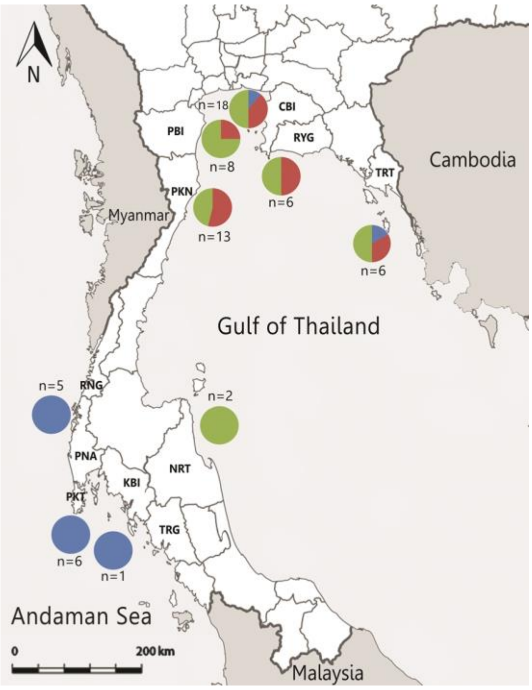


Figure 2 Sampling locations and pie chart representing the ratio of distinct haplotype clades (blue: clade I; red: clade II; green: clade III) in hedgehog seahorse populations.

สรุป

ม้าน้ำหนามในประเทศไทยสามารถพบได้ทั้งในฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน จากการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *COX1* ในไมโทคอนเดรีย พบว่าม้าน้ำหนามในอ่าวไทยและอันดามันมีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 93.42) ของม้าน้ำชนิดนี้พบอยู่ภายในระดับประชากร และเนื่องจากตัวอย่างม้าน้ำหนามที่รวบรวมได้จากทะเลฝั่งอันดามันมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างฝั่งอ่าวไทย จึงไม่สามารถยืนยันได้ถึงระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมของม้าน้ำหนามในฝั่งอันดามัน ซึ่งอาจได้ผลการวิเคราะห์ที่ต่างออกไปถ้าหากเพิ่มจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ จากการศึกษารูปแบบแฮพโพลไทป์ของยีน *COX1* พบว่าสามารถจัดกลุ่มแฮพโพลไทป์ออกเป็นสามกลุ่ม โดยม้าน้ำหนามจากทะเลอันดามันทั้งหมดจะมีแฮพโพลไทป์อยู่ในกลุ่ม I และแฮพโพลไทป์กลุ่ม I นี้พบน้อยมากในม้าน้ำหนามจากทะเลฝั่งอ่าวไทย ในขณะเดียวกันแฮพโพลไทป์กลุ่ม II และ III จะพบเฉพาะในม้าน้ำหนามจากทะเลฝั่งอ่าวไทยเท่านั้น ผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนให้แยกการจัดการม้าน้ำหนามในประเทศไทยออกเป็นอย่างน้อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอ่าวไทย และกลุ่มอันดามัน ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการ เพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายของประชากรม้าน้ำหนามในธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในความอนุเคราะห์ตัวอย่างม้าน้ำ และสนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

Bandelt, H., P. Forster and A. Röhl. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. **Molecular Biology and Evolution** 16(1): 37-48.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1973-2013. **CITES Trade Database.** Available Source: https://trade.cites.org. March 25, 2017.

Excoffier, L., G. Laval, and S. Schneider. 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. **Evolutionary Bioinformatics Online** 1:47-50.

Fung, K .H. and Y. S. Luk. 2012. Seahorse. **Radiology Case** 6(6): 35-36.

Foster, S. J. 2016. Seahorses (*Hippocampus* spp.) and the CITES Review of Significant Trade. **Fisheries Centre Research Reports** 24(4): 48.

Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucl. Acids. Symp. Ser.** 41:95-98.

IUCN. 2017. **IUCN Red List of Threatened Species.** Available Source: http://www.iucnredlist.org. October 10, 2017.

Leigh, J. W., D. Bryant. 2015. PopART: Full-feature software for haplotype network construction. **Methods Ecol Evol** 6(9): 1110–1116.

Liao, P., S. Harvanond and S. Huang. 2007. Phylogeography of *Ceriops tagal* (Rhizophoraceae) in Southeast Asia: the land barrier of the Malay Peninsula has caused population differentiation between the Indian Ocean and South China Sea. **Conserv Genet** 8: 89-98.

Librado, P. and J. Rozas. 2009. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. **Bioinformatics** 25: 1451-1452.

Loh, T. L., A. Tewfik, L. Aylesworth and R. Phoonsawat. 2016. Species in wildlife trade: socio-economic factors influence seahorse relative abundance in Thailand. **Biol Conserv** 201: 301-308.

Lourie, S. A., S. J. Foster, E. W. T. Cooper and A. C. J. Vincent. 2004. **A Guide to the Identification of Seahorses.** Project Seahorse and TRAFFIC North America. Washington D.C.: University of British Columbia and World Wildlife Fund.

Panithanarak, T., R. Karuwancharoen, U. Na-Nakorn and T. T. T. Nguyen. 2010. Population Genetics of the Spotted Seahorse (Hippocampus kuda) in Thai Waters: **Implications for Conservation. Zool. Stud.** 49(4): 564-576.

Vincent, A. C. J, S. J. Foster and H. J. Koldeway. 2011. Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. **Journal of Fish Biology** 78: 681-724.

Zhang, Y. H., G. Qin, H. X. Zhang, X. Wang and Q. Lin. 2017. DNA barcoding reflects the diversity and variety of brooding traits of fish species in family Syngnathidae along China's coast. **Fisheries Research** 185: 137-144.

ชนิดปลาที่พบในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี

Fishes Species Found in Huai Kha Khaeng Basin, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province

นภัทร์ โสภณ[1*] สมหมาย เจนกิจการ[1] และ สืบสิน สนธิรัตน[1]

Napart Sopon[1*], Sommai Janekitkarn[1] and Suebsin Sontirat[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาชุดตัวอย่างปลาจากลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ที่เก็บรักษา ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนสอบผลรายงานที่ได้รายงานไว้ในปี 2542 ในครั้งนี้ได้ศึกษาจากตัวอย่างปลาทั้งสิ้น 2,269 ตัวอย่าง จาก 94 สถานี พบชนิดปลารวม 78 ชนิด จาก 7 อันดับ 18 วงศ์ 46 สกุล โดยพบปลาวงศ์ Cyprinidae มีจำนวนชนิดมากที่สุดถึง 31 ชนิด รองลงมา คือ วงศ์ Balitoridae 15 ชนิด และวงศ์ Cobitidae 7 ชนิด พบว่าปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* เป็นปลาที่มีการแพร่กระจายมากที่สุด (พบใน 38 สถานี) รองลงมาคือปลาซิวควาย *Rasbora sumatrana* (พบใน 35 สถานี) นอกจากนี้ยังพบชนิดปลาที่สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable) จำนวน 1 ชนิด คือ ปลาดุกด้าน *Clarias batrachus* และพบปลาที่ยังไม่เคยมีรายงานในลุ่มน้ำแม่กลองมาก่อน จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ปลาค้อลายดวง *Schistura spilota* ปลาค้อเกล็ดใหญ่ *Tuberoschistura baenzigeri* ปลามอน *Scaphiodonichthys acanthopterus* และปลาตะเพียนจุด *Puntius spilopterus* ผลการศึกษาทำให้บ่งชี้ได้ว่าระบบลุ่มน้ำห้วยขาแข้งมีความสำคัญในการเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของปลาน้ำจืดในภาคตะวันตกของไทย

ABSTRACT

The study of fish collections from the Huai Kha Khaeng basin, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani province that deposit at Kasetsart University Museum of Fisheries has aimed to revise fish species diversity reported on 1989. In this study, total of 2,269 fish specimens from 94 sampling stations were examined, and belonging to 78 species from 7 orders 18 families and 46 genera. The most common families in this areas were Cyprinidae (31 species), Balitoridae (15 species) and Cobitidae (7 species). Basing on station concurrent number, the two most dominant species was *Barilius signicaudus* (38 stations) and *Rasbora sumatrana* (35 stations). Additionally, one species was subjected to vulnerable (*Clarias meladerma*). And four species were first reported from the Maeklong basin, which were *Schistura spilota, Tuberoschistura baenzigeri, Scaphiodonichthys acanthopterus* and *Puntius spilopterus*. Results had confirmed that the Huai Kha Khaeng basin was important as fish biodiversity conservation area in the western part of Thailand.

Keywords: Fish, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Diversity, Freshwater fishes, Threatened status, Uthai Thani Province

* Corresponding author; e-mail address: Naparts@fisheries.go.th

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fisheries Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นผืนป่าที่สำคัญทางภาคตะวันตกของประเทศไทย มีเนื้อที่ประมาณ 2,780 ตารางกิโลเมตร ถูกประกาศให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2515 ต่อมาได้รับการขึ้นทะเบียนจากองค์การสหประชาชาติให้เป็นมรดกทางธรรมชาติของโลก เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2535 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเป็นแหล่งรวมพืชพันธุ์ที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ และยังมีความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติสูง (คณะวนศาสตร์, 2532) อีกทั้งยังเป็นป่าต้นน้ำที่สำคัญของประเทศไทย คือ แม่น้ำแม่กลอง และเจ้าพระยา พื้นที่ประกอบด้วย 2 ลุ่มน้ำย่อย คือ ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง ซึ่งไหลผ่านใจกลางของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฯ จากเหนือจรดใต้ลงสู่แม่น้ำแม่กลอง และลุ่มน้ำห้วยทับเสลาซึ่งตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออก ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา การศึกษาครั้งนี้ได้คัดเลือกศึกษาเฉพาะในส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เนื่องจากมีพื้นที่ครอบคลุมเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งเกือบทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยลำธารน้อยใหญ่ที่ไหลลงสู่ลำห้วยขาแข้งจากจุดเหนือสุดบริเวณห้วยไผ่แดง ผ่านลงมายังใต้สุด คือ ลำห้วยขาแข้ง และแม่น้ำแม่กลอง ตลอดลำน้ำหลัก และลำน้ำย่อยประกอบด้วยแหล่งอาศัยของสัตว์น้ำที่หลากหลาย อาทิ ลำห้วยน้ำไหลแรงจนถึงไหลช้า แก่งหิน น้ำตก บึงขนาดเล็ก อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่ยังไม่ได้ถูกรบกวนจากมนุษย์มากนัก

สำหรับการสำรวจพันธุ์ปลาในลุ่มน้ำแม่กลองมีการศึกษาที่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ชวลิต และคณะ (2540) ได้สำรวจและรวบรวมข้อมูลปลาน้ำจืดจากคณะสำรวจต่าง ๆ ซึ่งพบปลามากกว่า 207 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นปลาเฉพาะถิ่นอย่างน้อย 20 ชนิด แต่สำหรับการสำรวจพันธุ์ปลาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งก่อนหน้านี้ ได้แก่ นริศ (2528) และ Steward-Cox *et al.* (1991) เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับระเบียบในการเข้าพื้นที่สำรวจในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า รวมถึงเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่มาก และบางพื้นที่มีความทุรกันดารเข้าถึงได้ยาก ทำให้ขาดความต่อเนื่องและไม่ครอบคลุมในทุกพื้นที่สำรวจ

ทั้งนี้ สืบสิน (2542) ได้ทำการสำรวจเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และรายงาน ชนิดปลาทั้งสิ้น 156 ชนิด จาก 11 อันดับ 28 วงศ์ โดยแบ่งเป็นชุดสำรวจในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง จำนวน 124 ชนิด และลุ่มน้ำห้วยทับเสลาจำนวน 94 ชนิด แต่ผลการศึกษาเป็นเพียงการรายงานบัญชีรายชื่อ โดยไม่มีการบรรยายลักษณะทางอนุกรมวิธานและจัดจำแนกชนิดอย่างละเอียดพอซึ่งใช้คู่มือจำแนกชนิดที่จัดในระบบอนุกรมวิธานฉบับเก่า ที่ปัจจุบันพบว่ามีหลายชนิดเป็นชื่อพ้อง หรือมีรายงานการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของปลาชนิดใหม่ ทำให้จำเป็นต้องมีการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนสอบผลรายงานสืบสิน (2542) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลมีความละเอียด ถูกต้อง และทันสมัยมากขึ้น เพื่อสามารถสร้างบัญชีรายชื่อของปลาที่พบในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งที่ทันสมัยมากขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้ยังได้รายงานสถานภาพของปลาที่เป็นจริงในปัจจุบัน และมีความสมบูรณ์ของการศึกษาเพิ่มมากขึ้น อันจะนำไปสู่โครงสร้างข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการอนุรักษ์ และจัดการทรัพยากรปลาที่มีอยู่ในลุ่มน้ำและผืนป่าแห่งนี้เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างที่ใช้ศึกษา

ตัวอย่างปลาที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ เป็นตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KUMF) จากสืบสิน (2542) ได้ดำเนินการสำรวจตั้งแต่วันที่ 8 กันยายน พ.ศ.

2539 ถึงวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2542 ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่พบอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี” ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง และลุ่มน้ำห้วยทับเสลา โดยการศึกษาครั้งนี้จะเลือกเฉพาะตัวอย่างที่สถานีที่อยู่ในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง จำนวน 94 สถานี รวมตัวอย่างปลาที่ศึกษาทั้งสิ้น 2,269 ตัวอย่าง ทั้งนี้สถานีสำรวจได้แสดงไว้ดัง Figure 1.

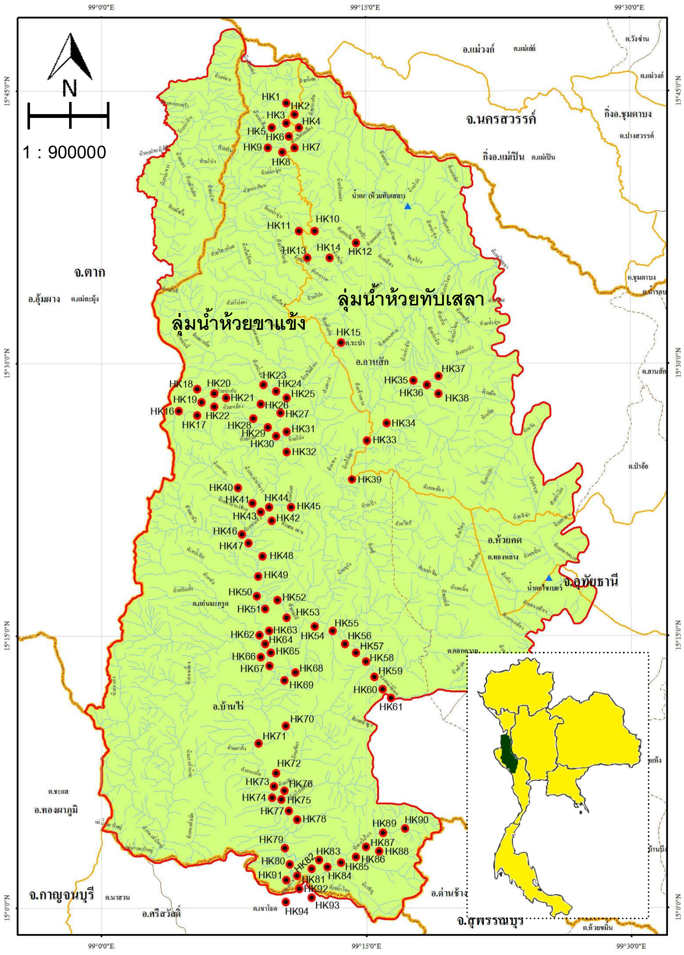


Figure 1 Sampling stations for collecting fishes in Huai Kha Khaeng Basin, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province.

2. การจำแนกชนิด

จัดจำแนกชนิดปลาโดยได้ใช้คู่มือจำแนกชนิดรวม ประกอบด้วย คณะประมง (2542), Kottelat (1990, 2001), Rainboth (1996), Smith (1945) และอื่นๆ นอกจากนี้ในกลุ่มปลาที่มีความซับซ้อนทางอนุกรมวิธาน จะใช้คู่มือจำแนกเฉพาะกลุ่ม ได้แก่ ปลาค้อ ในวงศ์ Balitoridae ใช้ Kottelat (1990), Plongsesthee *et al.* (2011) กลุ่มปลาน้ำหมึกบางชนิดในสกุล *Barilius* ใช้ Tejavej (2012) เป็นต้น และเปรียบเทียบสถานภาพของชนิดปลาที่พบกับถูกคุกคามตาม Vidthayanon (2005) โดยจัดเรียงลำดับทางอนุกรมวิธานตาม Nelson (2006) เป็นหลัก

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาตัวอย่างปลาทั้งสิ้น 2,269 ตัวอย่าง จาก 94 สถานี พบปลาทั้งสิ้น 78 ชนิด จาก 7 อันดับ 18 วงศ์ และ 46 สกุล (Table 1) โดยพบปลา วงศ์ปลาสร้อย - ตะเพียน (Cyprinidae) มีจำนวนชนิดมากที่สุด คือ 31 ชนิด (ร้อยละ 39.74) รองลงมา คือ วงศ์ปลาวงศ์ปลาค้อ - ผีเสื้อ (Balitoridae) 15 ชนิด (ร้อยละ 19.23) และวงศ์ปลาหมู (Cobitidae) 7 ชนิด (ร้อยละ 8.97) ส่วนที่เหลือพบวงศ์ Bagridae 4 ชนิด, วงศ์ Sisoridae 4 ชนิด, วงศ์ Osphronemidae 3 ชนิด, วงศ์ Clariidae 2 ชนิด, วงศ์ Mastacembelidae 2 ชนิด, วงศ์ Channidae 2 ชนิด ส่วนวงศ์ Notopteridae, Sundasalangidae, Amblycipitidae, Belonidae, Ambassidae, Pristolepididae, Eleotridae, Gobiidae และ Tetraodontidae วงศ์ละ 1 ชนิด ตามลำดับ (Figure 2) ในจำนวนชนิดปลาทั้งหมดนี้ พบปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* เป็นปลาชนิดเด่นที่พบมีการแพร่กระจายมากที่สุด 38 สถานี รองลงมา คือ ปลาซิวควาย *Rasbora sumatrana* (35 สถานี) ปลาหนามหลัง *Mystacoleucus marginatus* (33 สถานี) (Table 1) และพบปลาที่ยังไม่เคยมีรายงานพบในลุ่มน้ำแม่กลองมาก่อนจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ปลาค้อลายดวง *Schistura spilota* ปลาค้อเกล็ดใหญ่ *Tuberoschistura baenzigeri* ปลามอน *Scaphiodonichthys acanthopterus* และปลาตะเพียนจุด *Puntius spilopterus* ซึ่งปลาทั้ง 4 ชนิดนี้ มีรายงานเฉพาะบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา และลุ่มน้ำโขงตอนบนในภาคเหนือของประเทศไทยเท่านั้น (ชวลิต และคณะ 2540; ชวลิต, 2547; Smith, 1945; Kottelat,1990) สำหรับสถานภาพของปลาตาม Vidthayanon (2005) มีดังนี้ ที่สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable; VU) จำนวน 1 ชนิด คือ ปลาดุกด้าน *Clarias batrachus* และเมื่อเทียบกับรายงาน สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด (2553) จะพบว่าปลาเวียน *Tor tambroides* อยู่ในสถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์เช่นเดียวกัน พบปลาประจำถิ่น (Endemic species; En) จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ปลาค้อลายดวง *Schistura spilota* ปลารากกล้วยเทียมเมธ *Acanthopsis thiemmedhi* และปลาแขยงภูเขา *Mystus tigrinus* ทั้งนี้อาจรวมปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* และปลาค้อทองผาภูมิ *Schistura aurantiaca* เป็นปลาประจำถิ่นของลุ่มน้ำแม่กลอง (Tejavej, 2012; Plongsesthee *et al.*, 2011) ทั้งนี้ยังต้องการข้อมูลการสำรวจเพิ่มเติมเพื่อยืนยันความถูกต้องของการแพร่กระจายของปลาทั้งสองชนิดนี้

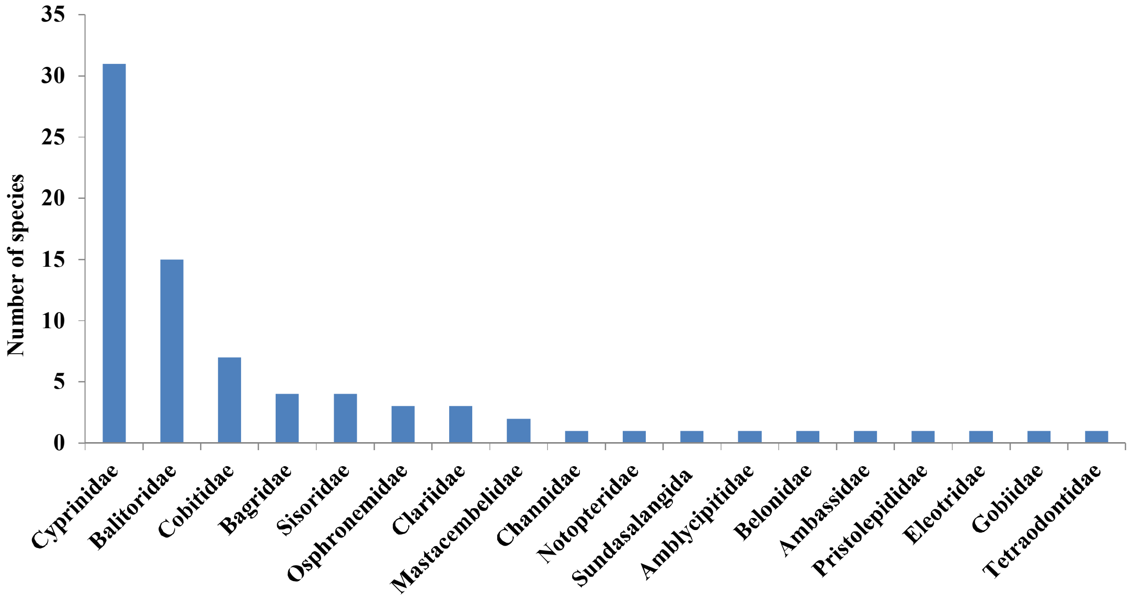


Figure 2 Number of species with in families of fishes from The Huai Kha Khaeng basin, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province.

เมื่อเปรียบเทียบกับการสำรวจของ สืบสิน (2542) ที่รายงานชนิดของปลาที่พบในลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง คือ 124 ชนิด นั้น ในการศึกษาครั้งนี้พบจำนวนชนิดน้อยกว่าเป็นจำนวนถึง 46 ชนิด ซึ่งชนิดที่หายไปเนื่องจาก มีการควบรวมชนิดของปลาบางชนิดซึ่งพบว่าเกิดจากการเป็นชื่อพ้อง และความผิดพลาดในการจัดจำแนกชนิด คือ ปลาค้อในสกุล *Nemacheilus* จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ *Nemacheilus breviceps, N. fowlerianus, N. magnifluvis, N. nicholsi, N. schultzi, N. sexcauda, N. waltoni, N. Pseudobrunneana* และ *N.* n.sp. จากการศึกษาพบว่าทั้งหมดเป็นชนิด *Schistura reidi* ที่มีความแปรปรวนของลวดลายบนลำตัวในแต่ละช่วงวัย (Kottelat, 1990) และสามารถระบุชนิดที่เดิมไม่สามารถจำแนกได้จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ *Nemacheilus* sp.1, *N.* sp.2, *N.* sp.4, และ *N.* sp.5 ได้เป็น *Schistura aurantiaca* (Plongsesthee *et al.* , 2011) ได้ควบรวมปลาในสกุล *Homaloptera* จำนวน 4 ชนิด ซึ่งเดิมแยกเป็น *Homaloptera septemmaculata, H. zollingeri, H.* sp.1 และ *H.* sp.2 ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งหมดเป็นชนิด *Homaloptera leonardi* (Rainboth, 1996) และเนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายสถานที่เก็บรักษาตัวอย่างจากตึกคณะประมงเก่ามายังพื้นที่เก็บรักษาตัวอย่างหลายครั้ง ทำให้ขวดบรรจุตัวอย่างเกิดการการสูญหาย หรือเสียหาย จึงทำให้ตัวอย่างส่วนหนึ่งหายไปจากชุดตัวอย่าง จาก โครงการการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่พบอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี และสถานที่เก็บตัวอย่างอยู่ในที่ห่างไกลในการดูแลรักษาของเจ้าหน้าที่ ทำให้มีตัวอย่างบางส่วนแห้ง หรือเสียหายจนไม่สามารถจำแนกชนิดได้ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะรายงานชนิดเฉพาะจากตัวอย่างที่มีอยู่จริง จึงทำให้มีชนิดรวมของปลาลดลง อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ยังได้รายงานชนิดปลาเพิ่มขึ้นจำนวน 6 ชนิด คือ ปลาน้ำหมึกแม่กลอง (*Barilius signicaudus*), ปลาค้อทองผาภูมิ (*Schistura aurantiaca*), ปลามอน (*Scaphiodonichthys acanthopterus*), ปลาแขยงภูเขา (*Mystus tigrinus*), ปลาแค้ติดหิน (*Glyptothorax platypogon*) และปลาตะพาก (*Puntius lagleri*) เนื่องจากเป็นรายงานการศึกษาชนิดปลาที่ละเอียดมากขึ้น ทำให้การศึกษานี้มีความถูกต้อง และทันสมัยมากขึ้นกว่าในอดีต โดยเฉพาะปลาวงศ์ Cyprinidae ซึ่งเป็นวงศ์ปลาน้ำจืดที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดของประเทศไทย จากรายงานของ Smith (1945) ซึ่งพบมากถึง 218 ชนิด โดยปลาที่มีความโดดเด่น คือ ปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* ปลาซิวควาย *Rasbora sumatrana* และปลาหนามหลัง *Mystacoleucus marginatus* โดยเฉพาะปลาน้ำหมึกนั้น เป็นปลาที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพน้ำที่ดีและอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหลเชี่ยว และสะอาด สอดคล้องคุณภาพน้ำที่ดีของลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง ส่วนปลาซิวควายที่พบได้ทั่วไปทั้งสถานีที่มีกระแสน้ำไหลเชี่ยวจนถึงช้า น้ำตก และแก่งน้ำนิ่ง ซึ่งเป็นระบบนิเวศน์ส่วนใหญ่ของต้นน้ำห้วยขาแข้ง แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวได้ดีในการอาศัยอยู่ในระบบนิเวศน์ที่หลากหลายของปลาชนิดนี้ และวงศ์ที่พบรองลงมา คือวงศ์ Balitoridae พบ15 ชนิด (ร้อยละ 19.23) ชนิดที่มีความโดดเด่นคือ ปลาค้อ *Schistura reidi* ปลาค้อทองผาภูมิ *Schistura aurantiaca* ปลาค้อน้ำนิ่ง *Acanthocobitis zonalternans* และปลาผีเสื้อติดหินลายเสือ *Homaloptera leonardi* ซึ่งเป็นปลาที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำแม่น้ำลำธารบริเวณต้นน้ำที่มีกระแสน้ำไหลเชี่ยว พื้นท้องน้ำเป็นหินกรวดหรือทราย (Rainboth, 1996; Kottelat, 1990) สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของลำห้วยขาแข้งที่ส่วนใหญ่เป็นลำธารน้ำไหลแรงจนถึงช้า ระดับไม่ลึก พื้นท้องน้ำเป็น หินกรวด ทราย และหินปนทราย ซึ่งใช้บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดี

<u>Table 1</u> List of fish species found from each sampling station in Huai Kha Khaeng Basin of Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province

Taxa	Station **(Number of station)**
Order Osteoglossidae	
Family Notopteridae	
1. *Notopterus notopterus* (Pallas, 1769)	67, 72 **(2)**
Order Clupeiformes	
Family Sundasalangidae	
2. *Sundasalanx praecox* (Roberts, 1981)	94 **(1)**
Order Cypriniformes	
Family Cyprinidae	
3. *Acrossocheilus deauratus* (Valenciennes, 1842)	1,3,5,8,10,12,13,14,15,23,24,25,27,29,44 **(15)**
4. *Barilius guttatus* (Day, 1869)	35,40,41,44,49,50,51,52,54,55,56,57,59,61,66,67,70,72,73,75,77,79,81,87**(24)**
5. *Barilius koratensis* (Smith, 1931)	46,50,51,58,61,63,67,68,69,70,71,72,73,77,79,86 **(16)**
6. *Barilius signicaudus* (Tejavej, 2012)	2,4,6,8,10,11,13,14,23,24,25,26,27,28,30,36,37,39,41,44,46,47,49,51,52,55, 56,57,58,59,61,62,63,64,68,70,71,75 **(38)**
7. *Cyclocheilichthys armatus* (Valenciennes, 1842)	15,39,69,73 **(4)**
8. *Cyclocheilichthys repasson* (Bleeker, 1853)	94 **(1)**
9. *Hampala macrolepidota* (Kuhl & van Hasselt , 1823)	39,41,51,54,57,61,63,64,66,71,72,74,77,83,84,87,89,91,92 **(19)**
10. *Labeo prosemion* (Fowler, 1934)	45,61,72,73,79 **(5)**
11. *Labiobarbus lineatus* (Sauvage, 1878)	34,39,46,57,58,60,66,69,70,74,75,79,83 **(13)**
12. *Lobocheilus melanotaenia* (Fowler, 1935)	15,40,42,44,45,47,54,56,57,62,64,66,67,69,70,71,72,73,74,75,79,83,84 **(23)**
13. *Lobocheilus quadrilineatus* (Fowler, 1935)	13,43,46,57,58,61,63,74 **(8)**
14. *Mystacoleucus marginatus* (Valenciennes, 1842)	10,11,12,13,24,27,28,31,40,42,44,47,49,51,52,54,55,56,57,58,59,61,66,70,71, 75,77,80,83,86,87,89,94 **(33)**
15. *Osteochilus hasselti* (Valenciennes, 1842)	50,54,59,62,63,67,69,71,73,74,75,77,83,88,94 **(15)**
16. *Puntius binotatus* (Valenciennes, 1842)	1,5,8,9,11,12,13,15,23,25,30,39,44,50,51,54,55,59,61,83,85,86,87,88 **(24)**
17. *Puntius daruphani* (Smith, 1934)	39,50,58,61,63,67,68,69,72,74,79 **(11)**
18. *Puntius gonionotus* (Bleeker, 1850)	89,93,94 **(3)**
19. *Puntius lagleri* (Rainboth, 1996)	39 **(1)**
20. *Puntius spilopterus* (Fowler, 1934)	72 **(1)**
21. *Puntioplites proctozysron* (Bleeker, 1865)	49,93,94 **(3)**
22. *Scaphiodonichthys acanthopterus* (Fowler, 1934)	1,2,4,6,8,10,13,15,23,25,28,29,3,49,73 **(15)**
23. *Scaphiodonichthys burmanicus* (Vinciguerra, 1890)	1,2,4,6,8,10,13,23,25,26,28,29,30,49 **(14)**
24. *Tor soro* (Valenciennes, 1842)	1,5,9,12,13,17,19,23,24,26,27,31,32,38,44,49,54,55,56,61,63,83,85 **(23)**
25. *Tor tambroides* (Bleeker, 1854)	13,39,40,44 **(4)**
26. *Epalzeorhynchos frenatum* (Fowler, 1934)	62,63,66,74,75 **(5)**
27. *Crossocheilus reticulatus* (Fowler, 1935)	39,40,41,45,73,74 **(6)**
28. *Crossocheilus siamensis* (Smith, 1931)	25,46,52,56,58,70,73,74,75,83 **(10)**

Table 1 (Continue)

Taxa	Station (Number of station)
29. *Garra cambodgiensis* (Tirant, 1883)	44,49,51 **(3)**
30. *Garra fuliginosa* (Fowler, 1934)	5,10,11,14,15,25,28,43,44,50,56,57,66,67,73,78,79 **(17)**
31. *Devario regina* (Fowler, 1934)	1,2,3,4,8,9,11,12,17,20,22,23,24,25,29,31 **(16)**
32. *Rasbora borapetensis* (Smith, 1934)	92 **(1)**
33. *Rasbora sumatrana* (Bleeker, 1852)	1,2,4,8,10,11,12,13,14,23,24,25,30,31,38,39,40,41,44,54,55,58,59,61,63,68, 69,71,72,83,84,87,88,89,93 **(35)**
Family Balitoridae	
34. *Homaloptera leonardi* (Hora, 1941)	1,2,3,4,6,10,13,14,15,23,24,25,26,27,38,54,55,56,85,87 **(20)**
35. *Homaloptera sexmaculata* (Fowler, 1934)	56 **(1)**
36. *Homaloptera smithi* (Hora, 1932)	41,47,49,51,56,63,66,67,70,72,73,81 **(12)**
37. *Acanthocobitis zonalternans* (Blyth, 1860)	1,3,4,5,6,9,10,11,12,13,23,24,25,28,29,31,32,66,67,79 **(20)**
38. *Nemacheilus binotatus* (Smith, 1933)	7,26,30,51,52,57,62,63,66,67,70,71,72,73,74,77,79,81 **(18)**
39. *Nemacheilus masyae* (Smith, 1933)	41,51,53,55,61,81 **(6)**
40. *Nemacheilus palidus* (Smith, 1933)	57,67,72,73,74,75 **(6)**
41. *Schistura aurantiaca* (Plongsesthee et al., 2011)	4,5,6,8,9,10,11,12,15,22,23,26,28,29,30,38,54,66,67,73,78,79 **(22)**
42. *Schistura mahnerti* (Kottelat, 1989)	23,24,26 **(3)**
43. *Schistura poculi* (Smith, 1945)	1,4,28 **(3)**
44. *Schistura reidi* (Smith, 1945)	4,5,6,8,9,11,13,14,15,23,24,27,28,31,32,38,44,47,54,63,70,71,72,77,87 **(25)**
45. *Schistura spilota* (Fowler, 1934) **En**	1,4,28 **(3)**
46. *Schistura* sp1	23,28,54,63,66,67,73,74,81 **(9)**
47. *Schistura* sp.2	1,11 **(2)**
48. *Tuberoschistura baenzigeri* (Kottelat, 1983)	41,68,70,71,79,87 **(6)**
Family Cobitidae	
49. *Botia beauforti* (Smith, 1931)	15,25,29,51,75,78,80,83,85,90 **(10)**
50. *Lepidocephalichthys berdmorei* (Blyth, 1860)	5,31,40,57,63 **(5)**
51. *Acantopsis choirorhynchos* (Bleeker, 1854)	54,57,63,66,67,69,70,71,72 **(9)**
52. *Acantopsis thiemmedhi* (Sontirat, 1999) **En**	11 **(1)**
53. *Acantopsoides gracilentus* (Smith, 1945)	64,67,72,74,75,80 **(6)**
54. *Cobitophis anguillaris* (Vaillant, 1902)	63,67,75,87,93 **(5)**
Order Siluriformes	
Family Bagridae	
55. *Mystus albolineatus* (Roberts, 1994)	72 **(1)**
56. *Mystus nemurus* (Valenciennes, 1840)	66,67,70,72,73,77,81,87,88 **(9)**
57. *Mystus tigrinus* (Ng & Kottelat, 2001) **En**	6,9,10,12,25,28,30,32,36,42 **(10)**
58. *Leiocassis siamensis* (Regan, 1913)	50,51,57,59,61,62,63,64,66,67,70,72,73,75,77,81,87,88 **(18)**

Table 1 (Continue)

Taxa	Station **(Number of station)**
Family Sisoridae	
59. *Glyptothorax fuscus* (Fowler, 1934)	73 **(1)**
60. *Glyptothorax major* (Boulenger, 1894)	54 **(1)**
61. *Glyptothorax platypogon* (Valenciennes, 1840)	73 **(1)**
62. *Glyptothorax trilineatus* (Blyth, 1860)	1,2,4,13,15,57,63 **(7)**
Family Amblycipitidae	
63. *Amblyceps mangois* (Hamilton, 1822)	1,9,15 **(3)**
Family Clariidae	
64. *Clarius batrachus* (Linnaeus, 1758) **VU**	11,23,87 **(3)**
65. *Clarias meladerma* (Bleeker, 1846)	24,62,88 **(3)**
Order Beloniformes	
Family Belonidae	
66. *Xenentodon cancila* (Hamilton, 1822)	7,39,41,42,45,49,51,55,57,58,61,63,64,66,70,72,75,77,79,86,87,88 **(22)**
Order Synbranchiformes	
Family Mastacembelidae	
67. *Mastacembelus armatus* (Lecépède, 1800)	40,49,59,64,66,67,70,72,73,75 **(10)**
68. *Mastacembelus favus* (Hora, 1923)	39,40,51,54,55,57,60,62,63,64,65,66,67,70,71,72,73,74,75,77,78,81,84 **(23)**
Order Perciformes	
Family Ambassidae	
69. *Ambassis siamensis* (Fowler, 1937)	51,55,59,61,71,92,93 **(7)**
Family Pristolepididae	
70. *Pristolepis fasciata* (Bleeker, 1856)	39,62,71,77,83,87,88,93 **(8)**
Family Eleotridae	
71. *Oxyeleotris marmorata* (Bleeker, 1852)	93 **(1)**
Family Gobiidae	
72. *Pseudogobiopsis siamensis* (Fowler, 1954)	4,5,23,24,27,28,31,44,80 **(9)**
Family Osphronemidae	
73. *Osphronemus goramy* (Lacepède, 1801)	91,93,94 **(3)**
74. *Trichopsis vittata* (Cuvier, 1831)	89,92 **(2)**
75. *Trichogaster trichopterus* (Pallas, 1770)	50,66,67,72,93 **(5)**
Family Channidae	
76. *Channa gachua* (Hamilton, 1822)	1,9,16,17,22,38,39,40,41,50,52,56,57,59,61,62,63,64,67,72,75,78,83,84, 85,86,87 **(27)**
77. *Channa striata* (Bloch, 1793)	89, 93 **(2)**
Family Tetraodontidae	
78. *Tetraodon leiurus* (Bleeker, 1852)	75 **(1)**

Remark * En = Endemic species; VU = Vulnerable * Threatened status (Vidthayanon, 2005)

จากตัวอย่างที่พบภายใต้การสำรวจในอดีตนั้น ได้มีการรายงานการพบปลาชนิดใหม่ คือ ปลารากกล้วยเทียมเมธ ซึ่งได้ตีพิมพ์ไว้โดย สืบสิน (2542) ภายใต้ชื่อ *Acanthopsis thiemmedhi* Sontirat, 1999 และหลังจากนั้นได้มีการรายงานการพบปลาชนิดใหม่ในลุ่มน้ำแม่กลองเพิ่มเติมอีก 4 ชนิด ได้แก่ ปลาค้อทองผาภูมิ *Schistura aurantiaca* โดย Plongsesthee *et al.* (2011) ปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* โดย Tejavej (2012) ปลาค้อ *Schistura tenebrosa* Kangrang *et al.* (2012) และปลามูด *Garra fluviatilis* โดย Kangrang *et al.* (2016) สำหรับปลาสองชนิดแรกนั้นเป็นปลาที่พบในลุ่มน้ำห้วยขาแข้งจากตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้

เมื่อเปรียบเทียบการพบชนิดปลาถึง 78 ชนิด ในพื้นที่เพียง 2,780 ตารางกิโลเมตรของลุ่มน้ำห้วยขาแข้งกับลุ่มน้ำแม่กลองทั้งระบบซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 30,837 ตารางกิโลเมตร ซึ่งได้รายงานว่าพบปลา 207 ชนิด โดย ชวลิต และคณะ (2540) คิดเป็น 37.68% ของชนิดปลาที่พบในลุ่มน้ำแม่กลองทั้งหมด จะเห็นว่าลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จ. อุทัยธานี นั้นเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพของปลาสูงแห่งหนึ่งในภาคตะวันตกของไทย และการเป็นพื้นที่อนุรักษ์ยังช่วยให้สามารถเก็บรักษากลุ่มพ่อแม่พันธุ์ของปลาทำให้สามารถผลิตลูกพันธุ์ปลาให้กับระบบลุ่มน้ำแม่กลอง โดยเฉพาะในลำน้ำที่อยู่ด้านล่างของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฯ

สรุป

ลุ่มน้ำห้วยขาแข้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง จากการสำรวจในพื้นที่แห่งนี้พบปลาทั้งสิ้น 78 ชนิด จาก 7 อันดับ 18 วงศ์ และ 46 สกุล โดยพบปลาวงศ์ Cyprinidae หลากหลายมากที่สุดถึง 31 ชนิด โดยพบปลาน้ำหมึกแม่กลอง *Barilius signicaudus* ปลาซิวควาย *Rasbora sumatrana* และปลาหนามหลัง *Mystacoleucus marginatus* เป็นปลาชนิดเด่น และพบชนิดปลาประจำถิ่นของไทย 3 ชนิด ได้แก่ *Schistura spilota* ปลารากกล้วยเทียมเมธ *Acanthopsis thiemmedhi* ปลาแขยงภูเขา *Mystus tigrinus* พบปลาที่สถานภาพมีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ จำนวน 1 ชนิด คือ ปลาดุกด้าน *Clarias batrachus* และพบชนิดปลาที่ยังไม่เคยมีรายงานพบการแพร่กระจายในลุ่มน้ำแม่กลองมาก่อนจำนวน 4 ชนิด เช่น ปลาค้อลายดวง *Schistura spilota* ปลาค้อเกล็ดใหญ่ *Tuberoschistura baenzigeri* ปลามอน *Scaphiodonichthys acanthopterus* และปลาตะเพียนจุด *Puntius spilopterus* ซึ่งการรายงานนี้จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรปลาที่มีอยู่ในลุ่มน้ำ และผืนป่าแห่งนี้อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.อภินันท์ สุวรรณรักษ์ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ และทีมงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับคำแนะนำในการจำแนกชนิดปลา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง คณะประมง สำหรับตัวอย่างปลา และอำนวยความสะดวกตลอดการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณะวนศาสตร์. 2532. **ข้อมูลพื้นฐาน แผนแม่บทการจัดการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี-ตาก**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 138 หน้า

คณะประมง. 2542. **คู่มือวิเคราะห์พรรณปลา.** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 297 หน้า.

ชวลิต วิทยานนท์, จรัลธาดา กรรณสูต และ จารุจินต์ นภีตะภัฏ. 2540. ความหลากชนิดของปลาน้ำจืดในประเทศไทย. **สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม**, กรุงเทพฯ. 102 หน้า.

ชวลิต วิทยานนท์. 2547. คู่มือปลาน้ำจืด. **สารคดี, 2547**, กรุงเทพฯ. 232 หน้า.

นริศ ภูมิภาคพันธ์, อุทิศ กุฎอินทร์ และ นพรัตน์ นาคสถิต. 2528. รายชื่อสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. **ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 63 หน้า

สืบสิน สนธิรัตน. 2542. โครงการวิจัยการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในน้ำที่พบในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. **รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ** สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 283 หน้า

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. 2553. **ปลาไทยลุ่มน้ำเจ้าพระยา**. กรมประมง. กรุงเทพฯ. 96 หน้า

Tejavej, A. 2012. *Barilius signicaudus*, a new species of cyprinid fish from Maeklong Basin, Western Thailand (Cypriniformes: Cyprinidae). **Zootaxa** 3586(138 – 147).

Kottelat, M. 1990. **Indochinese Nemacheilines. A revision of Nemacheiline loaches (Pisces: Cypriniformes) of Thailand, Burma, Laos, Cambodia and southern Viet Nam.** Verlag Dr. F. Pfeil, Muchen, Germany. 262 pp.

Kottelat, M. 2001. **Fishes of Laos.** WHT Publications, Colombo. 198 pp.

Nelson, J. S. 2006. **Fishes of the world. 4th ed. John Willey and Sons, Inc.**, New York. 601 pp.

Kangrang,P., Lawrence M. P. and F, W. H. Beamish. 2012. *Schistura tenebrosa*, a new Species of loach from the Kwai Noi River system, Mae Khlong basin, Thailand (Teleostei: Nemacheilidae). **Zootaxa** 3586. 69 - 77 pp.

Kangrang,P., Ryan, R.J. Thoni, R.L. Mayden and F.W.H. Beamish. 2016. *Garra fluviatilis*, a new hillstream fish species (Cypriniformes: Cyprinidae) from the Kwai Noi River system, Mae Khlong basin, Thailand. **Zootaxa** 4175 (4). 335 - 344 pp.

Rainboth, W. J. 1996. Fishes of the Cambodian Mekong. **FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purpose.** Mekong River Commission, FAO and DANIDA. 265 pp.

Plongsesthee, R., Lawrence M. P. and F, W. H. Beamish. 2011. *Schistura aurantiaca*, a new species from the Mae Khlong basin, Thailand (Teleostei: Nemacheilidae). **Ichthyol Explor Freshwaters**, Vol. 22, No. 2. 169 - 178 pp.

Smith, H. M. 1945. The Freshwater Fish of Siam or Thailand. **United States Government Printing office**, Washington. 622 pp.

Stewart-Cox., B., Nabhitabhata, J., Chan-ard, T. and T. R. Roberts. 1991. **A survey of fish in the Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary.** Survey Report submits to the Royal Forestry Dept. 177 pp.

Vidthayanon, C. 2005. **Thailand red data: Fishes.** Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. 108 pp.

การปนเปื้อนโลหะหนักในดินตะกอน บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำท่าจีน

Contamination of Heavy Metals in Sediment of Chao Phraya and Tha Chin River Mouths

ณัฐวร ขันธิกุล[1] เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์[1*] ณิศรา ถาวรโสตร์[1] อรอิงค์ เวชสิทธิ์[1] พฤหัส จันทร์นวล[1] และศราวุธ ศรีทองอุทัย[2]

Nattaworn Kantikul[1], Shettapong Meksumpun[1*], Nissara Thawonsode[1], Oning Veschasit[1],

Pharuhas Chanuan[1] and Sarawut Srithongouthai[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อน และการแพร่กระจายของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอน (0-1 เซนติเมตร) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำท่าจีน โดยทำการศึกษาตัวอย่างดินตะกอน ปากแม่น้ำละ 9 สถานี จำนวนทั้งสิ้น 18 สถานี ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 พบว่า ปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าอยู่ในช่วง 32.2-43.2 31.7-43.8 และ 101.7-164.4 ppm ตามลำดับ ส่วนปากแม่น้ำท่าจีนพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 21.3-45.2 32.2-44.1 และ 74.8-164.8 ppm ตามลำดับ ส่วนแคดเมียมมีค่าต่ำกว่าระดับที่สามารถตรวจวัดได้ ทั้งนี้ปริมาณทองแดงและสังกะสีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าเกินค่าร่างมาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระดับที่พบในอดีต

ABSTRACT

Study on contamination and distribution of cadmium (Cd) lead (Pb) copper (Cu) and zinc (Zn) in sediment (0-1 centimeter) of the Chao Phraya and Tha Chin river mouths. Sediment samples were collected at 9 stations in each river mouths during April 2017. The result showed contamination of Pb, Cu and Zn in sediment of the Chao Phraya river mouth ranged between 32.2-43.2 31.7-43.8 and 101.7- 164.4, respectively. At the Tha Chin river mouth the concentration of Pb Cu and Zn in sediment ranged between 21.3-45.2 32.2-44.1 and 74.8-164.8 ppm, respectively. The Cadmium concentration in sediment was non-detectable. The concentration of Cu and Zn were higher than the draft standard level of coastal sediment and trended to be increased compared to those levels in the past.

Key Words: heavy metal, sediment, Chao Phraya River, Tha Chin River

*Corresponding author; e-mail address: **ffisspm@ku.ac.th**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Marine Sciences, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย

[2]Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

คำนำ

แม่น้ำเจ้าพระยา เกิดจากการรวมกันของแม่น้ำปิงวัง ยม น่าน และสะแกกรัง ซึ่งไหลมาบรรจบกันที่จังหวัดนครสวรรค์ และแม่น้ำป่าสักซึ่งมาบรรจบเข้ากับแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรปราการ มีความยาวรวมประมาณ 379 กิโลเมตร และแม่น้ำท่าจีน เดิมเป็นแม่น้ำที่แยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณตำบลมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท แต่ปัจจุบันมีการขุดคลองเชื่อมเข้ามาใหม่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครปฐม และไหลออกสู่อ่าวไทยบริเวณจังหวัดสมุทรสาคร มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 325 กิโลเมตร ทั้งสองแม่น้ำจึงเป็นแม่น้ำสายหลักในเขตที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย ที่ถูกใช้เพื่อเป็นแหล่ง อุปโภคบริโภค ทำให้บริเวณปากแม่น้ำเป็นแหล่งสะสมของสารมลพิษต่าง ๆ ที่ไหลมาตามลำน้ำ กรมควบคุมมลพิษ (2548) รายงานว่า บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำท่าจีนเป็นจุดวิกฤตเกี่ยวกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพราะโดยตลอดเส้นทางน้ำจะมีกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดสองฝั่งน้ำ หากมีการทิ้งของเสียและสารพิษลงสู่แม่น้ำก็จะส่งผลให้เกิดมลพิษต่อน้ำทะเลและดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มีการนำโลหะหนักมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มากมาย ทั้งด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม รวมถึงน้ำเสียจากชุมชน และฝุ่นละอองที่ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม (สาโรจน์ และคณะ, 2550)

โลหะหนักสามารถก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ ด้วยคุณสมบัติที่ไม่สามารถสลายตัวได้โดยกระบวนการทางธรรมชาติ ส่วนหนึ่งจะยังคงละลายอยู่ในน้ำและอีกส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในชั้นบาง ๆ ที่ผิวหน้าน้ำ หรือถูกดูดซับไว้กับสารแขวนลอยก่อนการตกตะกอนออกจากชั้นน้ำลงสู่เบื้องล่าง ดังนั้นตะกอนจึงทำหน้าที่เป็นเสมือนบัฟเฟอร์และสะสมโลหะหนักไว้ (ชินชาต, 2543) โดยส่วนหนึ่งสามารถถูกถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารไปยังผู้บริโภคตามลำดับขั้น จนถึงผู้บริโภคอันดับสุดท้าย คือ มนุษย์ ที่มีการนำสัตว์น้ำไปบริโภคจนได้รับผลกระทบต่อร่างกายอีกด้วย (Thongra-ar et al., 2008; Al-Rousan et al., 2016) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบค่าเฉลี่ยของปริมาณ แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยามีค่า 0.16 50.75 102.25 และ 214.0 ppm ตามลำดับ ในส่วนของแม่น้ำท่าจีนพบมีค่าเฉลี่ย 0.17 39.25 43.25 และ 152.8 ppm ตามลำดับ (Shuqing *et al.*, 2015) รวมทั้ง พรศรี และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาพบว่า แคดเมียมไม่สามารถตรวจวัดได้ ในขณะที่ปริมาณ ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีมีค่า 41.6 21.7 และ 90.5 ppm ตามลำดับ ส่วนปากแม่น้ำท่าจีนพบว่า แคดเมียมไม่สามารถตรวจวัดได้ ในขณะที่ ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มีค่า 48.3 8.7 และ 53.4 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะหนักในปัจจุบันมีค่าสูงมากในแม่น้ำและบางชนิดเกินค่ามาตรฐานซึ่งส่งผลไปสู่บริเวณปากแม่น้ำที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำกับทะเล

เนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำท่าจีนมีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะการทำประมง ทำให้มีโอกาสที่สารมลพิษโลหะหนักจะเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการตรวจสอบรูปแบบการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอน และนำมาเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ (2558) เพื่อบ่งบอกถึงสถานการณ์ของมลพิษโลหะหนักในพื้นที่ นอกจากนี้เป็นการตรวจสอบความปลอดภัย และการใช้ทรัพยากรบริเวณดังกล่าวได้อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในดินตะกอน (0-1 เซนติเมตร) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 9 สถานี (CP1-CP9) และปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 9 สถานี (TC1-TC9) โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือน เมษายน พ.ศ. 2560

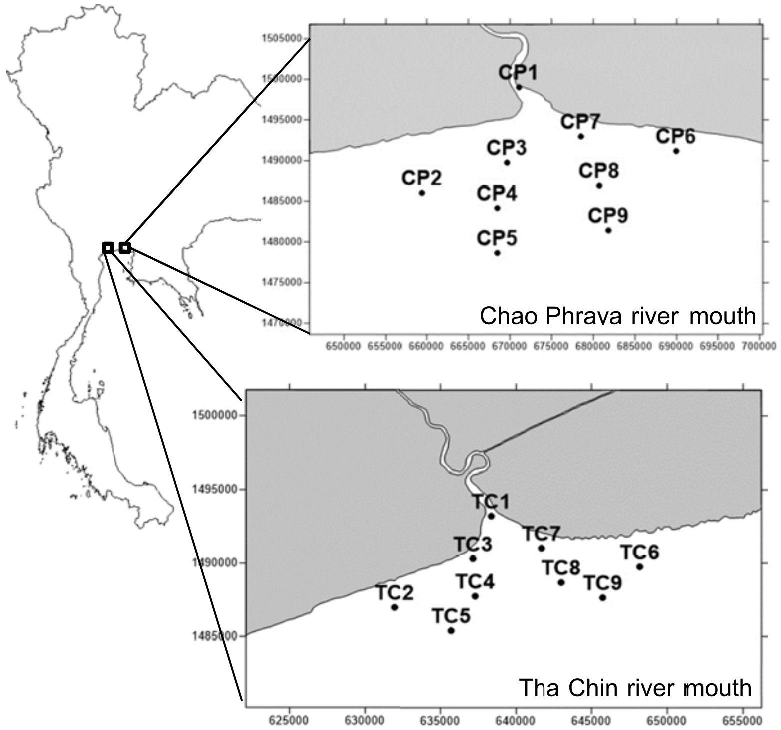


Figure 1 Sampling location at the Chao Phraya and Tha Chin river mouths (April 2017).

วิธีการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ชั้นผิวหน้า (0-1 เซนติเมตร) ด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน (Sediment corer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินตะกอนใส่ถุง Polyethylene ปิดปากถุงให้สนิท ระบุสถานีเก็บตัวอย่าง และเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างดินตะกอนมาทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze Dryer จากนั้นนำดินตะกอนที่ได้มาทำการสกัดหาปริมาณโลหะหนัก ด้วยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก (Hungspreug and Yuangthong, 1983) โดยทำการย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Microwave digestion รุ่น QLAB Pro และนำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer แบบ Flame รวมทั้งนำดินแห้งที่ได้จากกระบวนการ Freeze dried มาวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (Total Organic Matter: TOM) โดยวิธี Ignition loss (Verardo *et al.*, 1990)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

แคดเมียม (Cadmium; Cd)

ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน พบว่า มีค่าต่ำกว่าระดับที่สามารถตรวจวัดได้ (Detection limit = 0.001 ppm) เช่นเดียวกับการศึกษาในอดีตของ พรศรี และคณะ (2559) ที่ไม่สามารถตรวจพบแคดเมียมในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาและปากแม่น้ำท่าจีน เช่นเดียวกัน

ตะกั่ว (Lead; Pb)

ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า ตะกั่วมีค่าอยู่ในช่วง 32.2-43.2 ppm (Figure 2) มีค่าเฉลี่ย 37.7±3.2 ppm ซึ่งพบว่ามีค่าไม่เกินค่าร่างมาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (52 ppm) และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในอดีตของ พรศรี และคณะ (2559) (41.6 ppm) เมื่อพิจารณาตามพื้นที่ พบว่า ปริมาณตะกั่วมีค่าสูงในสถานี CP1 (43.2 ppm) และ CP4 (40.4 ppm) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อออกห่างจากฝั่ง โดยพบค่าต่ำสุดที่สถานี CP9 (32.2 ppm) และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่ได้ทำการศึกษาควบคู่กัน พบค่าสูงที่สถานี CP1 (10.1%) และ CP4 (10.3%) (Table 1) เนื่องจากสารอินทรีย์นั้นสามารถรวมกับธาตุที่มีประจุบวก โดยตรึงโลหะให้สะสมอยู่กับตะกอน ดังนั้นสารอินทรีย์จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการเคลื่อนย้าย ทับถม และเก็บกักโลหะหนักในดินตะกอน (Loring and Rantala, 1995) ในขณะที่ CP9 พบปริมาณสารอินทรีย์สูงถึง 11.4% (Table 1) แต่กลับพบค่าตะกั่วต่ำ (32.2 ppm) เนื่องจากสารอินทรีย์ในบริเวณดังกล่าวเกิดจากการตกตะกอนของแพลงก์ตอนพืชที่เกิดการสะพรั่งขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง

ส่วนในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบตะกั่วมีค่าอยู่ในช่วง 32.2-44.1 ppm (Figure 2) มีค่าเฉลี่ย 39.8±3.8 ppm ซึ่งมีค่าไม่เกินค่าร่างมาตรฐานเช่นเดียวกับปากแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนี้ยังมีค่าต่ำกว่าการศึกษาของพรศรี และคณะ (2559) (48.3 ppm) เมื่อพิจารณาตามพื้นที่ พบการปนเปื้อนของตะกั่วสูงที่สุดในสถานี TC4 (44.1 ppm) ซึ่งสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนสูงถึง 10.9% โดยตะกั่วบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนนั้นจะพบค่าสูงเกือบทุกสถานี ยกเว้นในสถานี TC1 (32.2 ppm) ที่พบค่าตะกั่วต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารอินทรีย์รวมที่พบค่าเพียง 5.3% (Table 1)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตะกั่วบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (37.7±3.2 ppm) และปากแม่น้ำท่าจีน (39.8± 3.8ppm) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณตะกั่วของทั้งสองปากแม่น้ำ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

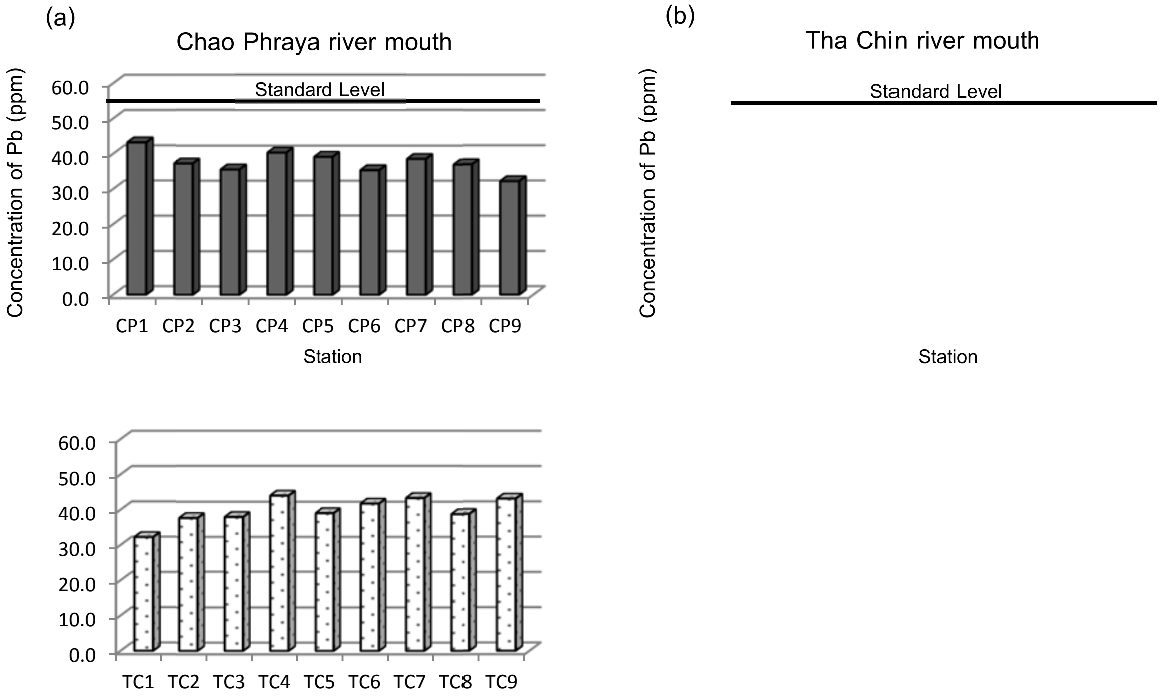


Figure 2 The concentration of lead (Pb) in Chao Phraya river (a) and Tha Chin river mouths (b) in April 2017.

ทองแดง (Copper; Cu)

ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าทองแดงมีค่าอยู่ระหว่าง 31.7-43.8 ppm (Figure 3) มีค่าเฉลี่ย 36.7±1.3 ppm ซึ่งเกินค่าร่างมาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (25 ppm) ในทุก ๆ สถานี และมีค่าสูงกว่าการศึกษาของพรศรี และคณะ (2559) (21.1 ppm) ถึง 1.7 เท่า โดยพบทองแดงมีค่าสูงที่สุดในสถานี CP1 (43.8 ppm) และมีค่าสูงในสถานี CP4 (40.3 ppm) และ CP8 (39.8 ppm) อีกทั้งมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่งออกไปในสถานี CP3 (32.8 ppm) และพบค่าต่ำสุดที่สถานี CP9 (31.7 ppm) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับตะกั่ว โดยทองแดงเป็นโลหะที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในความเข้มข้นระดับหนึ่ง แต่ถ้ามีความเข้มข้นมากเกินไปจะเป็นพิษ (Clark, 1992) ซึ่งในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาพบทองแดงเกินค่ามาตรฐานทุกสถานี จึงเป็นพื้นที่ที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ส่วนในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบว่า ทองแดงมีค่าอยู่ในช่วง 21.3-45.2 ppm (Figure 3) มีค่าเฉลี่ย 35.4±2.6 ppm โดยพบค่าของทองแดงเกินค่าร่างมาตรฐานเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานี TC1 (21.3 ppm) และมีแนวโน้มสูงขึ้นถึง 4 เท่าจากการศึกษาของพรศรี และคณะ (2559) (8.7 ppm) เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบทองแดงสูงที่สุดในสถานี TC6 (45.2 ppm) อีกทั้งมีค่าสูงในสถานี TC4 (44.1 ppm) และ TC9 (41.9 ppm) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนของทั้งสามสถานีที่มีค่าสูงอีกด้วย (13.6% 10.9% และ 17.5% ตามลำดับ) (Table 1)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทองแดงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (36.7±1.3 ppm) และปากแม่น้ำท่าจีน (35.4±2.6 ppm) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณทองแดงของทั้งสองปากแม่น้ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

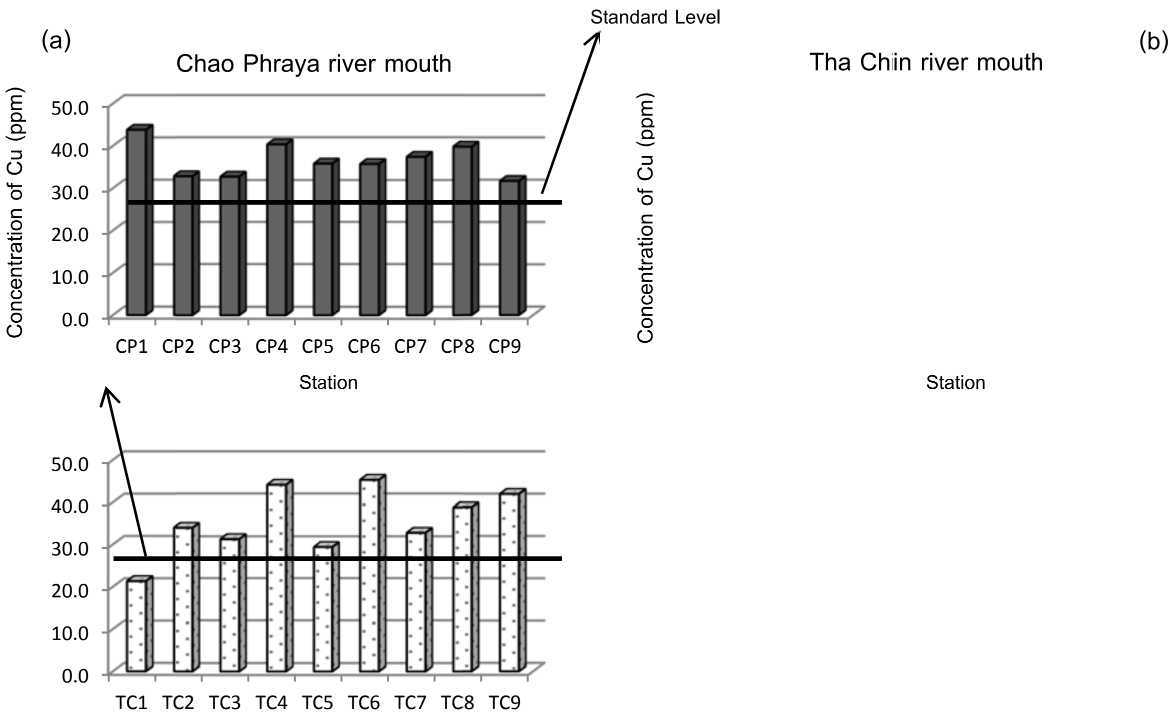


Figure 3 The concentration of copper (Cu) in Chao Phraya river (a) and Tha Chin river mouths (b) in April 2017.

สังกะสี (Zinc; Zn)

สังกะสีในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 101.7-164.4 ppm (Figure 4) มีค่าเฉลี่ย 137.3±24.3 ppm และมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการศึกษาของพรศรี และคณะ (2559) (90.5 ppm) โดยพบค่าสังกะสีเกินค่าร่างมาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเล (102 ppm) เกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานี CP3 (101.7 ppm) ในขณะที่ค่าสังกะสีสูงที่สุดพบที่สถานี CP4 (164.4 ppm) อีกทั้งพบมีค่าสูงในสถานี CP1 (161.6 ppm) และ CP8 (161.6 ppm) และมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่ห่างฝั่งออกไปในสถานี CP5 (152.9 ppm) และ CP9 (117.9 ppm) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับตะกั่ว และทองแดง

สังกะสีในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 74.8-160.8 ppm (Figure 4) มีค่าเฉลี่ย 125.6±29.8 ppm ซึ่งพบปริมาณสังกะสีสูงเกินค่าร่างมาตรฐานเกือบทุกสถานีเช่นเดียวกับปากแม่น้ำเจ้าพระยา และมีค่าสูงขึ้นจากการศึกษาของพรศรี และคณะ (2559) (53.4 ppm) ถึง 2.3 เท่า เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบค่าสังกะสีสูงที่สุดในสถานี TC6 (160.8 ppm) และพบมีค่าสูงในสถานี TC4 (157.0 ppm) และ TC8 (150.3 ppm) และพบค่าสังกะสีต่ำในสถานี TC1 (93.8 ppm)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสังกะสีของปากแม่น้ำเจ้าพระยา (137.3±24.3 ppm) และปากแม่น้ำท่าจีน (125.6±29.8 ppm) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณสังกะสีของทั้งสองปากแม่น้ำ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%

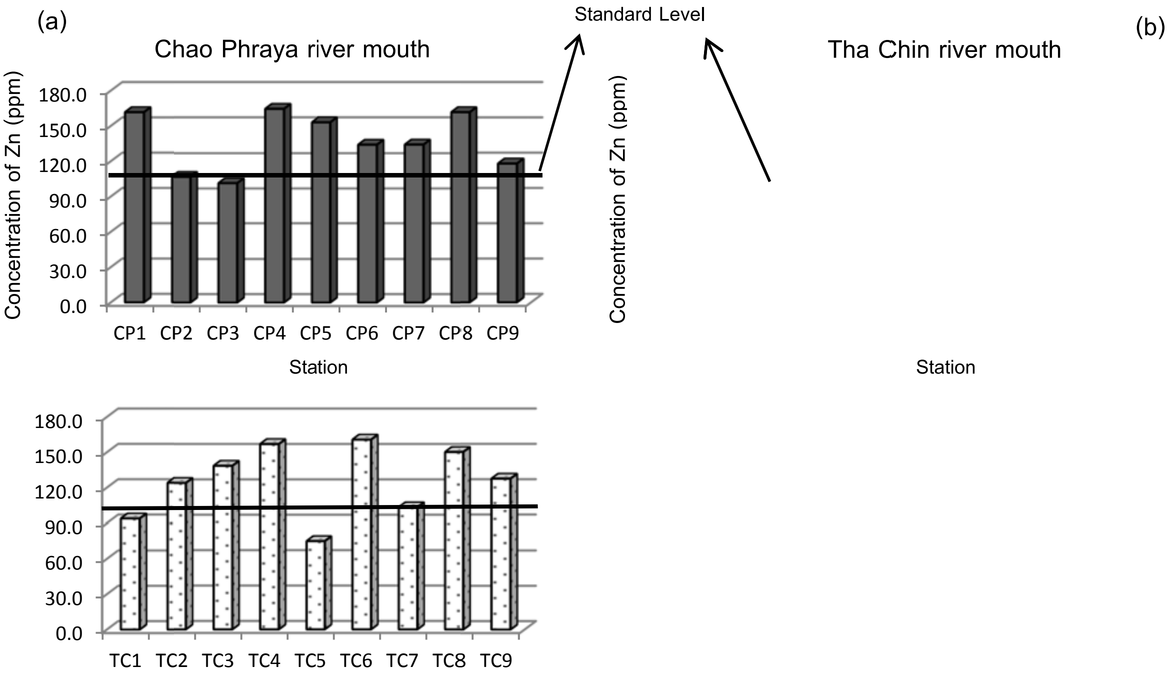


Figure 4 The concentration of zinc (Zn) in Chao Phraya river (a) and Tha Chin river mouths (b) in April 2017.

Table 1 Total organic matter (TOM) and concentration of heavy metals (Cd, Pb, Cu and Zn) in Chao Phraya river and Tha Chin river mouths in April 2017.

Region		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chaoy Phraya River	TOM (%)	10.1	9.6	9.6	10.3	7.2	9.7	7.3	6.4	11.4
(n=9)	Cd (ppm)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pb (ppm)	43.2	37.3	35.6	40.4	39.2	35.4	38.6	37.0	32.2
	Cu (ppm)	43.8	32.9	32.8	40.3	35.9	35.8	37.5	39.8	31.7
	Zn (ppm)	161.6	107.1	101.7	164.4	152.9	134.4	134.5	161.6	117.9
Tha Chin River	TOM (%)	5.3	11.4	8.9	10.9	10.2	13.6	10.0	9.7	17.5
(n=9)	Cd (ppm)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pb (ppm)	32.2	37.7	38.0	44.1	39.1	41.8	43.4	38.8	43.1
	Cu (ppm)	21.3	34.0	31.3	44.1	29.4	45.2	32.8	38.8	41.9
	Zn (ppm)	93.8	124.1	138.6	157.0	74.8	160.8	103.5	150.3	127.6

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า บริเวณที่มีการสะสมของโลหะหนักสูง มักจะพบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนสูง (สถานี CP1 CP4 CP8 TC6 TC4 และ TC9) เนื่องจากตะกอนมีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งกักเก็บมลสารในแหล่งน้ำ (Acevedo-Figueroa *et al*., 2006) อีกทั้งยังสามารถยึดเกาะหรือดูดซับมลสารซึ่งรวมถึงโลหะหนักไว้กับอนุภาคของตะกอน (Maanan *et al*., 2004) และนำพามลสารเหล่านี้ไปปลดปล่อยยังที่ต่าง ๆ ที่ตะกอนไปตกลง (Solomon and Förstner, 1984) ในบางบริเวณที่พบปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนสูง แต่ปริมาณโลหะหนักต่ำ เช่นสถานี CP9 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ไกลฝั่ง สามารถอธิบายได้ว่า สารอินทรีย์บางส่วนในบริเวณนั้นถูกพัดพามาจากแหล่งที่มีโลหะหนักต่ำ ยกตัวอย่างเช่น เกิดจากการตายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืช

และสัตว์ที่อาศัยในทะเล หรือขณะเจริญเติบโตจะเหลือโครงสร้างที่ไม่ย่อยสลายจมตัวลง กลายเป็นส่วนหนึ่งของตะกอนดินที่พบได้นอกฝั่ง (จารุมาศ, 2548) ส่วนในสถานี TC1 ถึงแม้เป็นสถานีที่พบโลหะหนักต่ำกว่าบริเวณอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนแล้วกลับพบว่า มีสัดส่วนของโลหะหนักที่สูง ซึ่งสถานีนี้มีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่ำเพียง 5.3% เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าในบริเวณดังกล่าวมีแหล่งกำเนิด (source) ของโลหะหนักที่มาก แต่เนื่องด้วยคุณสมบัติบางประการของดินตะกอนทำให้เกิดการสะสมตัวในดินตะกอนของปริมาณโลหะหนักไม่สูงมากนัก

สรุป

ปริมาณและการแพร่กระจายของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำท่าจีน พบว่า ปริมาณของทองแดง และสังกะสีมีค่าสูงเกินกว่าค่าร่างมาตรฐานตะกอนดินชายฝั่งทะเลที่กำหนดไว้ และมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการศึกษาในอดีตของพรศรี และคณะ (2559) ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาจะพบปริมาณโลหะหนักมีแนวโน้มลดลงเมื่อออกจากฝั่ง แสดงให้เห็นว่า โลหะหนักจะได้รับอิทธิพลมาจากแผ่นดิน ส่วนในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบว่า มีการแพร่กระจายของโลหะหนักสูงตลอดทั้งพื้นที่ แสดงให้เห็นว่า มีโอกาสในการได้รับโลหะหนักมาจากแหล่งอื่นนอกจากแผ่นดินอีกด้วย ทองแดงและสังกะสีในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน ควรได้รับการติดตาม เฝ้าระวัง และค้นหาที่มาเพื่อหาทางป้องกันสารมลพิษโลหะหนักที่ปนเปื้อนลงสู่ปากแม่น้ำ เพื่อความปลอดภัยต่อทรัพยากรธรรมชาติและผู้ใช้ประโยชน์บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และปากแม่น้ำท่าจีนรวมถึงอ่าวไทยตอนในต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สมาชิกจากห้องวิจัยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลรวมถึงสมาชิกจากห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการออกสำรวจ เก็บตัวอย่าง รวมถึงให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และความร่วมมือในการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2548**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.

กรมควบคุมมลพิษ. 2558. **ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล**. ลงวันที่ 9 ตุลาคม 2558.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. **ดินตะกอน**. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชินชาต โปร่งสระ. 2543. **ปริมาณโลหะหนักบางชนิด (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในสัตว์ทะเลที่เป็นอาหารบริเวณชายฝั่งโครงการบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรศรี มิ่งขวัญ, สุภกิจ จิ๋วเจริญ และ จักรพันธ์ หมอยาดี. 2559. **รายงานผลการดำเนินงานติดตามตรวจสอบคุณภาพตะกอนดินชายฝั่งทะเล ปี พ.ศ. 2559**. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร.

สาโรจน์ เริ่มดำริห์, สาวิตรี แกเรียสการ และ เกริก วงศ์สอนธรรม. 2550. **ปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน**. สถานีวิจัยประมงศรีราชา ฝ่ายสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา.

Acevedo-Figueroa, D.; Jimenéz, B.D. and Rodríguez-Sierra, C.J. 2006. “Trace metals in sediments of estuarine lagoons from Puerto Rico’. **Environmental Pollution.** 141 : 336-342.

Al-Rousan, S., Al-Taani, A., Rashdan, M., 2016. Effects of pollution on the geochemical properties of marine sediments across the fringing reef of Aqaba, Red Sea. Marine Pollution Bulletin 07718.

Clark, R.B. 1992. Marine Pollution. New. York: Oxford Clarendon Press. 172 p.

Hungspreugs, M. and C. Yuangthong. 1983. A history of metal pollution in the upper Gulf of Thailand. **Mar. Poll. Bull.** 14: 465-469.

Loring, D.H. and Rantala, R. T. T. 1995. **Manual for the geochemical analyses of marine sediemnts and suspended particulate matter.** Reference Methods for marine pollution Studies. No. 63. S.1, JAEA-UNEP. Monaco.

Maanan, M.; Zourarah, B.; Carruesco, C.;Aajjane, A. And Naud, J. 2004. “The distribution of heavy metal in the SIdi Moussa lagoon sediments (Atlantic Moroccan Coast)”. **Journal of African Earth Science.** 39 : 473-489

Shuqing Qiao, Xuefa Shi, Xisheng Fang, Shengfa Liu, Narumol Kornkanitnan, Jingjing Gao, Aimei Zhu, Limin Hu and Yonggui Yu. 2015. Heavy metal and clay mineral analyses in the sediments of Upper Gulf of Thailand and their implications on sedimentary provenance and dispersion pattern. **Journal of Asian Earth Sciences**. 114: 488–496.

Solomon, W. and Förstner, U.1984. **Metals in the Hydrocycle**. Spring-Verlag Berlin Heidelberg. 349 p.

Thongra-ar, W., Musika, Ch., Wongsudawan, W., Munhapol, A., 2008. **Heavy Metals Contamination in Sediments along the Eastern Coast of the Gulf of Thailand.**Environment Asia 1, 37 – 45.

Verardo, D., P.N. Froelich and A. McIntyre. 1990. Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba NA–1500 Analyzer. **Deep-Sea Res.** 37: 157-165.

คุณภาพดินตะกอนและสัตว์พื้นท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและเจ้าพระยา

Sediment Quality and Benthic Fauna Distribution in Tha Chin and Chao Phraya Estuaries

กชภพ สุขผล[1*] เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์[1] อรอิงค์ เวชสิทธิ์[1] ทรงเผ่า สมัชชานนท์[1] และนภาขวัญ แหวนเพชร[1]

Kochaphop Sukphol[1*], Shettapong Meksumpun[1], Oning Veschasit[1],

Songpao Samuchchanon[1] and Napakhwan Whanpetch[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพดินตะกอนและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและเจ้าพระยา โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสัตว์พื้นท้องน้ำและคุณภาพดินตะกอนปากแม่น้ำละ 6 สถานี รวมทั้งสิ้น 12 สถานี ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 จากผลการศึกษา พบว่า สัตว์พื้นท้องน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน มีทั้งสิ้น 3 ไฟลัม ได้แก่ Phylum Annelida (2 ครอบครัว), Mollusca (3 ครอบครัว) และ Arthropoda (1 ครอบครัว) ส่วนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบสัตว์พื้นท้องน้ำทั้งสิ้น 2 ไฟลัม ได้แก่ Phylum Annelida (5 ครอบครัว) และ Mollusca (6 ครอบครัว) ส่วนดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำเจ้าพระยานั้น ปริมาณซัลไฟด์รวมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.009-0.095 และ nd-0.015 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 8.92-17.49 และ 6.42-11.36 ตามลำดับ ผลการศึกษาในภาพรวม พบว่า พื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความหนาแน่นกับจำนวนของสัตว์พื้นท้องน้ำและดัชนีความหลากหลายสูงกว่าปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพดินตะกอนที่พบว่า ปากแม่น้ำท่าจีนมีภาวะทางมลพิษจาก AVS สูงกว่าปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ABSTRACT

Studied on sediment qualities and benthic fauna distribution was carried out by analysing of sediment samples for sediment qualities and benthic fauna distribution. The sediment samples from total of 12 sampling stations were collected in April 2017. This result showed that benthic fauna in the Tha chin estuary has totally 3 phylum as following; Annelida (3 Family), Mollusca (3 Family) and Arthropoda (1 Family) while the Chao Phraya estuaries was found 2 phylum of benthic fauna as following; Annelida (5 Family) and Mollusca (5 Family). In general, acid volatile sulfides in the Tha Chin and Chao Phraya estuaries ranged between 0.009-0.095 and nd-0.015 mg/g dw, respectively. The total organic matter ranged between 8.92-17.49% and 6.42-11.36%, respectively. Overall results indicated that the Chao Phraya estuary has density, diversity and biodiversity index of benthic fauna higher than that of the Tha Chin estuary. This occurrence due to the sediment quality of the Chao Phraya estuaries is better than that of the Tha chin estuary.

Key Words: benthic fauna, environmental factor, distribution, estuary

* Corresponding author; e-mail address: **ks2530@hotmail.com**

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Marine Science, Faculty of fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

แม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำเจ้าพระยาจัดได้ว่าเป็นสองในสี่แม่น้ำสายหลักในเขตพื้นที่อ่าวไทยตอนใน มีการไหลลงสู่ทะเลที่จังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดสมุทรปราการ มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 13,477.16 ตารางกิโลเมตร และ 20,523.42 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (ทิพย์นันท์, 2542; กาญจนา, 2558) จึงจัดได้ว่าเป็นแม่น้ำสายหลักที่มีความสำคัญ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและด้านสังคมต่อประชากรในเขตพื้นที่ทางภาคกลาง ทั้งนี้ ในสภาพปัจจุบันแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำเจ้าพระยาได้มีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการขยายตัวของชุมชน กิจกรรมด้านการเกษตร และโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากในเขตแม่น้ำทั้งสองแห่ง ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำและดินตะกอนให้เสื่อมโทรมลง เช่น การปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์ จนส่งผลให้ความหลากหลายและความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำลดลงอย่างต่อเนื่อง

สัตว์พื้นท้องน้ำจะมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางน้ำ เช่น เป็นตัวย่อยสลายอินทรียสาร และเป็นตัวชี้วัดคุณภาพและความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ ได้แก่ ไส้เดือนทะเลชนิด *Nepthys capensis* จะบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ (จุมพล และณิฏฐารัตน์, 2525)

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงคุณภาพดินตะกอนและสัตว์พื้นท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและเจ้าพระยา เพื่อทราบถึงการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินและคุณภาพดินตะกอนในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานจัดการใช้ประโยชน์ด้านทรัพยากรในพื้นที่ทางทะเลในอนาคตต่อไปได้

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์คุณภาพดินตะกอน

สำรวจเก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 6 สถานี แบ่งออกเป็นฝั่งตะวันตกและตะวันออกของปากแม่น้ำฝั่งละ 3 สถานี และบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 6 สถานี แบ่งออกเป็นฝั่งตะวันตกและตะวันออกของปากแม่น้ำฝั่งละ 3 สถานี รวมทั้งสิ้น 12 สถานี (Figure 1) ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 โดยทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-1 เซนติเมตร โดยใช้ Gravity core sampler แล้วทำการตัดดินโดยใช้แผ่น cut plate นำมาบรรจุใส่ถุงซิป เก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาภายในดินตะกอน และนำตัวอย่างกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย (ปริมาณซัลไฟด์รวมในดินตะกอน โดยหาในรูปของ Acid Volatile Sulfides ซึ่งตรวจวัดด้วย Sulfides Reactive column (จารุมาศ, 2548) ปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water Content) โดยวิธีของจารุมาศ (2548) และปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (Total Organic Matter) โดยวิธี Ignition loss (Verardo *et al*., 1990))

การเก็บตัวอย่างสัตว์พื้นท้องน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์พื้นท้องน้ำโดยใช้ Ekman grab ขนาด 15×15 เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 325 ไมโครเมตร เก็บรักษาตัวอย่างในฟอร์มาลีนเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาวิเคราะห์ทางชนิด และจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำในห้องปฏิบัติการ โดยจำแนกสัตว์กลุ่ม

ไส้เดือนทะเลตามวิธีการของ Day (1967) และกลุ่มหอยและครัสตาเชียนตามวิธีการของ Carpenter and Niem (1998)

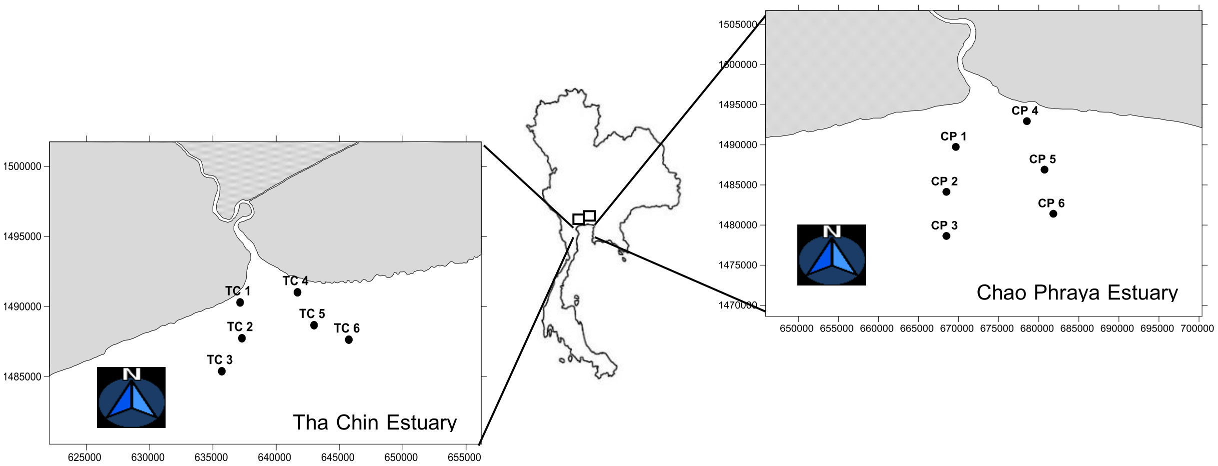


Figure 1. Location of sampling stations in Tha Chin and Chao Phraya estuaries during April 2017.

ผลการศึกษา

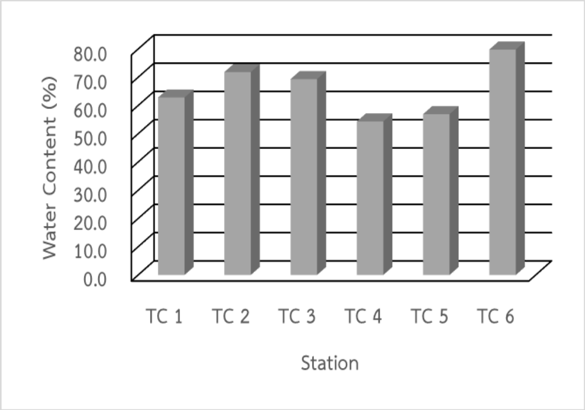
คุณภาพดินตะกอน

ปากแม่น้ำท่าจีน

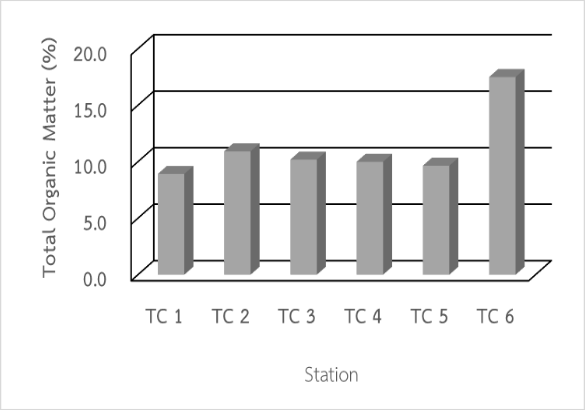
ปริมาณน้ำในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 54.3-79.8 ปริมาณต่ำสุดพบบริเวณสถานี TC4 (สถานีริมฝั่งตะวันออก) ส่วนค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี TC6 (สถานีนอกสุดตะวันออก) (Figure. 2A) ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องการศึกษาของกาญจนา (2558) ที่ได้ทำการศึกษาในแหล่งหอยพิม บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนโดยพบว่ามีปริมาณน้ำในดินมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 36.6-79.7 โดยพิจารณาลึกลงไปพบว่า ปริมาณน้ำในดินในสถานี TC1 TC4 และ TC5 ซึ่งอยู่ริมฝั่งทั้งสองด้านของปากแม่น้ำมีค่าร้อยละ 62.9, 54.3 และ 57.8 ตามลำดับ ดินตะกอนในบริเวณนี้จะมีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียด มีเปลือกหอยปนอยู่ในชั้นดินเป็นจำนวนมาก จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าในสถานี TC2 TC3 และ TC6 (ร้อยละ 71.8, 69.3 และ 79.8 ตามลำดับ) ซึ่งในสถานีดังกล่าวดินมีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียดและเหนียว

ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.92-17.49 โดยภาพรวม พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมในบริเวณดังกล่าวมีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง และมีค่าสอดคล้องกับการศึกษาของภัทราวุธ (2552) ที่พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนมีค่าร้อยละ 7.24-13.14 จากการศึกษาในครั้งนี้ พบค่าต่ำสุดที่สถานี TC1 (สถานีริมฝั่งตะวันตก) และค่าสูงสุดที่สถานี TC6 (สถานีแนวนอกฝั่งตะวันออก) (Figure. 2B) โดยปริมาณสารอินทรีย์รวมในสถานี TC1 TC2 TC3 TC4 และ TC5 มีปริมาณร้อยละ 8.92, 10.92, 10.19, 9.99 และ 9.65 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารอินทรีย์รวมในสถานี TC6 มีค่าสูงถึงร้อยละ 17.49 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง นอกจากนี้ยัง พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมที่พบในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าสอดคล้องกับปริมาณน้ำในดินตะกอน ซึ่งตามหลักการแล้วพารามิเตอร์ทั้งสองนี้จะมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

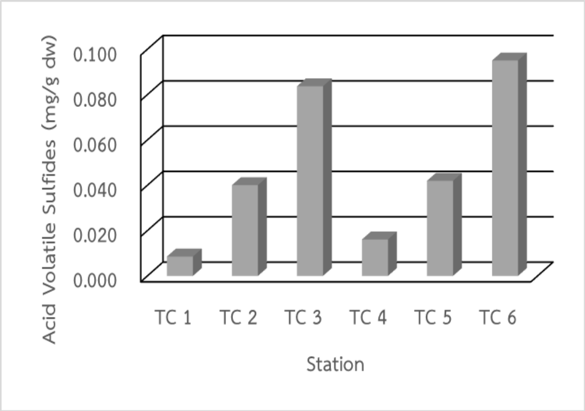
ส่วนปริมาณซัลไฟด์รวมในดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 0.009-0.095 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อจัดค่าระดับความเป็นพิษของซัลไฟด์ในดินตะกอนตามการศึกษาของจารุมาศและเชษฐพงษ์ (2552) ดินตะกอนในบริเวณดังกล่าวจะอยู่ในช่วงระดับการสะสมมลพิษต่ำจนถึงระดับการสะสมมลพิษปานกลาง โดยพบค่าต่ำสุดที่สถานี TC1 (สถานีริมฝั่งตะวันตก) และสูงสุดที่สถานี TC6 (สถานีแนวนอกสุดฝั่งตะวันออก) มีค่าสอดคล้องกับปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่พบค่าสูงสุดในสถานีนี้เช่นเดียวกัน (Figure. 2C) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอรอิงค์ (2551) ที่ศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบว่าปริมาณซัลไฟด์รวมในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน



A



B



C

Figure 2. Water Content (A), Total Organic Matter (B), Acid Volatile Sulfides (C) of sediments from sampling stations at Tha Chin estuary during April 2017.

ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ปริมาณน้ำในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 51.2-65.6 พบค่าต่ำสุดที่สถานี CP3 (สถานีแนวนอกฝั่งตะวันตก) และค่าสูงสุดอยู่ที่สถานี CP6 (สถานีแนวนอกฝั่งตะวันออก) (Figure.3A) ปริมาณน้ำในดินตะกอนในสถานี CP1 CP2 CP3 และ CP4 มีปริมาณร้อยละ 51.2, 57.8, 51.2 และ 58.20 ตามลำดับ ลักษณะดินในบริเวณดังกล่าว เป็นดินเนื้อละเอียดบริเวณผิวหน้าพบการปะปนของทรายละเอียด หรือตะกอนเบาสีน้ำตาลเหลือง ส่วนในสถานี CP5 และ CP6 ปริมาณน้ำในดินมีปริมาณร้อยละ 63.3

และ 65.6 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำในดินค่อนข้างสูง จะพบว่าลักษณะดินในบริเวณดังกล่าวจะเป็นดิน เนื้อละเอียด เป็นโคลนนุ่มมือ และจับตัวเป็นก้อนสีเทาปนเขียว ซึ่งมักจะมีเนื้อเดียวกันตลอดความลึก

ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.42-11.36 พบค่าต่ำสุดที่สถานี CP5 และค่าสูงสุดที่สถานี CP6 (สถานีแนวนอกฝั่งตะวันออก) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำในดินตะกอน (Figure. 3B) โดยภาพรวมพบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนในบริเวณดังกล่าว มีปริมาณอยู่ในช่วงระดับที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีปริมาณสอดคล้องกับการศึกษาของทิพย์นันท์ (2542) ที่พบค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินของแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีค่าร้อยละ 10.17

ส่วนปริมาณซัลไฟด์รวม มีค่าอยู่ในช่วง nd-0.015 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อจัดค่าระดับความเป็นพิษของซัลไฟด์ในดินตะกอน ตามการศึกษาของจารุมาศและเชษฐพงษ์ (2552) ดินตะกอนในบริเวณดังกล่าวจะอยู่ในช่วงระดับไม่มีการสะสมมลพิษจนถึงระดับการสะสมมลพิษต่ำ จะพบค่าต่ำสุดที่สถานี CP2 และสูงสุดที่สถานี CP 4 (สถานีริมฝั่งฝั่งตะวันออก) (Figure. 3C)

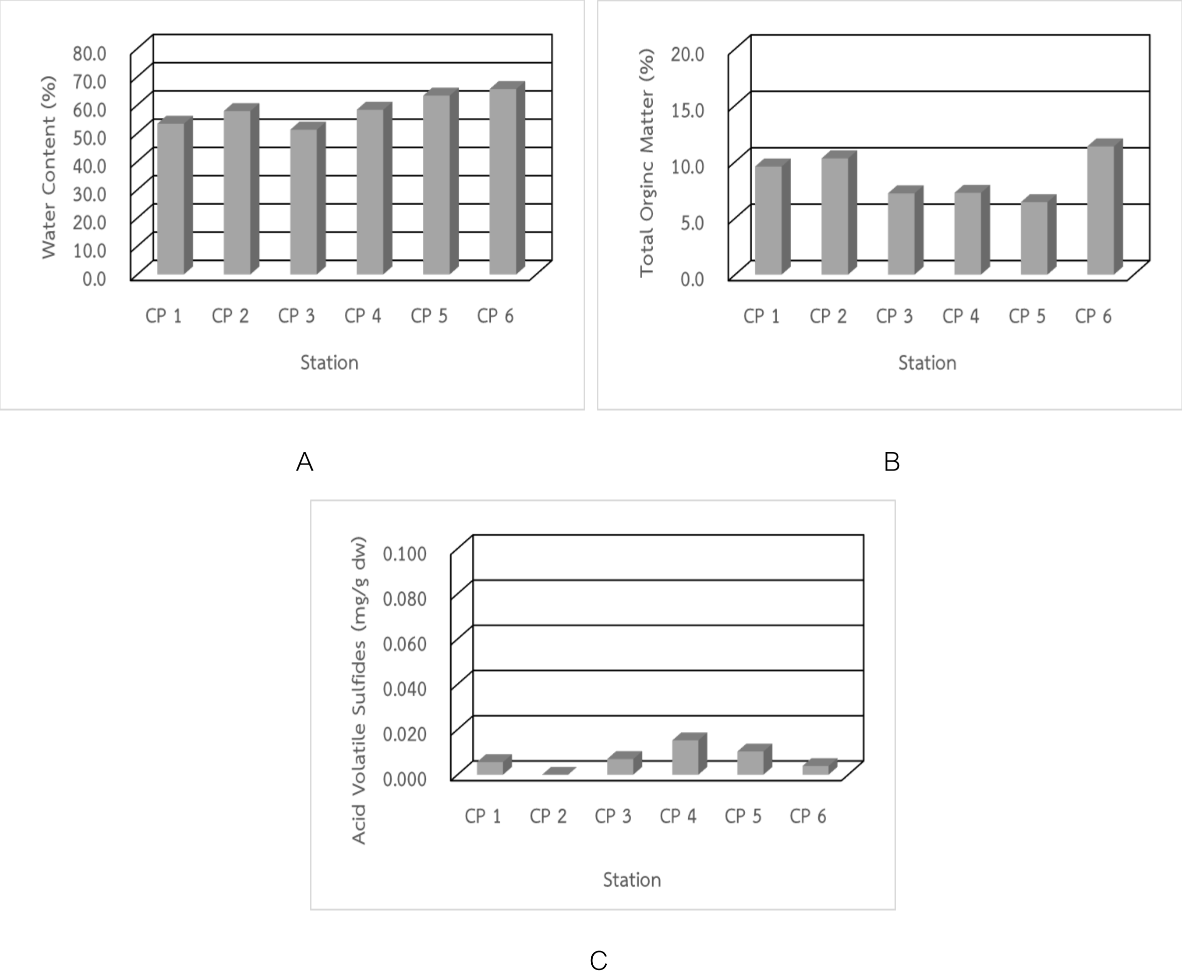


Figure 3. Water Content (A), Total Organic Matter (B), Acid Volatile Sulfides (C) sediments from sampling stations at Chao Phraya estuary during April 2017.

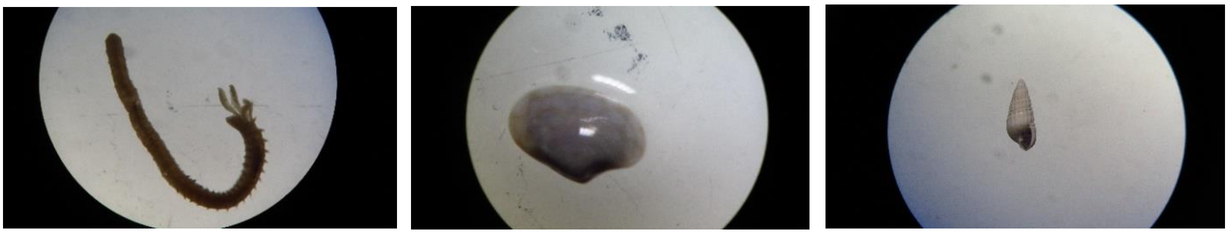
องค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำ ปากแม่น้ำท่าจีน

องค์ประกอบทางชนิด และความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำ (Benthic Fauna) ในบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน พบสัตว์พื้นท้องน้ำทั้งหมด 3 ไฟลัม 6 ครอบครัว (Table 1) ความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 44 - 267 ตัวต่อตารางเมตร โดยสัตว์พื้นท้องน้ำกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ได้แก่ หอยสองฝากลุ่ม Veneridae รองลงมาจะเป็นไส้เดือนทะเลกลุ่ม Spionidae และหอยฝาเดียวกลุ่ม Potamididae ตามลำดับ (Figure 4.)

Table 1 . A list of benthic fauna at Tha Chin (TC) and Chao Phraya (CP) estuaies, Thailand

Phylum	Class	Order	Family	TC	CP
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Pilargidae	+	-
			Syllidae	-	+
		Scolecida	Cossuridae	-	+
			Capitellidae	-	+
		Calnalipalpata	Spionidae	++	+++
		Terebellida	Sternaspidae	-	+
Arthropoda	Crustacea	Decapoda	Unidentifed Crustacea	+	-
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Potamididae	+	+
		Neogastropoda	Nassariidae	+	+
		Cephalaspidea	Bullidae	-	+
	Bivalve	Veneroida	Veneridae	++	+
			Mactridae	-	+
	Scaphopoda	Dentaliida	Dentaliidae	-	+

Remark (-) non-detected, (+)<100individual/m^2, (++)100-500 individual/m^2, (+++) >500 individual/m^2



(A) (B) (C)

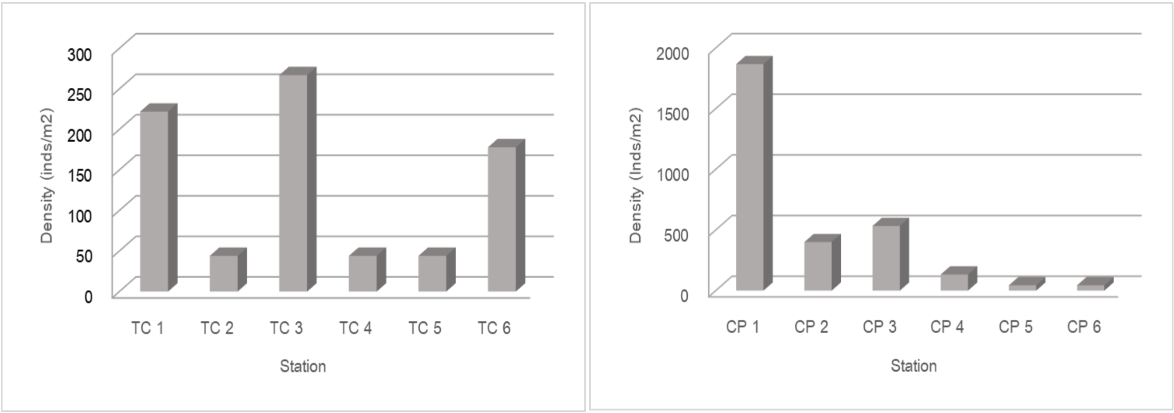
Figure 4. Benthic fauna of the found in Tha Chin estuary; Veneridae (A), Spionidae (B) and Potamididae (C)

โดยสถานีที่มีความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงสุด ได้แก่ TC3 (ซึ่งอยู่ช่วงปลายดอนของปากแม่น้ำฝั่งตะวันออก) รองลงได้แก่สถานี TC1 TC6 TC2 TC4 และ TC5 (267, 222, 178 และ 44 ตัวต่อตารางเมตร)

(Figure 5A.) ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') จะพบค่าสูงสุดที่สถานี TC3 (Table 2.) ซึ่งมีจำนวน 4 ชนิด (ค่าความหลากหลายเท่ากับ 1.40) ขณะที่สถานี TC1 เป็นสถานีที่มีจำนวนชนิดน้อยที่สุดคือ 3 (ค่าความหลากหลายเท่ากับ 1.33) ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์สารซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์พื้นท้องน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำในบริเวณนั้นด้วย (กาญจนา, 2558)

Table 2 . The Species Diversity Index (H') of Tha Chin (TC) and Chao Phraya (CP) estuaries, Thailand

Station	Species Diversity Index (H')	Station	Species Diversity Index (H')
TC 1	1.33	CP 1	0.74
TC 2	0.00	CP 2	1.58
TC 3	1.40	CP 3	1.29
TC 4	0.00	CP 4	1.10
TC 5	0.00	CP 5	0.00
TC 6	0.00	CP 6	0.00

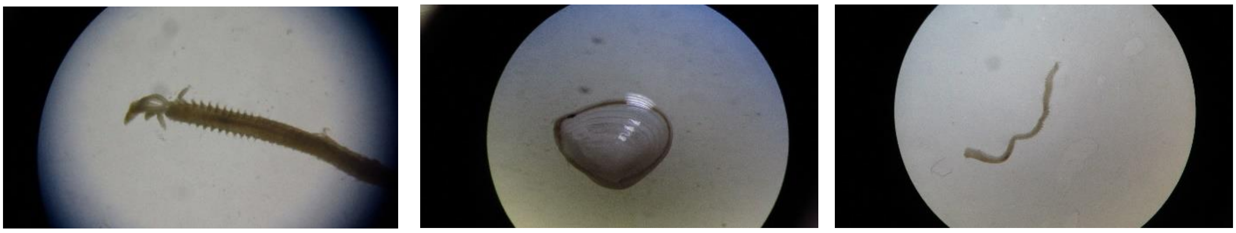


A B

Figure 5. Benthic fauna density in the sediments of Tha Chin estuary (A) and Chao Phraya Estuary (B)

ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

องค์ประกอบทางชนิดและความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำ (Benthic Fauna) ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบสัตว์พื้นท้องน้ำทั้งหมด 2 ไฟลัม 11 ครอบครัว (Table 1) ความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีค่าอยู่ในช่วง 44 – 1,867 ตัวต่อตารางเมตร โดยสัตว์พื้นท้องน้ำกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาได้แก่ ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Spionidae รองลงจะเป็นหอยสองฝากลุ่ม Mactridae และไส้เดือนทะเลกลุ่ม Capitellidae ตามลำดับ (Figure 6.)



(A) (B) (C)

Figure 6. Benthic fauna of the in Chao Phraya estuary; Spionidae (A), Mactridae (B) and Capitellidae (C)

โดยสถานีที่มีความหนาแน่นของสัตว์พื้นท้องน้ำสูง ได้แก่ CP1 ซึ่งอยู่ในช่วงพื้นที่ดอน รองมาได้แก่สถานี CP3 CP2 CP4 CP5 และ CP6 (1,867, 533, 400, 133 และ 44 ตัวต่อตารางเมตร) (Figure 5B.) ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') จะพบค่าสูงสุดที่สถานี CP2 ซึ่งมีจำนวน 3 ชนิด (ค่าความหลากหลายเท่ากับ 1.58) ขณะที่สถานี CP1 เป็นสถานีที่พบค่าต่ำสุดที่จำนวน 5 ชนิด โดยมีค่าความหลากหลายเท่ากับ 0.7 (Table 2.) เนื่องจากสถานีที่พบสัตว์พื้นท้องน้ำมีระดับของปริมาณซัลไฟด์อยู่ที่ช่วง 0.004-0.010 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จะทำให้ปริมาณของสัตว์พื้นท้องน้ำบริเวณนั้นลดน้อยลงเช่นกัน (จารุมาศ, 2548) ส่วนสถานีที่พบมากจะอยู่ในบริเวณสันดอนปากแม่น้ำ ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์สูง จึงเป็นแหล่งดึงดูดให้สัตว์พื้นท้องน้ำเข้ามาอยู่อาศัยได้มาก (ทิพย์นันท์, 2542)

วิจารณ์ผลการศึกษา

ปากแม่น้ำท่าจีน

จากการศึกษาสัตว์พื้นท้องน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนจะพบหอยสองฝากลุ่ม Veneridae เป็นกลุ่มเด่น โดยเป็นกลุ่มหอยเศรษฐกิจ เช่น หอยลาย และหอยตลับ ซึ่งพบลูกหอยและหอยตัวเต็มวัยเป็นส่วนใหญ่โดยสอดคล้องกับการศึกษาของนิตยา (2554) ที่พบหอยทะเลสองฝาที่เป็นกลุ่มหอยเศรษฐกิจเช่น หอยลาย โดยพบพื้นที่ ๆ มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินประมาณร้อยละ 10 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหอยลาย (มาลาและจิตนา, 2548) รวมทั้งพบไส้เดือนทะเลกลุ่ม Spionidae ซึ่งเป็นกลุ่มที่กินอาหารบริเวณผิวหน้าดิน (deposit and suspension feeder) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน โดยสัตว์กลุ่มนี้พบในพื้นที่ ๆ มีปริมาณสารอินทรีย์สูง (ร้อยละ 9.09±5.96) และปริมาณซัลไฟด์รวม (0.50±0.53 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) (กาญจนา, 2558) ขณะที่ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด (H') พบว่ามีค่าในช่วง 0–1.40 เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานความอุดมสมบูรณ์สิ่งมีชีวิตของ Labrune *et al.* (2006) พบว่าอยู่ในค่าต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนิตยา (2554) ที่พบค่าในช่วง 0–2.075 ดังนั้นในบริเวณที่ศึกษาจึงมีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสัตว์พื้นท้องน้ำหลากชนิดและแต่ละชนิดมีความใกล้เคียงกัน (นิตยา, 2554)

ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

การศึกษาพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาพบไส้เดือนทะเลกลุ่ม spionidae เป็นกลุ่มเด่น (วฤชา, 2549) โดยพบในช่วงปริมาณสารอินทรีย์ร้อยละ 6.42–10.30 และปริมาณซัลไฟด์รวมอยู่ในช่วง nd-0.015 มิลลิกรัมต่อกรัม

น้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับจารุมาศ (2548) ที่รายงานไว้ว่า Spionids และ Captellids พบเพิ่มมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนในดินและปริมาณซัลไฟด์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสัตว์พื้นท้องน้ำกลุ่มนี้จัดเป็นดัชนีชี้แสดงมลภาวะทางอินทรีย์สาร (Pollution indicator species) ในดินตะกอนได้ นอกจากนี้ยังพบหอยกลุ่ม Mollusca ทั้งกลุ่มหอยสองฝา หอยฝาเดียว และหอยงาช้าง ซึ่งจะมีการกระจายตัวตามสถานีที่พบ ซึ่งอาจมีปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มหรือลดลงของประชากรกลุ่ม Mollusca เช่น ฤดูกาลสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำหรือปริมาณอินทรีย์สารในดินตะกอนตามสถานีศึกษา เป็นต้น (ทิพย์นันท์, 2544) เมื่อเทียบกับค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด (H') สามารถบอกได้ว่าในสถานี CP1 อยู่ในพื้นที่ดอนทางฝั่งตะวันออกมีค่าความหลากหลายเท่ากับ 0.74 ซึ่งมีค่ามากกว่าการศึกษาของทิพย์นันท์ (2542) ที่สำรวจบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ที่ 0.65 ขณะที่สถานี CP2–CP4 มีค่าอยู่ในช่วง 1.58-1.10 เมื่อเทียบค่ามาตรฐานความอุดมสมบูรณ์สิ่งมีชีวิตของ Labrune *et al.* (2006) พบว่า อยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนความหนาแน่นในสถานี CP 1 มีความแตกต่างกันในตัวอย่างทั้งหมด จึงมีค่าความสม่ำเสมอสูงกว่าในสถานีอื่น ๆ ซึ่งจากค่าที่ต่ำจะสามารถกล่าวได้ว่าในสภาพแวดล้อมนั้นมีปริมาณของสัตว์พื้นท้องน้ำที่มีความแตกต่างกันมากหรืออาจมีชนิดเด่นที่สามารถทนทานต่อสิ่งแวดล้อมได้ (นิตยา, 2554)

สรุป

พื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงกว่าปากแม่น้ำท่าจีน เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความหลากหลาย รวมทั้งคุณภาพดินตะกอนพบว่าปากแม่น้ำท่าจีนมีภาวะมลพิษจาก AVS สูงกว่าปากแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ทั้งสองต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการศึกษาค้นคว้าวิจัยจากมูลนิธิพระบรมราชานุสรณ์พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัวและสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี ทั้งนี้ขอขอบคุณทีมห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล และห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมทางน้ำและดินตะกอน ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

Carpenter, K.E., and Niem, V.H. 1998. The Living Maine Resources of Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, Coral, Bivalves and Gastropod. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Day, J.H. 1967. A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part 1. Errantia. Trustees of The British Museum (Natural History), London.

Labrune, C., Amouroux, J.M., Sarda, R., Dutrieux, E., Thorin, S., Rosenberg, R., Grémare, A., 2006. Characterization of the ecological quality of the coastal Gulf of Lions (NW Mediterranean). A comparative approach based on three biotic indices. **Mar. Pollut. Bull.** 52 (1), 34–47.

Verardo, D., P.N. Froelich and A. McIntyre. 1990. Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba NA–1500 Analyzer. **Deep-Sea Research.** 37: 157-165.

กาญจนา เม่งช่วย. 2558. **บทบาทของปัจจัยแวดล้อมต่อความอุดมสมบูรณ์ของประชากรหอยพิม กรณีศึกษา พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. **ดินตะกอน**. ภาควิชาชีววิทยาทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และเชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2552. การศึกษาพัฒนาเกณฑ์คุณภาพน้ำและดินตะกอนพื้นท้องน้ำเพื่อประเมินสถานการณ์ยูโทรฟิเคชันและมลภาวะทางน้ำ : กรณีศึกษาระบบนิเวศแม่น้ำและปากแม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางประกงและแม่น้ำเวฬุ. **การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่** 8. มหาวิทยาลัยสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

จุมพล สงวนสิน และณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2525. **ค่าดัชนีความแตกต่างในกลุ่มสัตว์ทะเลหน้าดินในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนที่ใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำ.** กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ทิพย์นันท์ งามประหยัด. 2542. **ความชุกชุม ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินและคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยา ฤทธิ์นิ่ม. 2554. **การประเมินศักยภาพการผลิตทรัพยากรพื้นท้องน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา. 2552. **การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำเพื่อการอนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรหอยลาย : กรณีศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน.** วารสารวิจัยเทคโนโลยีกรมประมงปีที่ 3 ฉบับที่ 3. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาลา สุพงษ์พันธุ์ และจิตนา จินตนาลิขิต. 2548. **การทำประมงหอยลายและการสำรวจหอยลายร่วมกับชาวประมง.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 9. กลุ่มอำนวยการและประสานงานวิชาการ กรมประมง กระทรวงเกษรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วฤชา กาญจนอักษร และศรัณย์ เพชรพิรุณ. 2549. สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่** 44 **(สาขาประมง)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอิงค์ เวชสิทธิ์. 2551. **การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และพรรณไม้น้ำบางชนิดบริเวณแม่น้ำท่าจีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ความหลากชนิดและความชุกชุมของปูจากอวนจมปู จ.ตราด

Species Richness and Abundance of Crabs from Bottom Gill Net in Trat Province

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์[1*] ฐิติกร บุญทองใหม่[1] และวชิระ ใจงาม[2]
Puntip Wisespongpand[1*], Thitikorn Boontongmai[1] and Wachirah Jaingam[2]

บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของปูที่ได้จากอวนจมปู จ.ตราด จำนวน 6 สถานีเก็บตัวอย่างจากชายฝั่ง จ. ตราดจนถึงเกาะกูด พบว่ามีความหลากชนิดของปูทั้งสิ้น 65 ชนิด 43 สกุล และ 17 วงศ์ วงศ์ที่มีความหลากชนิดที่สุด คือ Portunidae ซึ่งพบปูถึง 16 ชนิด ปูที่เป็นชนิดเด่นแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้าง คือ ปูม้า (*Portunus pelagicus*) และปูก้ามหัก (*Macropthalmus latreillei*) ปูที่เป็นชนิดหายากและแพร่กระจายจำกัดเฉพาะบางสถานีมีความหลากชนิดมากที่สุดและมีปูที่น่าสนใจ ได้แก่ จักจั่นทะเล (*Albunea symnysta*) ปูฤาษีตุ่ม (*Calappa capellonis*) ปูกระดุมหนาม (*Arcania erinaceus*) ปูก้ามยาวยักษ์ (*Daldorfia horrida*) และปูหัวลูกศร (*Gonatonotus pentagonus*) สถานีเก็บตัวอย่างที่พบปูหลากชนิดที่สุดคือแหลมสนและอ่าวสลัด โดยพบปู 44 และ 36 ชนิด ทั้งนี้ยังพบว่าความหลากชนิดของปูกลุ่มที่เหลือทิ้งและไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์มีมากที่สุดถึงร้อยละ 81.26 ของจำนวนชนิดปูทั้งหมด และปูที่พบชุกชุมมากและเป็นปูเหลือทิ้งคือปูก้ามหัก (*M. latreillei*) และปูเป้เล็ก (*Dorippoides facchino*) และยังพบสัตว์น้ำอื่นๆ ติดมากับอวนจมปูอีกกว่า 42 ชนิด โดยชนิดที่พบในปริมาณมาก คือ หอยหนามเล็ก (*Murex trapa*) และเม่นหนามดินสอ (*Prionocidaris* sp.) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอวนจมปูมีแนวโน้มที่จะคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ทะเล ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาพัฒนานำปูอื่น ๆ ที่เหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น รวมทั้งเสริมสร้างความตระหนักในการคุ้มครองและอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของปูและสัตว์ทะเลอื่น ๆ ที่ติดมากับอวนจมปู

ABSTRACT

The species richness and abundance of crabs collected from bottom gill net in Trat province were studied. The specimens were collected from 6 stations along Trat's coast through Koh Kood. The species richness were totally 65 species, 43 genera and 17 families. Family Portunidae showed the maximum species richness at 16 species. The dominant species and widely distributed were only *Portunus pelagicus* and *Macropthalmus latreillei.* The rare species and found only in limited stations had the highest species richness, and the most interesting species were *Albunea symnysta*, *Calappa capellonis*, *Arcania erinaceus, Daldorfia horrida* and *Gonatonotus pentagonus*. The station which had high species richness were belonged to Laem son and Ao Salad with the numbers of 44 and 36 species, respectively. The waste crabs had the highest species richness at 81.26% of total numbers of species. The most abundant waste crabs were *M. latreillei* and *Dorippoides facchino*. The species composition caught by these bottom gill net were almost 42 species and the most abundant were stout-spine murex (*Murex trapa*) and pencil-spine sea urchin (*Prionocidaris* sp.), indicated that the bottom gill net activity had posed as a threat to the diversity of marine organisms. The wasts crabs should be promoted for usage. Criteria for protection and conservation the diversity of crabs and others animals caught by bottom gill net should be concerned.

Key Words : Crab, Bottom gill net, Trat

*Corresponding author; e-mail address: ffisptp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok
[2]พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาประมง ฝ่ายสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]Museum of Fisheries (Natural history), Academic supporting division, Faculty of Fisheries, Kasetsart University

คำนำ

ปูเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเลที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงกลุ่มหนึ่ง มนุษย์ได้นำปูมาใช้ประโยชน์หลากหลายด้าน เช่น อาหาร ประมง เพาะเลี้ยง อุตสาหกรรมแช่แข็งและกระป๋อง อุตสาหกรรมผลิตไคโตซาน และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Ng, 1998) ความหลากหลายทางชีวภาพของปูยังมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเล ทำให้เกิดห่วงโซ่อาหารและความสัมพันธ์ของการอาศัยอยู่ร่วมกันที่ซับซ้อน ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารและการไหลของพลังงานในระบบนิเวศ เพิ่มปริมาณออกซิเจนในดิน เพิ่มอัตราการย่อยสลายในดิน รวมทั้งทำให้ผืนน้ำใสสะอาด (Warner, 1977)

รายงานความหลากหลายทางชีวภาพของปูในประเทศไทยน่าจะมีไม่น้อยกว่า 715 ชนิด โดยส่วนใหญ่เป็นปูที่อาศัยในทะเลถึง 613 ชนิด (Naiyanetr, 2007) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ปูเป็นสัตว์ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง เนื่องมาจากความสามารถของปูในการอาศัยในที่อยู่อาศัยที่หลากหลายตั้งแต่ระบบนิเวศชายฝั่งไปจนถึงทะเลลึก โดยปูที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นทะเลนอกชายฝั่งเป็นปูที่พบมากที่สุด (Naiyanetr, 2007) การเก็บตัวอย่างปูกลุ่มนี้สามารถเก็บจากเครื่องมืออวนจมปู อวนลาก และอวนรุน โดยอวนจมปูเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างปูเพื่อใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถเก็บตัวอย่างที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ครบถ้วน และการเก็บหนึ่งครั้งจะได้ปูหลากชนิดและบางชนิดมีปริมาณมาก (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556; 2559) อวนจมปูเป็นเครื่องมือประมงประเภทอวนติด โดยการวางผืนอวนให้อยู่กับที่บริเวณหน้าดินและปล่อยอวนทิ้งไว้ในน้ำเพื่อให้ปูว่ายมาชนและติดตาอวน (สมพร, 2532) จึงทำให้มีสัตว์น้ำอีกหลากหลายชนิดที่ติดมากับอวนจมปูด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มปูด้วยกันเอง มีการศึกษาพบว่านอกจากปูม้าที่เป็นปูกลุ่มเป้าหมายที่ชาวประมงต้องการ ยังพบว่ามีปูชนิดอื่น ๆ ติดมากับอวนจมปูกว่า 100 ชนิด (เรืองฤทธิ์, 2547; วชิระ และ คณะ, 2550; พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556; 2559) ซึ่งปูอื่น ๆ ที่ติดมากับอวนจมปูเหล่านี้มักจะเป็นปูที่ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ส่วนใหญ่จะเป็นปูที่ชาวประมงปลดทิ้งและไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด และยังพบสัตว์น้ำอื่น ๆ ซึ่งอาจมีปริมาณสูงถึง 35% ของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมด (วุฒิชัย และ คณะ, 2550)

ชายฝั่งจังหวัดตราดมีเกาะหลากหลายเกาะที่สำคัญ ได้แก่ หมู่เกาะช้างและหมู่เกาะกูด ซึ่งบริเวณพื้นทะเลใกล้ชายฝั่งรวมทั้งซอกหินซอกปะการังเป็นที่อยู่ที่สำคัญของปู ตราดยังเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการจับปูได้ในปริมาณสูงที่สุดในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันออก โดยในปี 2558 มีปริมาณปูที่จับได้ 135 ตัน และเครื่องมือหลักที่ใช้ในการจับปูในจังหวัดตราดก็คืออวนจมปู (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2560) การศึกษานี้เป็นการศึกษาต่อยอดจากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปูใน จ. ระยองและ จ. ชลบุรี (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556; 2559) ซึ่งเมื่อรวมการศึกษานี้จะทำให้ได้องค์ความรู้ความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งภาคตะวันออกของอ่าวไทยด้วย การศึกษานี้ยังได้ทำการประเมินการใช้ประโยชน์และการศึกษาองค์ประกอบสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ติดมากับอวนจมปูเพื่อประเมินภาวการณ์คุกคามความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่ง จ.ตราดด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างปู

เก็บตัวอย่างปูจากอวนจมปูตั้งแต่ชายฝั่ง จ.ตราด ไปจนถึงเกาะกูด เป็นสถานีที่อยู่บริเวณชายฝั่ง จ.ตราด 4 สถานี คือ แหลมงอบ แหลมสน อ่าวใหญ่ และแหลมทองหลาง และบริเวณเกาะกูด 2 สถานี คือ อ่าวสลัดและอ่าวคลองมาด ซึ่งชาวประมงจะวางอวนครอบคลุมบริเวณหน้าหมู่เกาะช้างและหน้าหมู่เกาะกูด โดยบริเวณหน้าอ่าวแต่ละอ่าวส่วนใหญ่เป็นพื้นทะเลที่เป็นทราย ส่วนบริเวณรอบเกาะมักอยู่ใกล้โขดหินและแนวปะการัง ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของปู เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2557- มีนาคม 2559 รวม 5 ครั้ง

ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์ตะขอเกี่ยวและมือในการแกะปูจากอวนจมปู โดยจะต้องเก็บตัวอย่างให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ให้มีรยางค์ต่าง ๆ ครบถ้วน และเก็บให้ได้ตัวผู้และตัวเมียอย่างน้อย 1 คู่ ถ่ายรูปตัวอย่างปูที่ยังคงสีสันเดิมพร้อมสเกลทั้งด้านกระดอง ด้านท้อง ด้านหน้าและด้านหลังของตัวปู จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างในเอทธิลแอลกอฮอล์ 70% เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดทางอนุกรมวิธานต่อไป

การจัดจำแนกชนิดทางอนุกรมวิธาน

การจัดลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานของปูจัดตาม Naiyanetr (2007) และจำแนกชนิดทางอนุกรมวิธานตามคู่มือและหนังสือ เช่น ศุภลักษณ์ (2532), ธนาคม (2544), เรืองฤทธิ์ (2558), Alcock (1895), Rathbun (1910), Serene (1965), Griffin (1974), Dai and Yang (1991), Ng (1998), Osawa (2007) เป็นต้น

การศึกษาความชุกชุมของปูและสถานภาพปู

นับจำนวนปูที่พบในแต่ละสถานี โดยกำหนดเป็นระดับความชุกชุม คือ น้อย (+) ปานกลาง (++) และมาก (+++) ซึ่งแต่ละระดับจะมีจำนวนปูคือ 1-3, 4-10 และ >10 ตัว ต่อการสำรวจในอวน 1 ปั้นซึ่งมีผืนอวนยาวประมาณ 100 เมตร สุ่มนับจำนวน 3 ปั้นต่อสถานี จากนั้นกำหนดเกณฑ์สถานภาพของปูเป็น 3 ระดับ คือ

1. ปูที่เป็นชนิดเด่น (dominance species) หมายถึง ปูที่มีความชุกชุมในแต่ละสถานีสำรวจปานกลางถึงมากและจำนวนสถานีที่พบอย่างน้อย 70% ของจำนวนสถานีทั้งหมด

2. ปูที่พบทั่วไป (common species) หมายถึง ปูที่มีความชุกชุมในแต่ละสถานีสำรวจน้อยถึงมาก และจำนวนสถานีที่พบมากกว่า 50 % ของจำนวนสถานีสำรวจทั้งหมด

3. ปูที่พบน้อยมาก (rare species) หมายถึง ปูที่มีความชุกชุมในแต่ละสถานีสำรวจน้อยหรือปานกลางและจำนวนสถานีที่พบน้อยกว่า 50 % ของจำนวนสถานีสำรวจทั้งหมด

การศึกษาองค์ประกอบสัตว์น้ำอื่นๆ

ในระหว่างที่เก็บตัวอย่างปูเพื่อศึกษาความหลากชนิด จะเก็บตัวอย่างและนับจำนวนสัตว์น้ำอื่นๆ ที่ติดมากับอวนปู เพื่อนำข้อมูลไปประเมินการคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่จับได้จากอวนจมปู

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความหลากชนิด ความชุกชุม และการแพร่กระจายของปูที่ได้จากอวนจมปู จ.ตราด

ความหลากชนิดของปูจากอวนจมปู จ.ตราด พบปูทั้งสิ้น 65 ชนิด 43 สกุล และ 17 วงศ์ (Table 1) เป็นปูไม่แท้จริง (anomura) 13 ชนิด และปูแท้จริง (Brachyura) 52 ชนิด โดยวงศ์ที่มีความหลากชนิดที่สุด คือ Portunidae ซึ่งพบปู 16 ชนิด ในขณะที่กลุ่มปูไม่แท้จริงพบปูในวงศ์ Porcellanidae หลากชนิดที่สุด โดยเฉพาะกลุ่มปูตัวแบนที่อาศัยอยู่ในฟองน้ำ ซึ่งจะพบว่าที่สถานีอ่าวสลัดบนเกาะกูดซึ่งยังคงมีแนวปะการังอยู่ จึงมีฟองน้ำหลายชนิดที่มีปูอาศัยอยู่ติดมากับอวนจมปูด้วย สำหรับสกุลที่พบปูหลากชนิดที่สุดคือ *Charybdis* ที่พบปู 7 ชนิด นอกจากนั้นยังพบว่าปูมีการแพร่กระจายแตกต่างกันไป โดยสถานีที่พบปูหลากชนิดที่สุดคือแหลมสนซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ชายฝั่ง จ.ตราด พบปู 43 ชนิด ส่วนสถานีอ่าวสลัด พบปูรองลงมาคือ 36 ชนิด ซึ่งสถานีอ่าวสลัดเป็นบริเวณที่ชาวประมงทำประมงรอบๆ เกาะกูดและเกาะไม้ซี้ ซึ่งมีแนวปะการังและกองหิน ทำให้พบปูหลากชนิด ส่วนสถานีแหลมสนมีการวางอวนเป็นบริเวณกว้างและเรือบางลำวางอวนมาถึงบริเวณเกาะกูดด้วย จึงทำให้มีความหลากชนิดคล้ายคลึงกับสถานีอ่าวสลัดบนเกาะกูด ส่วนสถานีอื่น ๆ พบปูระหว่าง 8-16 ชนิดเท่านั้น ทั้งนี้สถานีที่อยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของตราด ถึงแม้จะมีหมู่เกาะช้างซึ่งน่าจะมีซอกหินซอกปะการังที่เป็นที่อยู่ของปู แต่เนื่องจากหมู่เกาะช้างเป็นส่วนหนึ่งของอุทยานแห่งชาติ ซึ่งไม่อนุญาตให้ทำการประมงในเขตเกาะช้างได้ จึงทำให้การทำประมงอวนจมปูอยู่บริเวณพื้นทะเลใกล้ ๆ กับฝั่งเท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบกับรายชื่อปูที่พบใน จ.ตราด เกาะกูด เกาะหมาก ที่รวบรวมโดย Naiyanetr (2007) พบปูถึง 186 ชนิด ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามีการศึกษามาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1910 โดย Rathbun ภายใต้โครงการ The

Danish Expedition to Siam ซึ่งน่าจะเป็นช่วงเวลาที่ทะเลยังมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ และมีการเก็บตัวอย่างด้วยอวนลากด้วย ทั้งนี้ความหลากชนิดของปูที่ได้จากอวนจมปู จ.ตราดมีความใกล้เคียงกับ จ.ชลบุรีที่พบปู 68 ชนิด (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2559) แต่น้อยกว่าบริเวณ จ.ระยอง ที่พบปูจากอวนจมปู 83 ชนิด (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556) ซึ่งลักษณะพื้นท้องทะเลที่แตกต่างกันน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความหลากหลายของปูบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยภาคตะวันออกนี้แตกต่างกันไป

ปูที่พบเป็นปูชนิดเด่นพบชุกชุมมากและพบแพร่กระจายทุกสถานีมีเพียงปูม้า (*P. pelagicus*) ซึ่งเป็นปูเป้าหมายและเป็นปูเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุด และมีปูอีกหนึ่งชนิดคือ ปูก้ามหัก (*M. latrellei*) ที่เป็นปูชนิดเด่นโดยส่วนใหญ่พบบริเวณชายฝั่งตราดไม่พบบริเวณเกาะกูด ปูชนิดนี้พบมากแต่เป็นปูที่เหลือทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ เลย ส่วนปูที่มีสถานภาพพบทั่วไปมี 10 ชนิด (Table 1) ดังนั้นปูส่วนใหญ่ที่ได้จากอวนจมปู จ.ตราด จึงเป็นกลุ่มปูหายาก โดยมีปูที่มีความน่าสนใจเนื่องจากเป็นปูหายากที่ไม่ค่อยพบในพื้นที่การศึกษาอื่นๆ ได้แก่ จักจั่นทะเล (*A. symnysta*) ปูกระดุมหนาม (*A. erinaceus*) ปูฤาษีตุ่ม (*C. capellonis*) ปูก้ามยาวยักษ์ (*D. horrida*) และปูหัวลูกศร (*G. pentagonus*) ปูที่พบน้อยมากเหล่านี้เป็นปูที่ควรให้ความสนใจ เนื่องจากมีโอกาสที่จะสูญพันธ์ได้ โดยเฉพาะปูก้ามยาวยักษ์และปูฤาษีตุ่ม เป็นปูที่ไม่พบในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกันคือหมู่เกาะล้านและหมู่เกาะมันเลย และจาก Checklist รายงานพบปูชนิดนี้บริเวณเกาะสมุยและภูเก็ต (Naiyanetr, 2007)

การใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปู

เมื่อจำแนกปูเป็น 3 กลุ่มตามการใช้ประโยชน์โดยแบ่งเป็น ปูกลุ่มเป้าหมายเป็นปูที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมในการนำมาบริโภค ปูกลุ่มผลพลอยได้เป็นปูที่ไม่นิยมบริโภคทั้งตัว แต่จะนำมาแกะเอาเนื้อของปูไปใช้ประโยชน์ และปูกลุ่มเหลือทิ้งที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจะพบว่าอวนจมปู จ.ตราดมีปูแต่ละกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 4.68, 14.06 และ 81.26 ตามลำดับ โดยเป็นกลุ่มปูเป้าหมายที่เป็นปูเศรษฐกิจเพียงไม่กี่ชนิด เช่น ปูม้า (*P. pelagicus*) ปูกางเขน (*C. feriatus*) และปูทะเล (*S. olivacea*) เช่นเดียวกับบริเวณ จ.ระยองและ จ.ชลบุรี สำหรับปูกลุ่มที่ส่วนใหญ่จะแกะเอาเนื้อขาย ส่วนใหญ่เป็นปูขนาดเล็กในวงศ์ Portunidae ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับปูม้า โดยปูที่สำคัญคือปูก้านตายาว (*P. vigil*) ซึ่งมีปริมาณสูงมากในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม กลุ่มปูกะตอยที่อยู่ในสกุล *Charybdis* ซึ่งเป็นสกุลที่พบปูหลากชนิดที่สุดถึง 8 ชนิด รวมทั้งที่หมู่บ้านชาวประมงบนเกาะกูดมีการหักเฉพาะส่วนของก้ามของปูบางชนิดมาขายมากขึ้น เช่น ปูฤาษีจุด (*C. philargius*)

ปูส่วนใหญ่ที่ถูกจับจากอวนจมปูเป็นปูกลุ่มเหลือทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ หลากชนิดที่สุด และในบางครั้งมีปริมาณมากกว่ากลุ่มปูเป้าหมายอีก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ โดยเมื่อแบ่งกลุ่มปูเป็นกลุ่มเป้าหมายเป็นปูที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปูกลุ่มผลพลอยได้ที่มักจะแกะเนื้อขาย และปูที่เหลือทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ จะพบว่าในการศึกษาอวนจมปูบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน พบปูแต่ละกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 9, 22 และ 69 ของจำนวนชนิดทั้งหมดของปู ตามลำดับ (วชิระ และ คณะ, 2550) ในการศึกษาปูจากอวนจมปู จ.ระยอง แบ่งปู 3 กลุ่มเป็นร้อยละ 10.84, 7.23 และ 81.93 ของจำนวนชนิดทั้งหมด ตามลำดับ (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556) และในการศึกษาปูจากอวนจมปู จ.ชลบุรี แบ่งปู 3 กลุ่มเป็นร้อยละ 4.41, 8.82 และ 86.77 ของจำนวนชนิดทั้งหมด (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2559) ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อที่จะนำปูเหล่านี้โดยเฉพาะชนิดที่มีปริมาณมากไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้น เช่น การใช้เป็นแหล่งไคโตซาน การทำปูป่นผสมอาหารสัตว์ การทำปุ๋ยชีวภาพ การใช้เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพ ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่จะผลิตสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะพบว่าบริเวณแหลมสนจะมีร้านที่รับซื้อปูและแกะเป็นเนื้อขาย และจะมีเก็บเปลือกปูหลังการแกะแล้วส่งโรงงานทำไคโตซาน นอกจากนั้นจะเห็นว่าการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปทางการใช้เป็นอาหาร โดยในปัจจุบันนี้ก็ยังมีปูเพียงไม่กี่ชนิดที่ใช้เป็นอาหาร ดังนั้นการพัฒนาปูชนิดอื่น ๆ ให้เป็นแหล่งอาหารทางเลือก โดยการศึกษาคุณค่าทางอาหาร กรดไขมัน สารต้านอนุมูลอิสระ ให้มีข้อมูลในการตัดสินใจให้กับผู้บริโภคเพื่อเลือกรับประทานปูอื่น ๆ นอกจากปูม้าที่เป็นปูหลักที่คนส่วนใหญ่กินเป็นอาหาร การนำปูที่เหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม จะเป็นการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพให้ได้ประโยชน์อย่างสูงสุดและยั่งยืน

Table 1 Species richness, abundance and distributuin of crabs collected from bottom gill net at Trat province

Thai name	Scientific name	Status	The western coast of Trat				Koh Kood	
			Laem Ngob	Laem Son	Ao Yai	Laem Tonglang	Ao Salad	Ao Klongmad
1. Family Diogenidae (3 genera 5 species)							-	-
ปูเสฉวนขาส้ม	*Clibanarius infraspinatus* Hilgendorf, 1869	rare	+	++	-	++	-	-
ปูเสฉวน	*Dardanus hessii* (Forskal, 1775)	rare	-	++	-	-	+	+
ปูเสฉวนยักษ์	*Dardanus megistos* (Herbst, 1804)	rare	-	-	-	-	++	+
ปูเสฉวน	*Diogenes mixtus* Lanchester, 1902	rare	++	++	-	-	-	-
ปูเสฉวน	*Diogenes* sp.	rare	+	-		-	-	-
2. Family Porcellanidae (5 genera 7 species)							-	
ปูตัวแบนขน	*Aliaporcellana suluensis* (Dana,1852)	rare	-	-	-	-	++	-
ปูตัวแบนกลม	*Aliaporcellana* sp.	rare	-	-	-	-	+	-
ปูตัวแบนขาลาย	*Petrolisthes perdecorus* (Dana, 1852)	rare	-	-	-	-	++	-
ปูตัวแบนดำขาว	*Pachycheles sculptus* (H. Milne Edwards, 1837)	rare	-	-	-	-	++	-
ปูตัวแบนก้ามบิด	*Polyonyx biunguiculatus* (Dana, 1852)	rare	-	-	-	-	++	-
ปูตัวแบน	*Polyonyx* sp.	rare	-	-	-	-	+	-
ปูปากกาทะเล	*Porcellanella picta* Stimpson, 1858	rare	+	++	+	-	-	-
3. Family Albuneidae (1 genus 1 species)								
จักจั่นทะเล	*Albunea symnysta* Chace & Kensley, 1992	rare	-	-	+	-	-	-
4. Family Dromiidae (2 genera 2 species)								
ปูฟองน้ำขน	*Cryptodromiopsis unidentata* (Ruppell, 1830)	rare	-	-	-	-	+	-
ปูฟองน้ำจุดดำ	*Lauridromia indica* (Gray, 1831)	rare	-	+	-	-	++	-
5. Family Dorippidae (2 genera 2 species)								
ปูเป้ตุ่ม	*Dorippe quadridens* Fabricius,1793	common	+	++	-	-	+++	++
ปูเป้เล็ก	*Dorippoides facchino* (Herbst,1782)	common	++	+++	+	+	-	-
6. Family Calappidae (1 genus 3 species)								
ปูฤาษีตุ่ม	*Calappa capellonis* Laurie, 1906	rare	-	-	-	-	+	-
ปูฤาษีม่วง	*Calappa clypeata* Borradaile, 1903	common	+	+++	+	-	+++	+
**ปูฤาษีฟันเลื่อย	*Calappa philargius* (Linnaeus, 1758)	common	+	+	-	-	+++	+++
7. Family Matutidae (2 genera 2 species)								
ปูหนุมาน 6 ตุ่ม	*Asthoret lunaris* (Forskal, 1775)	rare	-	+	+++	-	-	++
ปูหนุมานจุด	*Matuta victor* (Fabricius, 1781)	rare	-	-	-	-	-	+
8. Family Leucosidae (2 genera 3 species)								
ปูกระดุมเทา	*Soleucia pulchra* (Shen & Chen, 1978)	rare	+	++	-	+	-	-
ปูกระดุมลาย	*Soleucia vittata* (Stimpson, 1858)	rare	-	++	-	+	-	-
ปูหนามทุเรียน	*Arcania erinacea* (Fabricius, 1787)	rare	-	+	-	-	-	-
9. Family Majidae (3 genera 7 species)								
ปูแมงมุมแต่งตัว	*Camposcia retusa* Latreille, 1803	rare	-	+	-	-	+	++
ปูบึ้ง	*Doclea canalifera* Stimpson, 1857	rare	-	+	-	-	-	-
ปูแมงมุม	*Doclea canaliformis* Ow-Yang in Lovett, 1981	rare	+	++	+	-	-	-
ปูแมงมุม	*Doclea rissoni* Leach, 1815	rare	++	++		+	-	-
ปูแมงมุมเหลี่ยม	*Doclea armata* De Haan,1839	rare	-	+	-	-	-	-
ปูแมงมุมหน้าหัก	*Micippa philyra* (Herbst, 1803)	rare	-	+	-	-	-	-
ปูแมงมุมหน้าหัก	*Micippa thalia* (Herbst, 1803)	rare	-	+	-	-	-	-
10. Family Parthenopidae (5 genera 5 species)				+				
ปูจาน	*Cryptopodia fornicata* (Fabricius, 1781)	rare	-	+	-	-	-	-
ปูก้ามยาวยักษ์	*Daldorfia horrida* (Linnaeus, 1758)	rare	-	-	-	-	+	-
ปูหัวลูกศร	*Gonatonotus pentagonus* White, 1847	rare	-	-	-	-	+	-
ปูก้ามยาวขาว	*Parthenope longimanus* (Linnaeus, 1764)	rare	-	+	-	-	++	+
ปูก้ามยาวดำ	*Rhinolambrus longispinis* (Mier, 1879)	rare	-	++	-	-	++	-
11. Family Portunidae (5 genera 16 species)								-
ปูกะตอยเขียว	*Charybdis affinis* Dana, 1852	common	+	+++	+	++	-	-
ปูกะตอย	*Charybdis anisodon* (De Haan, 1850)	common	+	+++	+	++	-	-
ปูกางเขน	*Charybdis feriatus* (Linnaeus, 1758)	common	+	+++	-	-	++	++
ปูกะตอย	*Charybdis hellerii* (A.Milne Edwards, 1861)	rare	-	++	-	-	+	-
ปูกะตอยก้ามส้ม	*Charybdis lucifera* (Fabricius, 1798)	rare	-	+	-	-	++	-
ปูกะตอยหิน	*Charybdis natator* (Herbst, 1789)	rare	-	++	-	-	++	++
ปูกะตอยก้ามสั้น	*Charybdis truncata* (Fabricius, 1798)	rare	-	-	-	-	+	-
ปูก้านตายาว	*Podophthalmus vigil* (Fabricius, 1798)	common	+	+++	+	-	+++	+
ปูม้าลาย	*Portunus gladiator* (Fabricius, 1798)	common	-	++	+	-	+++	+

Thai name	Scientific name	Status	The western coast of Trat				Koh Kood	
			Laem Ngob	Laem Son	Ao Yai	Laem Tonglang	Ao Salad	Ao Klongmad
ปูม้า	*Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758)	dominance	+++	+++	+++	++	+++	++
ปูดาว	*Portunus sanguinolentus* (Herbst, 1783)	rare	-	++	-	-	+	+
ปูม้า	*Portunus tenuipes* (De Haan, 1835)	rare	-	+	-	-	-	-
ปูทะเล	*Scylla olivacea* (Forsskål, 1775)	rare	+	+	-	-	-	-
ปูหิน	*Thalamita admete* (Herbst, 1803)	rare	-	+	-	-	-	-
ปูหินฟ้า	*Thalamita crenata* (Latreille, 1829)	rare	-	+	-	-	-	-
ปูหิน	*Thalamita sima* H.Milne Edwards, 1834	rare	-	-	-	-	+	-
12. Family Goneplaciidae (2 genera 2 species)								
ปูใบ้ก้ามขน	*Eucrate tripunctata* Campbell, 1969	rare	-	-	-	-	+++	-
ปูก้ามขาว	*Scalopidia spinosipes* Stimpson, 1858	common	+++	+++	+	+	-	-
13. Family Eriphiidae (1 genus 1 species)								
ปูใบ้ก้ามโต	*Myomenippe hardwickii* (Gray, 1831)	rare	+	++	-	+	-	-
14. Family Pilumnidae (3 genera 3 species)								
ปูขนตุ่ม	*Actumnus dorsipes* (Stimpson, 1858)	rare	-	+	-	-	+	-
ปูขนมะระ	*Halimede ochtodes* (Herbst, 1783)	rare	-	+	-	-		-
ปูขนฟองน้ำ	*Pilumnus minutus* De Haan, 1835	rare	-	-	-	-	+	-
15. Family Xanthidae (4 genera 4 species)								
ปูใบ้หลังเต่า	*Atergatis integerrimus* (Lamarck,1801)	rare	-	+	-	-	+	-
ปูใบ้มะระ	*Demania scaberrima* (Walker, 1887)	rare	-	+	-	-	+	-
ปูใบ้ลายตาข่าย	*Lophozozymus pictor* (Fabricius, 1798)	rare	-	++	-	-	++	+
ปูใบ้	*Galene bispinosa* (Herbst, 1783)	rare	-	+	-	-	+	-
16. Family Grapsidae (1 genus 1 species)								
ปูแป้น	*Varuna yui* Hwang & Takeda, 1986	rare	-	+	-	-	-	-
17. Family Ocypodidae (1 genus 1 species)								
ปูก้ามหัก	*Macrophthalmus latreillei* (Desmarest, 1822)	dominance	+++	+++	++	++	-	-

Abundance (individuals per pack of bottom gill net with 100 m. in length) : +++ > 10 , ++ = 4-10, + = 1-3 ; - = not found

องค์ประกอบสัตว์น้ำอื่นๆ ที่ติดมากับอวนจมปู จ.ตราด

อวนจมปูเป็นเป็นเครื่องมือประมงประเภทอวนติดที่อยู่กับที่โดยสัตว์น้ำจะว่ายมาติดอวนเองหรือถูกกระแสน้ำพัดพามา ทำให้มีสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ติดมากับอวนจมปูโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มปูด้วยกันเอง และอวนจมปูเป็นเครื่องมือประมงที่วางทิ้งไว้แล้วมาเก็บกู้ทีหลัง จึงทำให้สัตว์ที่ติดก่อนมักจะตายไปแล้ว พบว่านอกจากปูม้าที่เป็นปูกลุ่มเป้าหมายที่ชาวประมงต้องการ ยังพบว่ามีปูและสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ติดมากับอวนจมปูซึ่งอาจมีปริมาณสูงถึง 35% ของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมด (วุฒิชัย และ คณะ, 2550) ซึ่งปูที่ติดมากับอวนจมปูเหล่านี้มักจะเป็นปูที่ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ไม่เป็นที่นิยมนำไปบริโภค ส่วนใหญ่จะเป็นปูที่ชาวประมงปลดทิ้งและไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด นอกจากปูด้วยกันเองแล้วยังมีมีสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่เข้ามาติดอวนได้ ทำให้ในการเก็บกู้อวนครั้งหนึ่งอาจสัตว์น้ำอื่น ๆ ในปริมาณที่ไม่ต้องการมากกว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตเป้าหมาย และกลุ่มที่ไม่ต้องการชาวประมงจะคัดเพื่อทิ้งโดยไม่นำมาใช้ประโยชน์ใดๆ ทำให้เกิดความสูญเสียทางทรัพยากรสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก

ในการเก็บตัวอย่างจากอวนจมปู จ.ตราด พบว่าสัตว์น้ำที่ถูกคุกคามโดยอวนจมปูที่ถูกจับติดมาในปริมาณมากที่สุด ซึ่งอาจถึง 30 กก. ในกลุ่มปู คือ ปูก้ามหัก (*M. latrellei*) และปูเป้เล็ก (*Dorippoides facchino*) ส่วนสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ติดมากับอวนจมปู พบสัตว์ทั้งหมด 7 ไฟลัม 42 ชนิด โดยสัตว์ที่พบมีความหลากหลาย ได้แก่ ฟองน้ำ ปากกาทะเล หนอนท่อ หอยทะเล หมึก เม่นทะเล ดาวทะเล ปลิงทะเล แมงดาทะเล กุ้ง กั้ง และปลาหลากชนิด โดยสัตว์ทะเลที่พบมากที่สุดของอวนจมปูคือ หอยหนาม (*Murex trapa*) และเม่นดินสอ (*Prionocidaris* sp.) โดยเฉพาะบริเวณสถานีอ่าวสลัดบนเกาะกูด มีเม่นดินสอติดมามากกว่า 300 กก. ในการสำรวจหนึ่งครั้ง ดังนั้นอวนจมปูจึงเป็นเครื่องมือประมงที่คุกคามต่อความหลากหลายทางชนิดของปูและสัตว์น้ำอื่น ๆ ในธรรมชาติ

ดังนั้นอวนจมปูควรถูกจัดให้อยู่ในเครื่องมือประมงที่ควรถูกควบคุมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ใช้เครื่องมือควรปฏิบัติให้อยู่บนพื้นฐานความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพของปูคงอยู่อย่างยั่งยืน แต่ทั้งนี้เครื่องมือประมงอวนจมปูยังเป็นเครื่องมือประมงที่สามารถจับตัวอย่างสัตว์ได้หลากหลายทำให้เราทราบถึงความหลากชนิดของสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น ๆ ได้ด้วยและยังแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทางทะเลของจังหวัดตราดยังคงความสมบูรณ์ของปูและสัตว์ทะเลอยู่มากเช่นกัน ดังนั้นควรมีมาตรการในการทำการประมงอวนจมปู เช่น การพัฒนารูปแบบอวนให้มีความจำเพาะเจาะจงกับชนิดปูที่ต้องการ ขนาดตาอวนที่เหมาะสมกับปูขนาดใหญ่ เป็นต้น การประชาสัมพันธ์ให้ชาวประมงได้ตระหนักถึงความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่ไม่ได้มีเฉพาะประโยชน์ต่อมนุษย์แต่ความสำคัญของปูที่มีต่อระบบนิเวศทางทะเลเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพของปู โดยภาครัฐอาจมีการจัดทำกิจกรรมคืนปูและสัตว์น้ำสู่ท้องทะเล หรือการมอบเกียรติบัตรให้กับชาวประมงที่ปล่อยสัตว์เหล่านี้กลับคืนสู่ทะเล

สรุปผลการศึกษา

ความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่ได้จากการทำประมงด้วยอวนจมปูในจ.ตราด มีความหลากชนิด 65 ชนิด แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทางทะเลของจังหวัดตราดยังคงความสมบูรณ์ของปูอยู่มาก ปูส่วนใหญ่มีสถานภาพหายาก (rare species) มีปูที่น่าสนใจซึ่งเป็นปูหายากพบเฉพาะพื้นที่หลายชนิด การนำความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปูไปใช้ประโยชน์ยังมีน้อยมาก ดังนั้นควรมีการทำการศึกษาวิจัยพัฒนาปูเหลือทิ้งไปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มและใช้ประโยชน์มากขึ้น เช่น ไคโตซาน ปูป่น ปุ๋ยชีวภาพ และตัวดูดซับทางชีวภาพ อวนจมปูยังจับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ จำนวนมากติดมาด้วย โดยเฉพาะเม่นดินสอ ดังนั้นอวนจมปูควรถูกจัดให้อยู่ในเครื่องมือประมงที่ควรถูกควบคุมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ทำการประมงอวนจมปูควรทำการประมงให้อยู่บนพื้นฐานความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพของปูและสัตว์ทะเลยังคงอยู่อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพของปูบริเวณหมู่เกาะกูด รหัส ก-ษ(ด) 12.57 ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. 2560. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ.2558.** เอกสารฉบับที่ 5/2560, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธนาคม บัณฑิตวงศ์รัตน์. 2544. **ชนิดและการกระจายทางภูมิศาสตร์ของปูเสฉวนในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์, ธนิษฐา ศิริวิรินทรัตน์, วชิระ ใจงาม, กฤษธนสรรค์ อินทร์บำรุง และ วีระพงษ์ ศรีโฉมงาม. 2556. ความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปู จ.ระยอง, น.422-429. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 51 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 2 สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ กมลชนก วงศ์อิสรกุล วชิระ ใจงาม และ กนกวรรณ ขาวด่อน. 2559. ความหลากชนิดและความชุกชุมของปูจากอวนจมปู จ.ชลบุรี, น.938-946. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 54 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 1.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรืองฤทธิ์ พรหมดำ. 2547. **อนุกรมวิธานปูน้ำเค็มที่พบในจังหวัดปัตตานี.** ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.

เรืองฤทธิ์ พรหมดำ. 2558. **อนุกรมวิธานของปูกระดุมในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วชิระ ใจงาม, พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธุ์ และ ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์. 2550. การศึกษาความหลากชนิดของปูที่ได้จากการทำประมงอวนลอยปูในประเทศไทย, น. 603-612. **ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45 (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย วังคะฮาต, ธีรยุทธ ศรีคุ้ม, กมลพันธ์ อวัยวานนท์, ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม, อำนาจ ศิริเพชร, เฉลิมชาติ อรุณโรจน์ประไพ และ กำพล ลอยชื่น. 2550. การศึกษาประสิทธิภาพอวนจมปู. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2550.** ศูนย์วิจัยพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กรมประมง, กรุงเทพฯ. 41 น.

ศุภลักษณ์ วิรัชพินทุ 2532. **อนุกรมวิธานของปูปอร์ทูนิดในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร บุญเกิด. 2532. เครื่องมือประมงประเภทอวนติดตา. **วารสารการประมง** 42(2) : 147-151.

Alcock, A. 1895. Meterials for a Carcinological Fuana of India No.1 the Brachyura Oxyrhyncha. **The Baptist Mission Press**, n.p. 140 p.

Dai, A. and Yang, S. 1991. **Crabs of the China Seas.** China Ocean Press. Beijing.

Griffin, D.J.G. 1974. Spider crabs (Crustacean: Brachyura: Majidae) from the International Indean Ocean Expedition, 1963-1964. **Smithsonian Contributions To Zoology**. 182: 35 p.

Naiyanetr, P. 2007. **Checklist of Crustacean Fauna in Thailand (Decapoda, Stomatopoda, Anostraca, Myodocopa and Isopoda).** Office for Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok. 196p.

Ng, P.K.L. 1998. Crabs, pp.1046-1155. *In* Carpenter, K.E. and Niem, V.H. (eds.), **FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, Crustaceans, Holothurians and Sharks.** Rome.

Osawa, M. 2007. Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) from New Caledonia and the Loyalty Islands. **Zootaxa** 1548: 1–49.

Rathbun, M.J. 1910. **The Danish Expedition to Siam 1899-1900, V. Brachyura.** Bianco Lunos Bogtrykkeri, København. pp.303-367.

Serene, R. 1965. **Guide for Character of Brachyuran Collection in the South East Asia.** Applied Scientific Corporation of Thailand. 1: 23-66.

Warner, G.F. 1977. **The Biology of Crabs.** Paul Elek (Scientific Books) Ltd., Great Britain. 201 pp.

การใช้ปูป่นเป็นวัตถุดิบเพื่อเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช (*Procambarus clarkii*)

Use of Crabmeal as Material for Feeding Crayfish (*Procambarus clarkii*)

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์[1*] ดวงเดือน วารีวะนิช[2] และภานุวัฒน์ พูลคล้าย[1]

Puntip Wisespongpand[1*], Daungdoen Vareevanich[2] and Phanuwat Phoolklay[1]

บทคัดย่อ

ปูเป้เล็ก (*Dorippoides facchino*) เป็นปูที่เหลือทิ้งจำนวนมากที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ ที่ได้จากอวนจมปู ต.เขาตะเกียบ จ.ประจวบคีรีขันธ์ ในการศึกษานี้นำปูเป้เล็กมาผลิตเป็นปูป่น ซึ่งมีปริมาณของโปรตีน ไขมัน ความชื้น และ เถ้า 27.51±0.28, 0.86±0.53, 4.60±0.01 และ 53.69±0.31 % ตามลำดับ นำปูป่นที่ได้ไปเตรียมเป็นอาหารเม็ดแบบจมน้ำเพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช (*Procambarus clarkii*) โดยใช้ร่วมกับปลาป่น 5 สูตร คือ 0, 12.5, 25, 37.5 และ 50 % ของน้ำหนักอาหารรวม ทำการทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิชเป็นเวลา 35 วัน พบว่าอาหารสูตรที่ใช้ปูป่น 12.5 % มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.07±0.02 กรัมต่อวัน, 2.16± 0.65 % ต่อวัน, 2.74 และ 100±0 % ตามลำดับ และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารสูตรอื่น ๆ ($p<0.05$) ผลการทดลองชี้ให้เห็นศักยภาพในการใช้ปูป่นเป็นวัตถุดิบทดแทนปลาป่นบางส่วน ซึ่งจะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ปลาป่น และเป็นการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปูในส่วนของปูเหลือทิ้งจากอวนจมปู เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มที่เป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ

ABSTRACT

The bottom gill net at Kao Takeab, Prachuabkirikhan province caught in a large amount of waste crab, *Dorippoides facchino*. This crab was prepared for crabmeal and the composition of protein, lipid, moisture and ash were 27.51±0.28, 0.86±0.53, 4.60±0.01 and 53.69±0.31 %, respectively. The diet from crabmeal were prepared by mixing with fishmeal for feeding crayfish (*Procambarus clarkii*) in 5 formulas at 0, 12.5, 25, 37.5 and 50 % of total weight of diet and feeding experiments for 35 days. The results showed that the formula with crabmeal 12.5 % was the efficiency diet as the weight gain per day, specific growth rate, feed conversion rate and survival rate at 0.07±0.02 g/day, 2.16± 0.65 %/day, 2.74 and 100±0 %, respectively and non-significantly different with other formulas ($p<0.5$). This result indicated the potential for usage crabmeal as one of diet's material replace of fishmeal for decreasing the usage of fishmeal. This study promoted the usage of waste crab from bottom gill net as valued-added products for aquaculture.

Key Words: Crab meal, *Dorippoides facchino,* Crayfish, *Procambarus clarkii*

*Corresponding author; e-mail address: ffisptp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[1]Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok

[2]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

[2]Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok

คำนำ

อวนจมปูเป็นเครื่องมือประมงที่วางอวนไว้ที่ผิวหน้าท้องทะเลและปล่อยทิ้งไว้ให้สัตว์น้ำมาติด (สมพร, 2532) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจับปูม้า แต่พบว่ามีปูอีกมากมายหลากหลายชนิดที่ติดมากับอวนจมปู ส่วนใหญ่จะเป็นปูที่ไม่เป็นที่นิยมนำไปบริโภค เป็นปูที่ชาวประมงปลดทิ้งและไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ซึ่งปริมาณปูกลุ่มที่เหลือทิ้งอาจมีความหลากชนิดถึงร้อยละ 81.93 ของจำนวนชนิดปูทั้งหมดที่ได้จากอวนจมปู (พันธุ์ทิพย์ และ คณะ, 2556) และยังมีปริมาณสูงถึง 35% ของปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ทั้งหมด (วุฒิชัย และ คณะ, 2550) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนานำปูเหลือทิ้งมาเพิ่มมูลค่าโดยการพัฒนาไปใช้ประโยชน์ในรูปอื่น ๆ

เปลือกปูเป็นแหล่งที่สำคัญในการผลิตเป็นปูป่น (crab meal) บริษัท St. Laurent Gulf Products Ltd. ในแคนาดาได้นำเศษเปลือกปู *Conchoecetes opilio* มาผลิตเป็นปูป่นที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยพบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และความชื้นเท่ากับ 55, 10, 3-4, 16 และ 8 % มีกรดอมิโนที่สำคัญจำนวนมาก โดยมี Arginine, Leucine และ Lysine สูง ส่วนกรดไขมันมีทั้งกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกลุ่มโอเมก้า-3 EHA และ DPA และแร่ธาตุไม่ว่าจะเป็นแคลเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี เป็นต้น (St. Laurent Gulf Products Ltd., 2017) จึงเหมาะที่จะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์เช่นเดียวกับปลาป่น และองค์ประกอบที่สำคัญที่ปูป่นแตกต่างจากปลาป่นอย่างชัดเจนคือการมีไคตินเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีรายงานการศึกษาว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของครัสเตเชียมีผลผลิตของ chitinase สูง เนื่องมาจากการได้รับไคตินที่เป็นเปลือกของครัสเตเชีย และปูป่นยังเป็นแหล่งที่สำคัญของแคลเซียมที่ใช้ในการสร้างกระดูกด้วย (Tibbetts *et al*., 2006)

มีรายงานการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าอาหารที่มีส่วนผสมของปูป่น ทำให้ปลาและกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตสูง (Tibbetts *et al*., 2006; Toppe *et al*., 2006; Goytortúa-Bores *et al*., 2006; Garcia *et al*., 2010; Garcia *et al*., 2014) มีการทดลองนำปูป่นที่เตรียมจากกุ้งเครย์ฟิชน้ำจืดและปูทะเล (*Chaceon affinis*) พบว่าอาหารที่ผสมปูป่นจากปูในอัตราส่วน 10 % ทำให้อัตราการกินอาหาร น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และการเติบโตของปลากระพงแดง (*Pagrus pagrus*) ดีที่สุด และยังทำให้มีพัฒนาการของสีหนังที่ดี (Garcia *et al*., 2010) และต่อมาคณะนักวิจัยนี้ยังพบว่าการใช้ปูป่นผสมในอาหารเลี้ยงปลากระพงแดง ทำให้ปลาได้รับอาหารเสริมจากสัตว์เปลือกแข็งส่งผลให้ปลามีความอยากอาหารมากขึ้น มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และสามารถกระตุ้นความอยากอาหารของปลา และยังมีรายงานว่าอาหารที่มีปูป่นสามารถเพิ่มการนำอาหารเข้าสู่ร่างกาย เพิ่มน้ำหนัก ลดการปล่อยแอมโมเนีย ทำให้เกิดการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ เร่งสีแดง และลดปฏิกิริยา lipid oxidation ในเนื้อปลา (Garcia *et al*., 2014) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่เตรียมปูป่นจากปูแดง (*Pleuroncodes planipes*) ในการเลี้ยงลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) พบว่าลูกกุ้งมีอัตราการรอดและมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อและอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีนดีขึ้น (Goytortúa-Bores *et al*., 2006) และยังพบว่าอาหารที่ผสมปูป่นไม่มีผลต่อความสามารถในการย่อยโปรตีนและไขมัน ประสิทธิภาพการกินอาหาร ประสิทธิภาพการสร้างโปรตีนของปลาคอด (*Gadus morhua*) (Toppe *et al*., 2006)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาศักยภาพการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่ได้จากอวนจมปูบริเวณ จ.ประจวบคีรีขันธ์ โดยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับปูที่เหลือทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ในรูปของปูป่น โดยนำ

ปูป่นไปเป็นวัตถุดิบในการเตรียมอาหารเม็ดแบบจมโดยใช้สูตรต่าง ๆ ร่วมกับปลาป่น โดยทำการทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช (*Procambarus clarkii*) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำสวยงามที่กำลังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเศษปูที่เหลือทิ้งและถูกจับมาโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มในรูปของปูป่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมอาหารเม็ดแบบจมโดยใช้ปูป่น

1.1 การเก็บรวบรวมปู : เก็บรวบรวมปูเป้เล็ก (*Dorippoide facchino*) จากอวนจมปูที่เขาตะเกียบ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม 2560 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปูเป้เล็กถูกจับติดมากับอวนจมปูเป็นปริมาณสูงกว่าปูชนิดอื่นๆ อย่างชัดเจน ประมาณ 60-150 กก.ต่อวัน โดยขนาดปูเป้ที่ใช้มีความกว้างเฉลี่ย 32.18 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 31.93 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 12.97 กรัม เก็บตัวอย่างปูเป้เล็กมารวม 8 กิโลกรัม

1.2 การเตรียมปูป่น : นำปูเป้เล็กมาต้มให้สุก จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง แล้วบดหยาบ ๆ และนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง บดปูที่แห้งสนิทแล้วด้วยเครื่องบดอาหารจนละเอียดเป็นผง

1.3 การเตรียมอาหารเม็ดแบบจมโดยใช้ปูป่นร่วมกับปลาป่น : นำปูป่นมาเตรียมเป็นอาหาร 5 สูตร โดยผสมลงไปในอาหาร 5 ระดับ คือ 0, 12.5, 25, 37.5 และ 50 % ของน้ำหนักรวมของอาหาร โดยมีวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการเตรียมอาหารสูตรต่าง ๆ ดังแสดงใน Table 1 นำวัตถุดิบมาคลุกเคล้ารวมกันแล้วนำไปให้ความร้อนโดยการนึ่งให้เหนียว จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดอาหารเม็ดชนิดจม หักอาหารให้เป็นท่อนเล็กประมาณ 5 มิลลิเมตร แล้วนำไปผึ่งจนแห้ง เก็บในกล่องป้องกันความชื้น

Table 1 The ingredients of partial replacement fishmeal with crabmeal in 5 formulas of diets

Ingredient (%)	% of crab meal in 5 formulas of diets				
	0	12.5	25	37.5	50
Crab meal	0	12.5	25	37.5	50
Fish meal	50	37.5	25	12.5	0
Soybean meal	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3
Soybean oil	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
Tapioca flour	10.55	10.45	10.35	10.25	10.15
Binder	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Calcium	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Vitamin mix	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100	100	100	100	100

2. การทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิชด้วยอาหารที่เตรียมจากปูป่น

2.1 เตรียมตู้ทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช : ใช้ตู้ทดลองอคิลิคขนาด 40x20x5 นิ้ว แยกเป็น 50 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 4x4x5 นิ้ว ใส่น้ำลงไปช่องละ 200 มิลลิลิตร น้ำที่ใช้เลี้ยงมีค่าความเค็มอยู่ที่ 0 - 0.5 ‰ อุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และ pH 7.4 โดยใช้ระบบน้ำที่มีระบบกรอง มีการหมุนเวียนน้ำตลอดเวลาเพื่อเพิ่มออกซิเจน และมีการเปลี่ยนน้ำ 50 % ทุก ๆ 7 วัน

2.2 *การเตรียมกุ้งเครย์ฟิช (Procambarus clarkii)* : ใช้กุ้งเครย์ฟิชพันธุ์โกสมิกซ์ที่ได้จากเกษตรกร อ. เมือง จ. พิจิตร โดยอาหารแต่ละสูตรใช้กุ้งทดลอง 10 ตัว ชั่งและวัดขนาดน้ำหนักกุ้งแต่ละตัว โดยกุ้งที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.41 กรัม ความยาวเฉลี่ย 45.89 มิลลิเมตร นำกุ้ง 1 ตัวใส่ในแต่ละช่องของตู้

2.3 *การทดลองเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารเม็ด* : นำอาหารทดลองที่เตรียมไว้ในข้อ 1.3 มาทำการทดลองเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิชเป็นเวลา 35 วัน โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 9.00 น. และ 17.00 น. ให้อาหารครั้งละ 5 % ของน้ำหนักตัว

2.4 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต โดยชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุก ๆ 7 วัน โดยวัดความยาวด้วยเวอร์เนีย และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

Figure 1 The step for preparing crabmeal and feeding test

A = waste of *Dorippoides facchino*; B = dry crab will be grinded to powder; C =crab meal;

D = material for diet preparation; E = diet prepared in pellet form; F = 5 formulations of test pellet;

G = *Procambarus clarkii* in feeding tank; H = *Procambarus clarkii* after feeding for 35 days

3. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของปูป่น

นำวัตถุดิบหลักที่เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ ปูป่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง และอาหารเม็ดที่เตรียมจากปูป่นทดแทนปลาป่น 5 สูตร มาทำการวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น ตามวิธีการวิเคราะห์ของ Miwa and Ji (1992)

4 . การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลน้ำหนักและความยาวที่วัดได้ในแต่ละสัปดาห์ มาคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อ วิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ปูป่นสูตรต่าง ๆ 5 สูตร เพื่อศึกษาว่าสูตรอาหารที่ใช้ปูป่นปริมาณแตกต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งเครย์ฟิชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่โดยวิธีวิเคราะห์ ANOVA

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทำประมงอวนจมปูมีปูจำนวนมากที่ถูกทิ้งโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ใด ๆ และยังมีปริมาณที่มากกว่ากลุ่มปูเป้าหมายดังเช่นปูม้าเสียอีก ซึ่งปูเป้เล็ก (*D. facchino*) เป็นปูเหลือทิ้งที่มีปริมาณมากที่สุดที่บริเวณท่าเทียบเรือเขาตะเกียบ (Figure 1) จึงได้นำมาพัฒนาใช้ประโยชน์ในรูปของปูป่น (crab meal) ซึ่งการทำปูป่นสามารถทำได้ง่าย และสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาชีพเสริมให้ชาวประมงอวนปูได้ด้วย

จากการนำปูป่นจากปูเป้เล็กมาเตรียมเป็นอาหารเม็ดสำหรับเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช 5 สูตร โดยการใช้ปูป่นร่วมกับปลาป่น 5 ระดับ คือ 0, 12.5, 25, 37.5 และ 50 % ของน้ำหนักอาหารรวม ผลการศึกษาพบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 2 (ปูป่น 12.5 %) มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต่อวันดีที่สุดคือ 0.073±0.02 กรัมต่อวัน และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ 2.159±0.65 % ต่อวัน รองลงมาคืออาหารทดลองสูตรที่ 3 (ปูป่น 25 %) มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต่อวันเท่ากับ 0.071±0.018 กรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2.060±0.42 % ต่อวัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุมคืออาหารสูตรที่ 1 ที่ไม่มีปูป่น (ปูป่น 0 %) ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต่อวันเท่ากับ 0.054±0.02 กรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.604±0.61 % ต่อวัน (Table 3) แสดงให้เห็นว่าการใช้ปูป่นทดแทนปลาป่นที่ระดับ 12.5 % และ 25 % ของน้ำหนักอาหารรวม ช่วยทำให้กุ้งเครย์ฟิชเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งจากการศึกษาพบว่าระดับโปรตีนและไขมันที่ให้พลังงานในอาหารสูตรต่าง ๆ ที่มีปูป่นในระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน (Table 2) ซึ่งน่าจะมีส่วนทำให้อาหารแต่ละสูตรมีผลต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และคุณค่าทางอาหารที่สำคัญที่น่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโต คือ เถ้า ซึ่งมีผลต่อการย่อยอาหาร (Tibbetts *et al*., 2006) ซึ่งไม่ควรมีปริมาณสูงเกินไป จึงอาจทำให้อาหารสูตรที่ 4 และ 5 ซึ่งมีปริมาณเถ้าสูงกว่ามีอัตราการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าสูตรที่ 2 และ 3

อาหารกุ้งเครย์ฟิชสูตรที่ 2 ที่ใช้ปูป่นทดแทนปลาป่น 12.5 % ยังให้อัตราแลกเนื้อต่ำที่สุด คือ 2.744 ส่วน อาหารทดลองที่มีอัตราการแลกเนื้อสูงที่สุด คือ อาหารทดลองสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีปูป่นเป็นส่วนผสม มีอัตราแลกเนื้อเท่ากับ 3.698 (Table 3) ซึ่งมีรายงานการศึกษาพบว่าอาหารที่ผสมปูป่นจะสามารถดึงดูดและส่งเสริมการกินอาหารของปลาได้ดี (Garcia *et al*., 2010) ส่วนอัตราการรอดตายของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกัน มีอัตราการรอดตายสูงมากเท่ากับ 90-100 % โดยอัตราการรอดตายของกุ้งเครย์ฟิชที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 5 (ปูป่น 50 %) มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด คือ 90 % (Table 3) ทั้งนี้จะพบว่าอาหารทั้ง 5 สูตรมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ และอัตราการรอดตายที่

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงน่าจะน้อยเกินไป ดังนั้นจึงควรทำการทดสอบในระยะเวลาประมาณ 3 เดือน

ในรายงานการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งเป็นการศึกษาที่ใช้ปูป่นทดแทนปลาป่น เช่น การศึกษาเลี้ยงลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) โดยใช้ปูป่นที่เตรียมจากปูแดง (*P. planipes*) ทดแทนปลาป่น 15 % โดยมีปริมาณโปรตีน 38 % สามารถทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น อัตราการแลกเนื้อ และประสิทธิภาพในการย่อยสลายโปรตีนและไขมันดีกว่าชุดควบคุมการทดสอบที่ใช้ปลาป่นเพียงอย่างเดียว (Goytortúa-Bores *et al.*, 2006) และในการศึกษาเลี้ยงปลากระพงแดง (*P. pagrus*) โดยใช้ปูป่น 10 % ทดแทนปลาป่น พบว่าปลามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เพิ่มการกินอาหาร เพิ่มน้ำหนัก และลดการปล่อยแอมโมเนีย (Garcia *et al.*, 2014) นอกจากนั้นมีรายงานว่าระดับปูป่นที่ใช้แทนปลาป่นอาจมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยง ดังตัวอย่างการใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม ซึ่งมีการใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 % ของโปรตีนจากปลาป่น ได้สรุปว่าสามารถใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นได้ 100 % ในช่วงสองเดือน และเพื่อให้การเติบโตดีเมื่อใช้ต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 3 เดือน ควรใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นไม่เกิน 25 % (อรพินท์ และ คณะ, 2547)

Table 2 Nutritional value of crabmeal, fishmeal, soybean meal and 5 formula of diets

Sample	Protein (%)	Lipid (%)	Moisture (%)	Ash (%)
Crab meal	27.51±0.28	0.86±0.53	4.60±0.01	53.69±0.31
Fish meal	47.32±0.24	13.90±0.34	7.06±0.06	27.61±0.08
Soy bean meal	45.97±0.38	0.87±0.13	9.83±0.06	6.72±0.04
Diet 1 (crab meal 0 %)	38.06±0.06	7.79±0.09	9.92±0.01	17.56±0.05
Diet 2 (crab meal 12.5 %)	36.70±0.08	6.49±0.05	9.94±0.02	18.99±0.07
Diet 3 (crab meal 25 %)	34.67±0.66	5.01±0.34	9.76±0.01	21.12±0.16
Diet 4 (crab meal 37.5 %)	31.88±0.11	3.19±0.17	10.08±0.02	24.04±0.24
Diet 5 (crab meal 50 %)	29.68±0.15	2.17±0.07	10.31±0.03	26.75±0.09

Table 3 Daily weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio and survival rate of *Procambarus clarkii* fed with partial replacement fishmeal with crabmeal in 5 formula of diets

	Diet (% crabmeal)				
	Diet 1 (0 %)	Diet 2 (12.5 %)	Diet 3 (25 %)	Diet 4 (37.5 %)	Diet 5 (50 %)
Daily weight gain (g/day)	0.054± 0.02	0.073± 0.02	0.071± 0.02	0.058± 0.02	0.050± 0.03
Specific growth rate (%/day)	1.604± 0.61	2.159± 0.65	2.060± 0.42	1.750± 0.66	1.571± 0.84
Survival rate (%)	100±0	100±0	100±0	100±0	90±0
Feed conversion ratio	3.698	2.744	2.838	3.470	3.664

การศึกษาคุณค่าทางอาหารของปูป่นที่ได้จากปูเป้เล็ก (Table 2) พบว่าปูป่นจากปูเป้เล็กมีโปรตีน 27.51±0.28 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนที่ได้จากปูป่นที่มาจากปู *C. opilio* ซึ่งมีโปรตีนสูงถึง 55 % (St. Laurent Gulf Products Ltd., 2017) แสดงว่าปูแต่ละชนิดน่าจะมีโปรตีนแตกต่างกัน และมีการศึกษาพบว่าคุณค่าทางอาหารในปูป่นมีความผันแปรตามฤดูกาล วิธีการเตรียมปูป่น และแหล่งของวัตถุดิบด้วย (Garcia *et al*., 2014) สำหรับคุณค่าทางอาหารที่น่าจะมีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของกุ้งเครย์ฟิชน่าจะเป็นเถ้า โดยพบว่าปูเป้เล็กที่นำมาเตรียมเป็นปูป่นมีปริมาณเถ้าสูงถึง 53.69±0.31 % เนื่องจากปูป่นมีส่วนของเปลือกปูที่มีแคลเซียมสูงกว่าปลา ซึ่งมีรายงานว่าถึงแม้ว่าปูป่นจะมีไคตินและเถ้าสูง ซึ่งอาจมีผลต่อกระบวนการย่อยอาหารของปลา แต่ก็มีรายงานว่าไม่มีผลต่อการเลี้ยงปลาบางชนิด เช่น ปลาคอด (*Gadus morhua*) และปลาฮาลิบัท (*Hippoglossus hippoglossus*) ที่มีอัตราการย่อยสูงถึง 89 และ 88 % (Tibbetts *et al*., 2006) และยังมีรายงานที่ชี้ให้เห็นว่าเมื่อนำปูป่นที่เป็นเศษเหลือจากปูผสมลงไปในอาหารเลี้ยงปลาคอด พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอาหารที่ผสมปูป่นที่มีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นกับการกินอาหาร โดยทำให้ปลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นด้วย โดยพบว่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 10 % เมื่อระดับเถ้าในอาหารสูงขึ้น 84-180 กรัมต่อกิโลกรัม (Toppe *et al*., 2006) แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบที่สำคัญที่ปูป่นแตกต่างจากปลาป่นอย่างชัดเจนคือการมีไคตินเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีรายงานการศึกษาว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของครัสเตเชียมีผลผลิตของ chitinase สูง เนื่องมาจากการได้รับไคตินที่เป็นเปลือกของครัสเตเชีย และปูป่นยังเป็นแหล่งที่สำคัญของ Ca ที่ใช้ในการสร้างกระดูกด้วย (Tibbetts *et al*., 2006) และยังพบว่าอาหารที่ผสมปูป่นจะสามารถดึงดูดและส่งเสริมการกินอาหารของปลาได้ดีด้วย (Garcia *et al*., 2010)

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์จากปูป่น ควรมีการศึกษาต่อยอดในการปรับสูตรการเตรียมอาหารโดยใช้ปูป่นทดแทนปลาป่นให้แต่ละสูตรมีคุณค่าทางอาหารเหมือนกัน เพื่อศึกษาว่าตัววัตถุดิบคือปูป่นที่นำมาใช้ทดแทนปลาป่นจะมีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตอย่างไร และควรเพิ่มระยะเวลาในการทดลองเลี้ยงให้มากขึ้น และที่สำคัญควรมีการศึกษาปริมาณไคตินในปูป่น เพื่อดูว่าไคตินมีผลต่อการเจริญเติบโตหรือไม่ รวมทั้งการศึกษาว่าปูป่นมีผลต่อสีสันของกุ้งเครย์ฟิชหรือไม่ เนื่องจากสีสันเป็นสิ่งสำคัญในการซื้อขายกุ้งเครย์ฟิชซึ่งเป็นสัตว์น้ำสวยงามและราคาขึ้นอยู่กับสีสัน นอกจากนั้นควรมีงานวิจัยทดลองใช้ปูป่นในการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจอื่น ๆ ต่อไป

สรุป

การใช้ปูป่นเป็นวัตถุดิบเพื่อเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงกุ้งเครย์ฟิช พบว่าการใช้ปูป่นผสมกับปลาป่น 12.5 % ของน้ำหนักอาหารรวม มีประสิทธิภาพในการทำให้กุ้งเครย์ฟิชเจริญเติบโตและมีอัตราการแลกเนื้อที่ดี ซึ่งการศึกษานี้จะเป็นการพัฒนาเพื่อใช้ปูป่นเป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับปลาป่น เพื่อลดการใช้ปลาป่นซึ่งส่วนใหญ่ผลิตมาจากลูกปลาขนาดเล็กซึ่งเป็นการคุกคามปลาทะเลและยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศด้วย การศึกษานี้เป็นการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปูในส่วนของปูที่ถูกจับมากับอวนจมปูโดยไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ เป็นเศษเหลือทิ้ง ให้มีคุณค่ามากขึ้นในรูปของปูป่นที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องศักยภาพการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของปูที่ได้จากอวนจมปู จ.ประจวบคีรีขันธ์ รหัส ป-ย(ด) 184.60 ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์, ธนิษฐา ศิริวิรินทรัตน์, วชิระ ใจงาม, กฤษธนสรรค์ อินทร์บำรุง และ วีระพงษ์ ศรีโฉมงาม. 2556. ความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปู จ.ระยอง, น.422-429. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 51 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 2 สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย วังคะฮาต, พีระ อ่าวสมบูรณ์, ธีรภัทร ศุภสิริพงศ์ และ ธีระชัย เรืองพริ้ม. 2538. **การศึกษาประสิทธิภาพอวนจมปู**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 32. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สมพร บุญเกิด. 2532. เครื่องมือประมงประเภทอวนติดตา. **วารสารการประมง** 42(2) : 147-151.

อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และ สุธาจรี เย็นมาก. 2547. การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (de Man), น.181-189. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Garcia, R.J., Kalinowski, C.T.H., Izquierdo, M.S.L., Robaina, L.E.R., 2010. Marine and freshwater crab meals in diets for red porgy (*Pagrus pagrus*): effect on growth, fish composition and skin colour. Aquaculture Research 41(12) : 1759–1769.

Garcia, R.J., Ginés, R., Izquierdo, M.S., Haroun, R., Badilla, R.and Robaina, L. 2014. Effect of dietary substitution of fish meal for marine crab and echinoderm meals on growth performance, ammonia excretion, skin colour, and flesh quality and oxidation of red porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture 422-423 : 239-248.

Goytortúa-Bores, E. ,Civera-Cerecedo, R., Rocha-Meza, S. and Green-Yee, A. 2006. Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and *in vivo* digestibility. Aquaculture 256 : 414–422.

Miwa, K. and Ji, L.S. 1992. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.

St. Laurent Gulf Products Ltd. 2017. Nutritional profile : Crab meal. http://www.abcfishmeal.ca/productcrablobstermeal.htm, 11 Nov. 2017.

Tibbetts, S.M., Milley, J.E. and Lall, S.P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). **Aquaculture** 261(4) : 1314–1327.

Toppe, J., Aksnes, A., Hope, B. and Albrektsen, S. 2006. Inclusion of fish bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture** 253(1-4) : 636–645.

คาดการณ์รูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากลมด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข กรณีศึกษาหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย

Estimated Wind Driven Water Flow Pattern by Numerical Model: Case Study in Nong Han Luang, Sakon Nakhon Province, Thailand

<u>มณฑล อนงค์พรยศกุล</u>[1*] ภูวดล โดยดี[2] และนายปณิธาน แก้วจันทวี[1]

<u>Monton Anongponyoskun</u>[1*], Puvadol Doydee[2] and Panitan Kaewjantawee[1]

บทคัดย่อ

หนองหารหลวง เป็นแหล่งน้ำจืดธรรมชาติขนาดใหญ่ที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย มีความลึกเฉลี่ย 2 ม. แบบจำลองรูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากลมครอบคลุมพื้นที่ศึกษาหนองหารหลวงละติจูด 17.12°—17.26°N และลองจิจูด 104.11°—104.27°E กริดคำนวณเป็นแบบ Finite different ทุกๆ 0.01° สมการสมดุลโมเมนตัมและสมการสมดุลมวลเป็นสมการพื้นฐานของแบบจำลอง กำหนดเงื่อนไขทิศทางลม 4 แบบ คือ ลมพัดมาจากทิศเหนือ จากทิศใต้ จากทิศตะวันออก และจากทิศตะวันตก โดยอัตราเร็วลมคงที่ประมาณ 3–6 ม/วินาที พัดต่อเนื่องตลอดการคำนวณ กำหนดให้ไม่มีน้ำไหลเข้าและออก พื้นท้องน้ำเรียบเสมอกันไม่มีสาหร่ายและพืชน้ำ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อลมพัดต่อเนื่อง น้ำจะถูกกวนให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับลมอย่างเชื่องช้า ทิศทางหลักของการไหลของน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับทิศทางลม ขณะน้ำไหล แรง Coriolis ทำให้เกิดน้ำวน (Eddy) ขึ้น น้ำวนเป็นปรากฏการณ์ที่น้ำไหลมาทดแทนน้ำที่ไหลไปเพื่อรักษาสมดุลในระบบ พบน้ำวนในทุกเงื่อนไขทิศทางลม ทิศน้ำวนจะไหลตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) บ้าง และทวนเข็มนาฬิกา (Anticlockwise) บ้าง บริเวณที่เกิดน้ำวนนี้มักเกิดการสะสมหรือการแพร่ของตะกอนแขวนลอย พืชน้ำ และสารประกอบเคมีต่างๆ

ABSTRACT

Nong Han Luang is the largest natural freshwater lake in the Northeastern of Thailand. The averaged depth is 2 m. The model of wind driven water flow covered the study area was ranged latitude 17.12°—17.26°N and longitude 104.11°—104.27°E, respectively. The finite difference grid every 0.01° was performed. The basic equations of the model were momentum conservation and mass conservation. The wind driven condition of the model was defined as 4 cases: North wind; South wind; East wind and West wind; respectively with continually wind speed 3–6 m/s associated with close system and plain substrate. The results showed that when the wind blew, the water was disturbed and very slowly induced by propagation wind. The main wind driven water flow direction strongly related to the wind direction. During the water flow, Coriolis force induced the small eddies. The eddy balances the water mass and water level in the system. The eddy was induced and apparent every conditions. The direction of eddies had both clockwise direction and anticlockwise direction. The area of eddy could be the cumulative or disperse area of suspended particle, aquatic plant and chemical compound.

Key Words: Numerical Model, Nong Han Lake, Sakon Nakhon, wind driven water flow

* Corresponding author; e-mail address: ffismta@ku.ac.th

[1]คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร 47000

[2] Faculty of Natural Resources and Agro Industry, Kasetsart University Chalermphrakiat-Sakon Nakhon Province campus, 47000

คำนำ

หนองหารหลวง จังหวัดสกลนครเป็นแหล่งน้ำจืดธรรมชาติขนาดใหญ่ที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความยาวเฉลี่ย 12 กม. ความกว้างเฉลี่ย 6 กม.ความยาวมากที่สุด 15 กม.ความกว้างมากที่สุด 8 กม.มีความลึกเฉลี่ย 2 ม. สามารถเก็บกักน้ำได้ประมาณ 260 x10^6 กม.^{3} พื้นที่ผิวน้ำ 120 กม.^{2} ที่ระดับน้ำ 156.5 ม. (รทก) ปริมาณน้ำในหนองหารหลวงระดับต่ำคือมีประมาณน้อยกว่า 130 x10^6 กม.^{3} พื้นที่ผิวน้ำลดลงเหลือน้อยกว่า 95 กม.^{2} กรมประมงควบคุมระดับน้ำหนองหารหลวงโดยใช้ประตูระบายน้ำสุรัสวดีให้มีระดับน้ำที่เหมาะสม (ธีรพล และลือชัย, 2541)

หนองหารหลวงเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำที่ลำน้ำต่างๆ ไหลมารวมกัน มีแหล่งน้ำต้นน้ำเป็นลำห้วยไหลลงสู่หนองหารหลวงมากกว่า 10 สาย โดยมีลุ่มน้ำพุงซึ่งเกิดจากเทือกเขาภูพานทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดสกลนครเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญที่สุด ประตูระบายน้ำสุรัสวดีสามารถระบายน้ำออกจากหนองหารหลวงออกทางด้านตะวันออกตามแนวลำน้ำก่ำลงสู่แม่น้ำโขง ทางระบายน้ำนี้มีบันไดปลาโจนเพื่อให้ปลาจากแม่น้ำโขงที่ว่ายผ่านลำน้ำก่ำได้ข้ามมาวางไข่ในหนองหารหลวง

การใช้ประโยชน์ของหนองหารหลวงได้แก่ เป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา เป็นแหล่งทำประมงพื้นบ้าน เป็นแหล่งน้ำเพื่อการอนุรักษ์และเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ เป็นพื้นที่ด้านการสันทนาการ เป็นแหล่งน้ำชลประทาน เป็นแหล่งระบายน้ำทิ้งจากเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ชุมชน สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย และอื่นๆ

หนองหารหลวงมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากมีอัตราส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำต่อพื้นที่ผิวน้ำค่อนข้างสูง(14:1-17:1) ดังนั้นถ้าขาดการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำอย่างเหมาะสม อาจส่งผลให้เกิดอัตราเร่งต่อการการเปลี่ยนแปลงสภาพตามธรรมชาติเป็นแผ่นดินได้ในที่สุด (ธีรพลและลือชัย, 2541) การศึกษานี้เน้นศึกษาผลการคาดการณ์รูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากลมด้วยแบบจำลองในพื้นที่หนองหารหลวงเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานพิจารณาการบริหาร การจัดการ การใช้ประโยชน์ เพื่ออนุรักษ์หนองหารหลวงให้เป็นแหล่งน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อประชาชนตลอดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

แบบจำลอง

แบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) ซึ่งพัฒนาโดย Blumberg เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ มณฑล (2550) ประยุกต์แบบจำลองนี้เพื่อศึกษากระแสน้ำบริเวณอ่าวศรีราชา มณฑล (2551) ประยุกต์แบบจำลองนี้เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ สุนทรีและมณฑล (2553) ประยุกต์แบบจำลองนี้เพื่อศึกษากระแสน้ำบริเวณอ่าวศรีราชา และมณฑลและอุดม (2560) ประยุกต์แบบจำลองนี้เพื่อศึกษากระแสน้ำบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราด จังหวัดตราด แบบจำลองที่ใช้นี้เป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ใช้ศึกษารูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากผลของลมในบริเวณหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร มีสมการพื้นฐานได้แก่ สมการสมดุลโมเมนตัมและสมการสมดุลมวล สามารถแสดงดังสมการ 1) และ 2) ตามลำดับ (มณฑล, 2550)

$$\frac{\partial UD}{\partial t}+\frac{\partial U^2D}{\partial x}+\frac{\partial UVD}{\partial y}+\frac{\partial U\omega}{\partial \sigma}-fVD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{gD^2}{\rho_0}\int_\sigma^0\left[\frac{\partial \rho'}{\partial x}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial x}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right]+F_x$$

$$\frac{\partial VD}{\partial t}+\frac{\partial UVD}{\partial x}+\frac{\partial V^2D}{\partial y}+\frac{\partial V\omega}{\partial \sigma}-fUD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{gD^2}{\rho_0}\int_\sigma^0\left[\frac{\partial \rho'}{\partial y}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial y}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right]+F_y \qquad (1)$$

$$\frac{\partial DU}{\partial x}+\frac{\partial DV}{\partial y}+\frac{\partial \omega}{\partial \sigma}+\frac{\partial \eta}{\partial t}=0 \qquad (2)$$

มีระบบพิกัดของแบบจำลองเป็นดังสมการ 3) (มณฑล, 2550)

$$x^*=x,\ y^*=y,\ t^*=t \text{ และ } \sigma=\frac{z-\eta}{H+\eta} \qquad (3)$$

เงื่อนไขของแบบจำลอง

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่โดยรอบหนองหารหลวง ละติจูด 17.12°–17.26°N และลองจิจูด 104.11°–104.27°E กำหนดกริดคำนวณทุก 0.01° หรือทุกๆ 1.1 กม. ตามแบบ Finite different ดังนั้นจำนวนช่องกริดในแนวตะวันออกตะวันตกเป็น 16 ช่อง และจำนวนช่องกริดในแนวเหนือใต้เป็น 14 ช่อง ดัง Figure 1 คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 270 กม.^{2} กำหนดให้ทุกจุดที่เป็นพื้นน้ำมีค่าความลึกน้ำ 2 ม. พื้นท้องน้ำเรียบเสมอกัน ไม่มีสาหร่ายและพืชน้ำ ไม่มีน้ำไหลเข้าและออก ค่าเริ่มต้นความเร็วน้ำทุกจุดมีค่าเป็น 0 ม./วินาที กำหนดเงื่อนไขทิศทางลม 4 แบบ คือ ลมพัดมาจากทิศเหนือ จากทิศใต้ จากทิศตะวันออก และจากทิศตะวันตก โดยอัตราเร็วลมคงที่ประมาณ 3–6 ม./วินาที พัดต่อเนื่องตลอดการคำนวณ ปัจจัยนำเข้าของแบบจำลองแสดงดัง Table 1

Table 1 Used parameters in Princeton Ocean Model

Parameter	Unit	Symbol	Value
Size of the model		im,jm	17,15
Size of grid	km	dx,dy	1.1
Horizontal kinematic viscosity	m^2/s	A	1
Density	Kg/m^3	ρ	1000

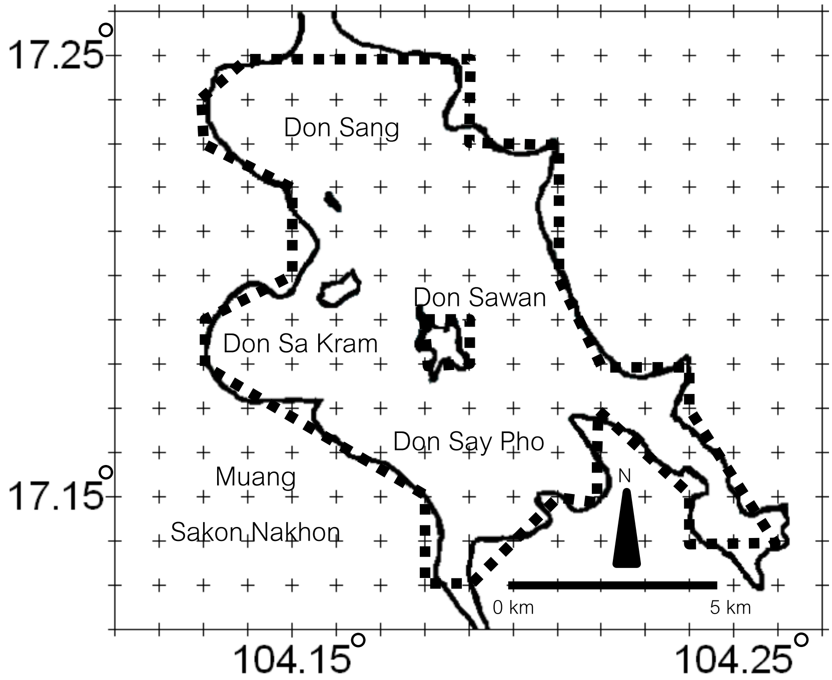


Figure 1 The study site showing the grid size and the area of Nong Han lake in the model (dash lines)

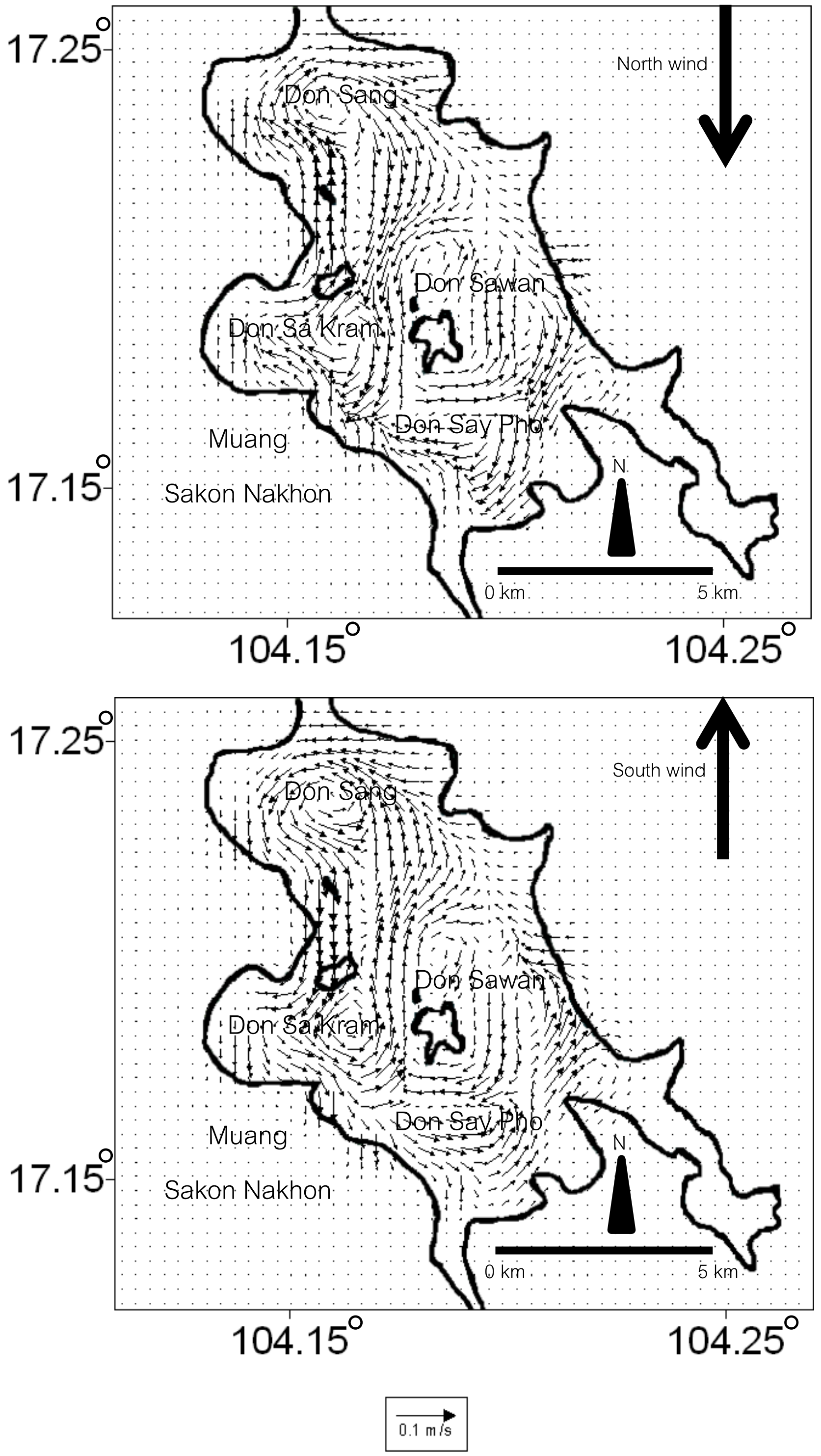
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขที่คำนวณได้ เมื่อนำมาสร้างภาพรูปแบบการไหลของน้ำที่เกิดจากลมเหนือ ลมใต้ ลมตะวันออก และลมตะวันตกแสดงดัง Figure 2 a) b) c) และ d) ตามลำดับ โดยทิศทางของลูกศรแทนทิศการไหลของน้ำ ณ ตำแหน่งนั้น และขนาดของลูกศรแทนอัตราเร็วของน้ำ พบน้ำวน (Eddy) ในหลายบริเวณ และบริเวณศูนย์กลางการไหลวนนั้น อาจเกิดการสะสมหรือการแพร่ของตะกอนแขวนลอยได้ สามารถจำแนกตำแหน่งเกิดน้ำวนจากเงื่อนไขของลมตามบริเวณใกล้เคียงกับดอนต่างๆได้ดัง Table 2

Table 2 Wind driven condition and area of eddy phenomenon around Don Sang, Don Sawan, Don Sakram and Don Say Pho in Nong Han Luang, Sakon Nakhon province, Thailand

Wind driven condition	Don Sang	Don Sawan	Don Sa Kram	Don Say Pho
East wind	C	A	A	-
West wind	A	C	-	C
North wind	C	A	C	C
South wind	A	C	A	A

C –clockwise eddy; A–anticlockwise eddy


17.25°
North wind
Don Sang
Don Sawan
Don Sa Kram
Don Say Pho
Muang
Sakon Nakhon
17.15°
N
0 km
5 km
104.15°
104.25°
17.25°
South wind
Don Sang
Don Sawan
Don Sa Kram
Don Say Pho
Muang
Sakon Nakhon
17.15°
N
0 km
5 km
104.15°
104.25°
0.1 m/s

a)

b)

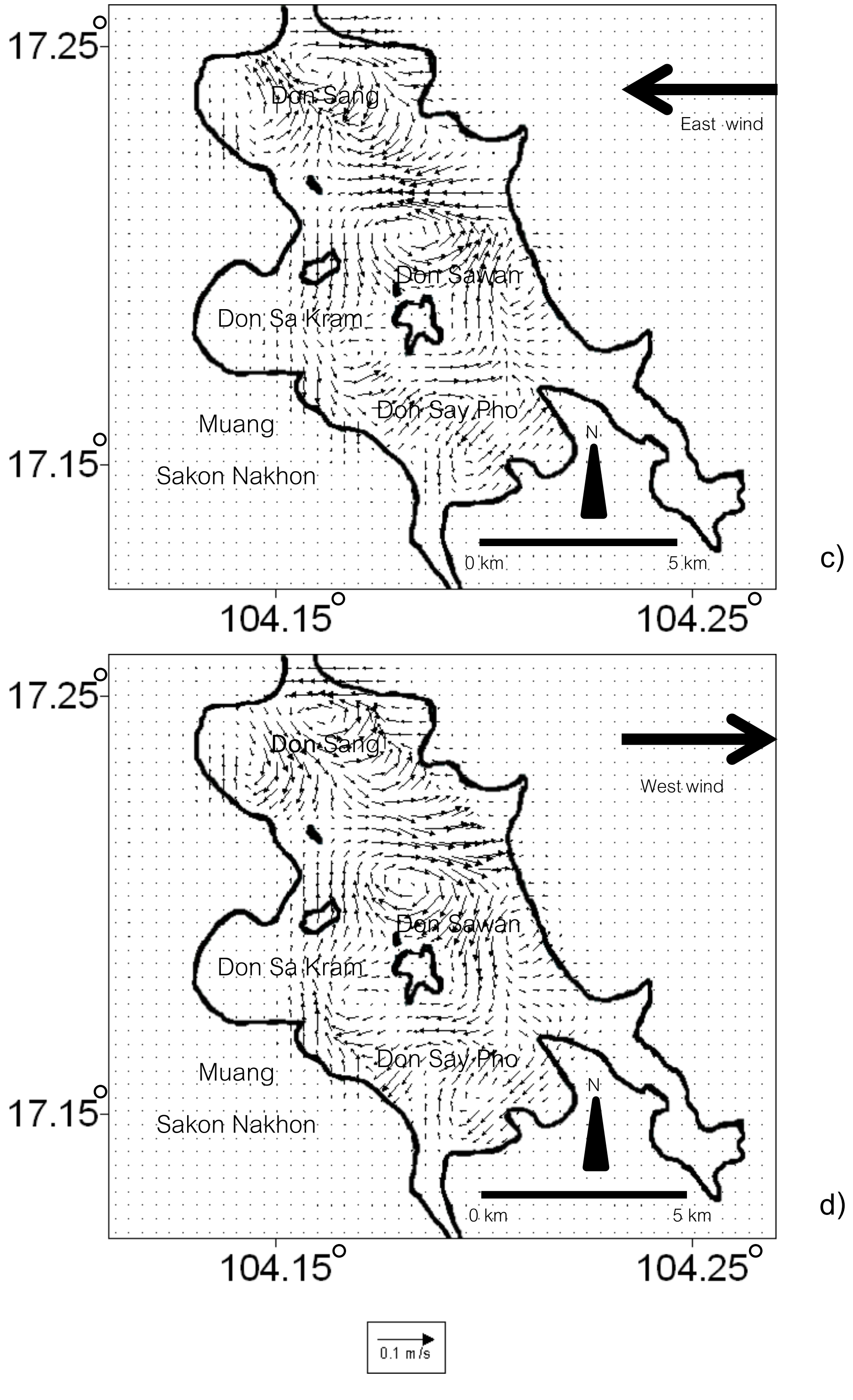


Figure 2 Patterns of estimated wind driven water flow in Nong Han Luang, Sakon Nakhon province, Thailand: a) North wind b) South wind; c) East wind; and d) West wind, respectively.

แบบจำลองนี้พัฒนาโดยพิจารณาจากความเร็วลมเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำ ดังนั้น ระยะทางที่ลมพัดผ่านผืนน้ำอย่างต่อเนื่องและมีระยะทางลมพัดที่ไกลพอจะส่งผลให้น้ำไหลและมีความเร็วน้ำเพิ่มขึ้น และทิศทางหลักของน้ำจะไหลไปทิศทางเดียวกับลมดัง Figure 2 จากเงื่อนไขแบบจำลองที่กำหนดให้ทุกพื้นที่น้ำของหนองหารหลวงมีความลึกน้ำ 2 ม. พื้นท้องน้ำเรียบเสมอกันไม่มีสาหร่ายและพืชน้ำจะเป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการไหลน้ำให้น้ำไหลได้เร็วขึ้น ลมที่พัดต่อเนื่องผ่านผืนน้ำที่ตื้น จะเหนี่ยวนำให้น้ำไหลไปพร้อมกับลมได้ง่าย และยิ่งพื้นท้องน้ำไม่มีสาหร่ายและพืชน้ำซึ่งเป็นตัวกีดขวางการไหลของน้ำจะยิ่งทำให้อัตราการไหลของน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าสร้างเงื่อนไขให้น้ำมีความลึกมากขึ้น และพื้นท้องน้ำมีสาหร่ายและพืชน้ำชนิดต่างๆ จะส่งผลให้ความเร็วน้ำช้าลง เนื่องจากความลึกน้ำที่มากขึ้นและแรงเสียดทานจากสิ่งกีดขวางการไหล

เมื่อลมพัดต่อเนื่องน้ำจะถูกกวนให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับลมอย่างเชื่องช้า ทิศทางหลักการไหลของน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับทิศทางลม ขณะน้ำไหล แรง Coriolis ทำให้เกิดน้ำวนขึ้นในหลายบริเวณตามบริเวณใกล้เคียงกับดอนต่างๆ เช่น บริเวณดอนแซง (Don Sang), ดอนสวรรค์ (Don Sawan), ดอนสะคาม (Don Sa Kram) และดอนทรายพอ (Don Say Pho) ดัง Figure 2 น้ำวนเป็นปรากฏการณ์ที่น้ำไหลมาทดแทนน้ำที่ไหลไปเพื่อทำให้เกิดความสมดุลของระบบ พบน้ำวนในทุกเงื่อนไขทิศทางลม ทิศน้ำวนจะไหลตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) บ้าง และทวนเข็มนาฬิกา (Anticlockwise) บ้าง บริเวณที่เกิดน้ำวนนี้มักเกิดการสะสมหรือการแพร่ของตะกอนแขวนลอย พืชน้ำ และสารประกอบต่างๆ

ทิศทางหลักการไหลของน้ำในหนองหารหลวงจะสัมพันธ์โดยตรงกับความเร็วลม ลมเหนือจะเหนี่ยวนำให้ทิศทางหลักการไหลของน้ำให้ไหลจากเหนือลงใต้ ลมใต้จะเหนี่ยวนำให้ทิศทางหลักการไหลของน้ำให้ไหลจากใต้ขึ้นเหนือ ขณะที่ลมตะวันออกจะเหนี่ยวนำให้ทิศทางหลักการไหลของน้ำให้ไหลจากตะวันออกไปตะวันตก และลมตะวันตกจะเหนี่ยวนำให้ทิศทางหลักการไหลของน้ำให้ไหลจากตะวันตกไปตะวันออก

หนองหารหลวงเป็นแหล่งรองรับน้ำจากลำน้ำทั้งสายสั้นและสายยาว ทางระบายน้ำออกมีทางเดียวคือผ่านประตูน้ำสุรัสวดีซึ่งมีกรมประมงคอยกำกับปริมาณน้ำในหนองหารหลวง นอกจากนี้ปริมาณน้ำในหนองหารหลวงบางส่วนถูกนำไปใช้เป็นน้ำดิบเพื่อทำประปา ดังนั้นน้ำในหนองหารหลวงจึงจัดเป็นแหล่งน้ำกึ่งปิดที่มีการจัดการด้านปริมาณน้ำ กรณีถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เช่น การเพิ่มปริมาณการใช้น้ำทั้งอุปโภค บริโภค และเกษตรกรรม พร้อมกับขาดการดูแลและเอาใจใส่จัดการด้านคุณภาพน้ำทิ้งทั้งตำแหน่งและช่วงเวลา จะเกิดปัจจัยเร่งทำให้หนองหารหลวงมีสภาพเสื่อมโทรม เกิดการสะสมของสาหร่าย พืชน้ำ การตื้นเขินในหลายพื้นที่ ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงให้เกิดน้ำไหลช้าลง มีการถ่ายเทน้ำไม่ทั่วถึง อาจเกิดภาวะน้ำนิ่ง เกิดการสะสมของมลพิษที่มากับน้ำทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต รวมถึงในที่สุดหนองน้ำอาจกลายสภาพเป็นผืนแผ่นดินได้ (ธีรพลและลือชัย, 2541)

การทราบรูปแบบการไหลของน้ำในหนองหารหลวงอาจใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการวางแผนการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์พื้นที่หนองหารหลวง เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมพื้นที่โดยรอบ และการให้

ความสำคัญอย่างจริงจังต่อความยั่งยืนและขจัดความเสื่อมโทรมของหนองหารหลวงรวมถึงการสร้างสำนึกการมีส่วนร่วมของชุมชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ให้รู้รับผิดชอบและใส่ใจสิ่งแวดล้อมจำเป็นอย่างยิ่ง ตลอดจนสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังและติดตามปรากฏการณ์ต่างๆ และผลกระทบอันอาจเกิดกับหนองหารหลวงเพื่อการอยู่ร่วมกันของชุมชนและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน โดยคาดหวังให้หนองหารหลวงเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีสามารถใช้ประโยชน์สืบต่อถึงชั่วลูกหลาน

สรุป

คาดการณ์รูปแบบการไหลของน้ำในหนองหารหลวง จังหวัดสกลนคร จากแบบจำลองที่พิจารณาจากความเร็วลม เมื่อลมพัดต่อเนื่องผืนน้ำจะถูกกวนให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับลมอย่างเชื่องช้า ทิศทางหลักการไหลของน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับทิศทางลม ขณะน้ำไหล แรง Coriolis ทำให้เกิดน้ำวนหลายบริเวณ เช่น บริเวณดอนแซง ดอนสวรรค์ ดอนสะคาม และดอนทรายพอ น้ำวนเป็นปรากฏการณ์ที่น้ำไหลมาทดแทนน้ำที่ไหลไปเพื่อรักษาสมดุลของระบบ พบน้ำวนในทุกเงื่อนไขทิศทางลม ทิศน้ำวนจะไหลตามเข็มนาฬิกาบ้าง และทวนเข็มนาฬิกาบ้าง บริเวณที่เกิดน้ำวนนี้มักเกิดการสะสมหรือการแพร่ของตะกอนแขวนลอย พืชน้ำ และสารประกอบต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

คณะทำงานจัดทำแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาหนองหาร จังหวัดสกลนคร. 2559. **แผนแม่บทการอนุรักษ์ ฟื้นฟูและพัฒนาหนองหารจังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2560–2564**. กระทรวงมหาดไทย. น. 123.

ธีรพล คังคะเกตุ และลือชัย ครุธน้อย. 2541. **ผลการจัดการการใช้ที่ดินที่มีต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ: กรณีศึกษาหนองหาร จังหวัดสกลนคร.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. น. 102.

มณฑล อนงค์พรยศกุล. 2550. แบบจำลองกระแสน้ำขึ้นน้ำลงโดยใช้ POM ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. น. 634-640. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

________2551. แบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำหนุนใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ. น. 119-125. *ใน* **การประชุมวิชาการการสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ประจำปี พศ. 2551 “แบบจำลองสถานการณ์เพื่อการตัดสินใจที่ดีกว่า”.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มณฑล อนงค์พรยศกุล และอุดม เครือเนียม. 2560. กระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณช่องเกาะช้างและอ่าวตราด จังหวัดตราดปี 2559. น. 745-752. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทรี ทารพันธ์ และมณฑล อนงค์พรยศกุล. 2553. การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขคำนวณกระแสน้ำขึ้นน้ำลง โดยปรับเปลี่ยนแอมปลิจูดขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง ในอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. น. 203-209. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: (สาขาประมง).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I)

Simple System of Pelagic Fish Distribution Survey Set (PFDS I)

มณฑล อนงค์พรยศกุล[1*] รัตนพงศ์ กุญชรบุญ[1] ยุทธนา เทพอรุณรัตน์[2] Miyamoto Yoshinori[3] Uchida Keiichi[3]
Minlee Yap[3] Sasakura Toyoki[4] และ กฤษฎา ธงศิลา[5]
Monton Anongponyoskun[1*], Rutpong Koonchornboon[1], Yuttana Theparoonrat[2], Miyamoto Yoshinori[3],
Uchida Keiichi[3], Minlee Yap[3], Sasakura Toyoki[4] and Kritsada Thongsila[5]

บทคัดย่อ

ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I) ในการศึกษานี้ประกอบด้วยเครื่องหยั่งความลึกน้ำ (FURUNO GP1670F) และระบบบันทึกข้อมูล (AQFI-1301) ความถี่สัญญาณเสียงที่ใช้ของเครื่องหยั่งความลึกน้ำคือ 50 kHz ปล่อยและรับสัญญาณเป็นจังหวะทุก 1.2 msec สัญญาณสะท้อนถูกนำมาขยายและแปลความหมายเป็นตัวเลขด้วยระบบบันทึกข้อมูล ผู้พัฒนาระบบนี้เป็นนักวิจัยจาก Tokyo University of Marine Science and Technology และ Fusion Incorporation ประเทศญี่ปุ่น ภายใต้โครงการ Coastal Area Capability Enhancement in Southeast Asia ของ Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) มหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น การทดสอบระบบชุดสำรวจฯ ในภาคสนามเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2557 บริเวณอ่าวระยอง ครอบคลุมพื้นที่ 12.57857°—12.59173°N และ 101.35575°—12.59173°E ความลึกน้ำเฉลี่ย 11—15 m พบข้อจำกัดของระบบชุดสำรวจฯ ได้แก่ พื้นที่สำรวจเป็นบริเวณชายฝั่งน้ำตื้น เสียงเครื่องยนต์มีผลกระทบต่อปลากลางน้ำโดยรอบ ทำให้โอกาสพบปลากลางน้ำน้อยลง แม้จะชดเชยด้วยสัญญาณเสียงความถี่ต่ำที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง แต่มีข้อจำกัดด้านความละเอียดของสัญญาณน้อยและพบสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก นอกจากนั้นยังพบข้อมูลผิดพลาดจากระบบบันทึกข้อมูลที่ทำให้ Base signal ของเครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง และพบสัญญาณรบกวนจากระบบเชื่อมต่อภายในทำให้มีข้อมูลที่ไม่พึงประสงค์จำนวนมาก

ABSTRACT

Simple system of pelagic fish distribution survey set (PFDS I) composed of echo sounder (FURUNO GP1670F) and data collection system (AQFI-1301). The used signal frequency of the echo sounder was 50 kHz with pulse duration 1.2 msec. The echo signal was amplified and interpreted to be digital data by the data collection system. The researcher team of Tokyo University of Marine Science and Technology and Fusion Incorporation, Japan developed this system by supported fund of Research Institute for Humanity and Nature (RIHN), Kyoto University, Japan (Coastal Area Capability Enhancement in Southeast Asia project). The hardware and software of the system were tested in the field on 9 December 2014 in Rayong bay which covered latitude 12.57857°—12.59173°N and longitude 101.35575°—12.59173°E, average depth 11—15 m. It found that the system was limited by shallow depth, engine noise and a lot of natural noise in the field. At the same time, it found the system error on the base signal and inner noise of the system which induced a lot of the unsatisfied data.

Key Words: Echo Sounder, Pelagic Fish Distribution Survey

*Corresponding author; e-mail address: **ffismta@ku.ac.th**

[1]คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2]ศูนย์พัฒนาประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สมุทรปราการ 10290

[2]Training Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Samutprakarn 10290

[3]Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan

[4]Fusion Inc., Japan

[5]กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

[5]Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10900

คำนำ

เครื่องมือสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำเชิงวิทยาศาสตร์ที่ติดตั้งประจำในเรือสำรวจขนาดใหญ่มีราคาแพงเป็นหลายล้านบาท เป็นเครื่องมือที่สามารถประเมินความชุกชุมปลากลางน้ำได้สะดวก รวดเร็ว และเป็นระบบ อย่างไรก็ตามเรือสำรวจเหล่านี้มักเป็นเรือที่มีขนาดใหญ่ สามารถใช้สำรวจได้เฉพาะในบริเวณที่ลึก ซึ่งอ่าวไทยจัดเป็นทะเลน้ำตื้น มีความลึกเฉลี่ย 40 m ดังนั้นการมีเครื่องมือสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำเชิงวิทยาศาตร์ติดตั้งประจำเรือสำรวจ อาจไม่คุ้มค่ากับเงินที่ต้องเสียไป

โครงการ Coastal Area Capability Enhancement in Southeast Asia ของ Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) มหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ได้พัฒนาระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I) โดยนักวิจัยจาก Tokyo University of Marine Science and Technology และ Fusion Incorporation ประเทศญี่ปุ่น ระบบชุดสำรวจฯ ดังกล่าวประกอบด้วยเครื่องหยั่งความลึกน้ำ (FURUNO GP1670F) และระบบบันทึกข้อมูล (AQFI-1301) ระบบชุดสำรวจฯ นี้มีราคาประหยัดกว่าเครื่องมือสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำเชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งสะดวกเพราะสามารถนำไปติดตั้งกับเรือขนาดเล็กทั่วไปได้

การศึกษานี้นักวิจัยพยายามให้รายละเอียดระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่ายและและข้อจำกัดของระบบชุดสำรวจฯ โดยคาดหวังว่าระบบชุดสำรวจฯ ดังกล่าวจะเป็นต้นแบบและเป็นแนวทางสร้างนวัตกรรมเครื่องมือสำรวจและการประเมินความชุกชุมของปลากลางน้ำในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของไทยทดแทนเครื่องมือสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีราคาแพงมากได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I) ในการศึกษานี้ประกอบด้วยเครื่องหยั่งความลึกน้ำ (FURUNO GP1670F) และระบบบันทึกข้อมูล (AQFI-1301) มีส่วนประกอบดัง Figure 1

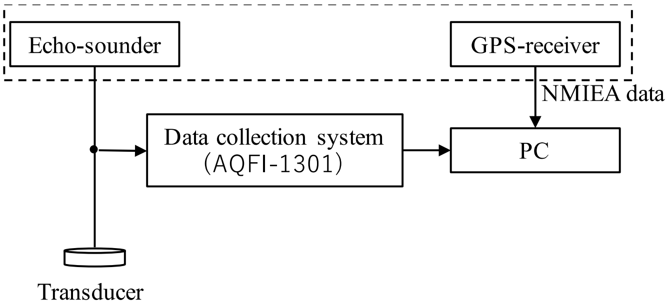


Figure 1 Echo sounder and data collection system block diagram

เครื่องหยั่งความลึกน้ำ (FURUNO GP1670F) ส่ง-รับสัญญาณเสียงความถี่ได้ 2 ช่วง คือ 50 kHz และ 200 kHz สัญญาณสะท้อนกลับจะให้รายละเอียดต่างๆ ตามที่สัญญาณสะท้อนไปตกกระทบหรือเดินทางผ่านมา เครื่องหยั่งความลึกน้ำมีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้ (Johannesson and Mitson, 1983): 1) ส่วนบอกเวลา (Time base), 2) ส่วนสร้างสัญญาณเสียง (Transmitter), 3) ส่วน ส่ง/รับ สัญญาณเสียง (Transducer), 4) ส่วนรับและส่วนขยายสัญญาณเสียงสะท้อน (Receiver/Amplifier) และ 5) ส่วนแสดงผล (Display) หน้าจอเครื่องหยั่งความลึกน้ำและหน่วยติดตั้งของเครื่องหยั่งความลึกน้ำที่ใช้งานแสดงดัง Figure 2 และ Figure 3 ตามลำดับ

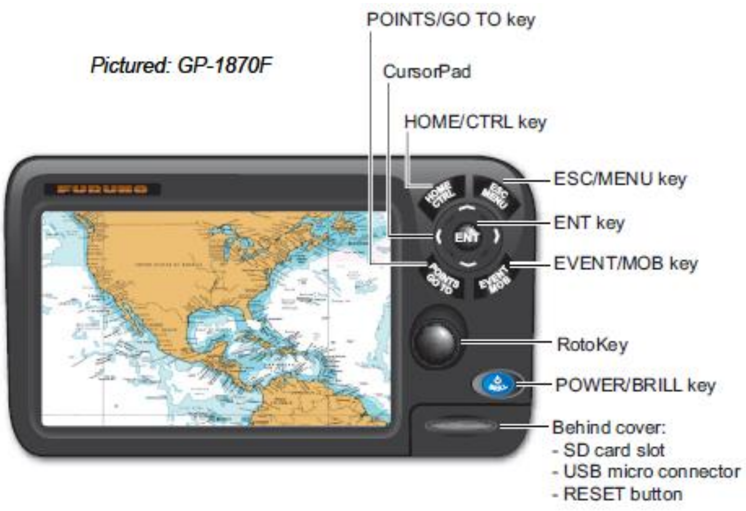


Figure 2 FURUNO GP-1670F display and control panel. (From: FURUNO electric co., ltd., 2015)

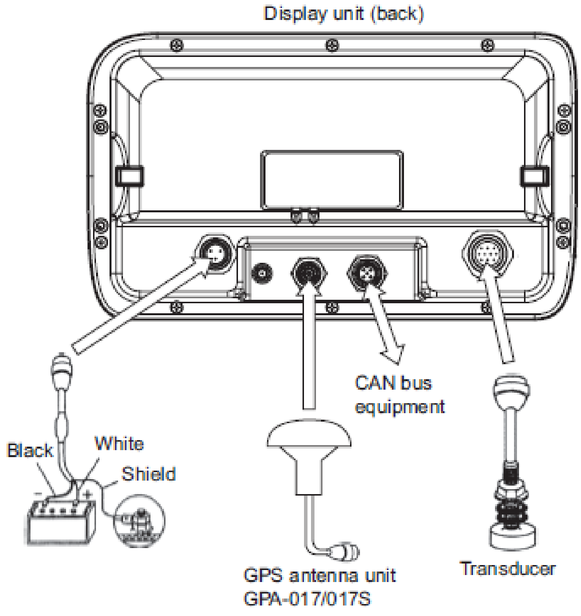


Figure 3 Connection socket of GP 1670F (From: FURUNO electric co., ltd., 2015)

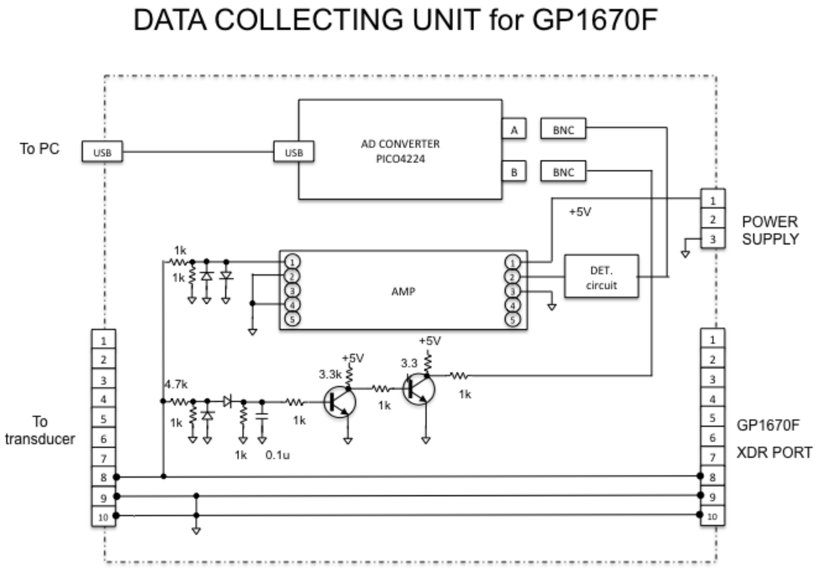


Figure 4 Circuit diagram of Survey Echo Sounder Data Collection System (AQFI-1301) (From: Miyamoto et al., 2017)

วงจรระบบบันทึกข้อมูลจากเครื่องหยั่งความลึกน้ำเป็นดัง Figure 4 วงจรกรองสัญญาณ 50 kHz แยกออกจาก 200 kHz แสดงดัง Figure 5 และวงจรขยายสัญญาณ 50 kHz แสดงดัง Figure 6

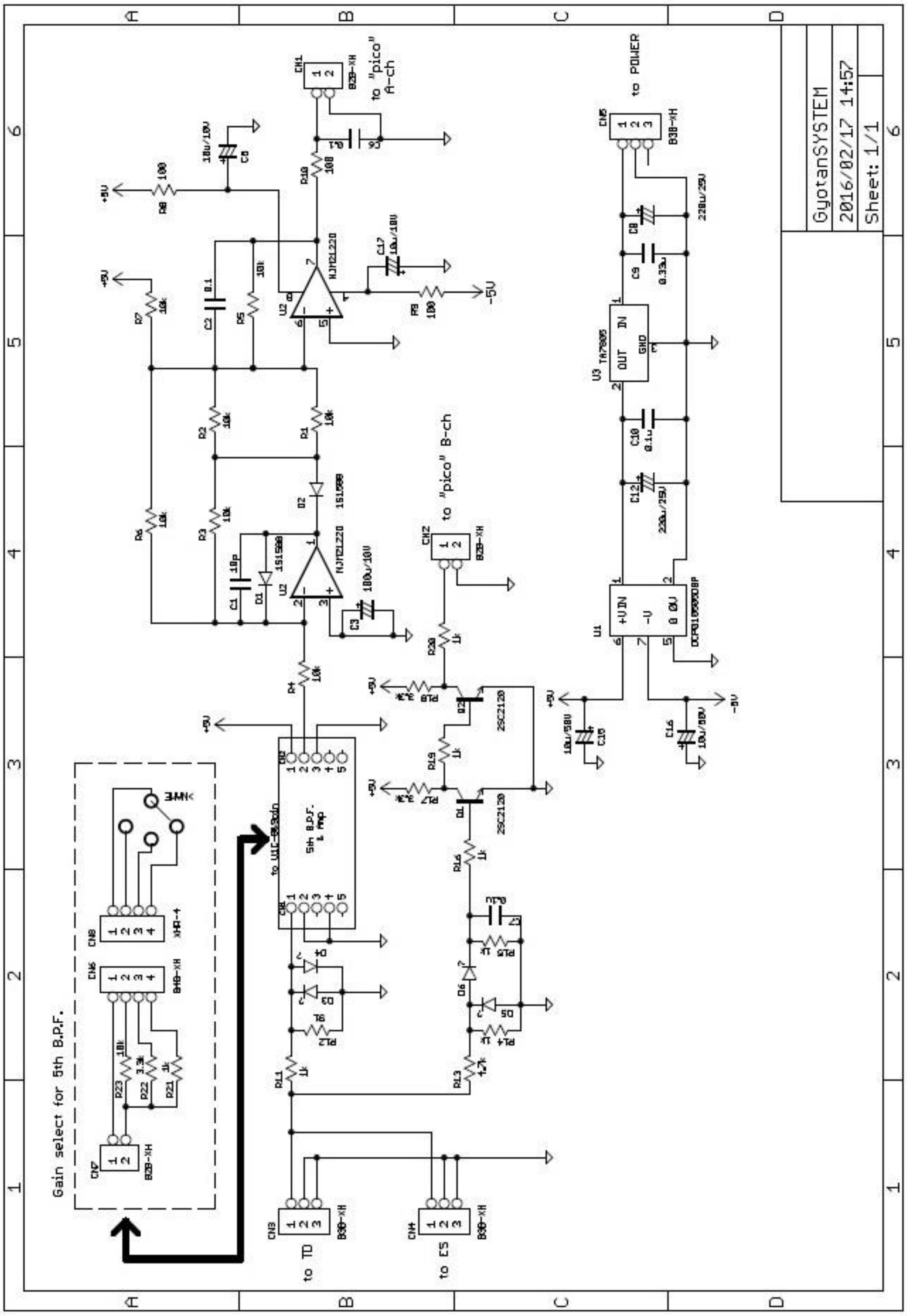


Figure 5 Frequency filters circuit at 50 kHz (From: Miyamoto et al., 2017)

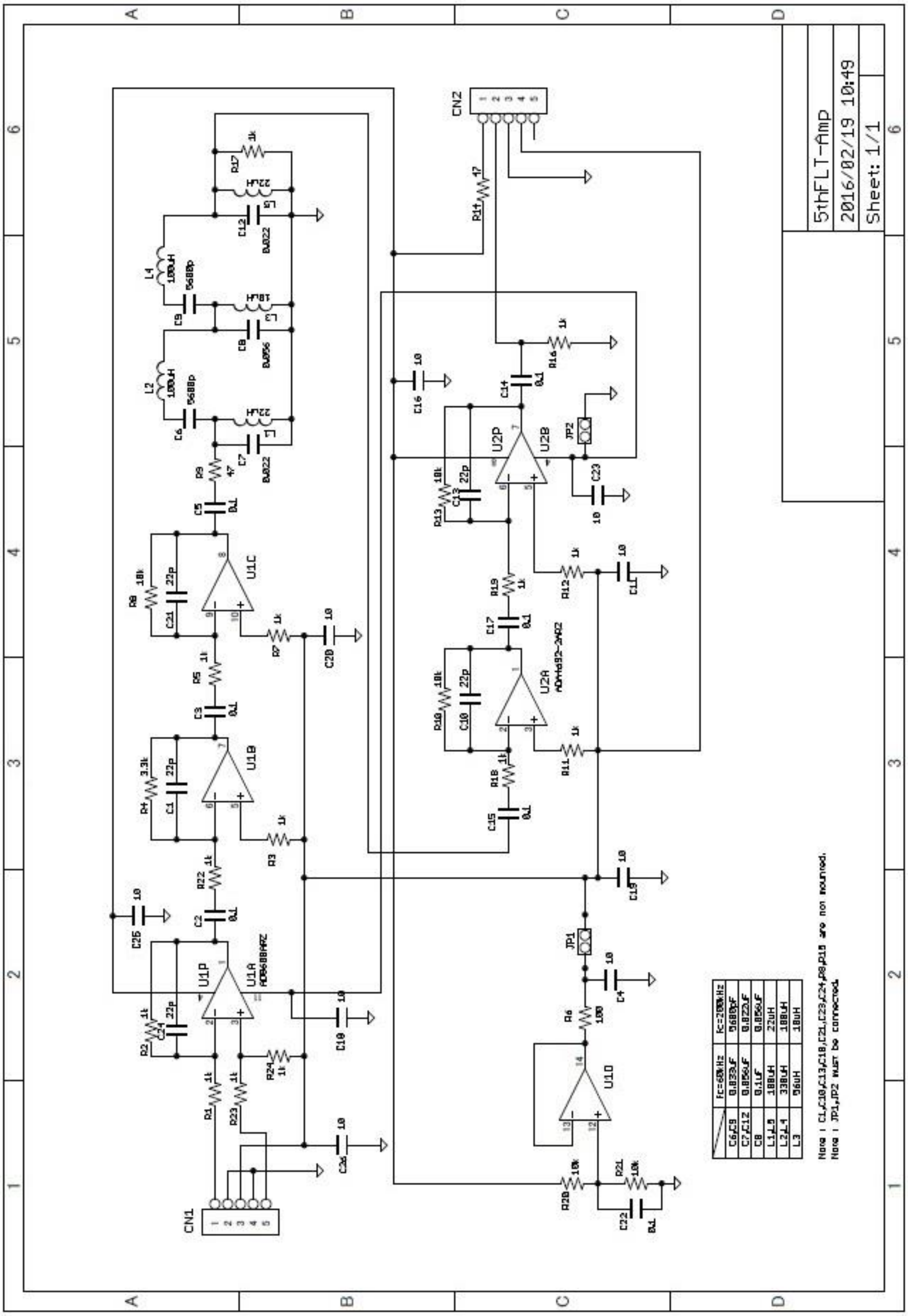


Figure 6 Pre-Amplifier circuit at 50 kHz (From: Miyamoto et al., 2017)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่ายในภาคสนามเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2557 ระหว่างเวลา 9:00—15:00 น บริเวณอ่าวระยอง ครอบคลุมพื้นที่ 12.57857°—12.59173°N และ 101.35575°—12.59173°E ห่างฝั่งหาดแม่รำพึง จังหวัดระยองประมาณ 3 km การทดสอบเลือกเส้นทางการสำรวจเป็นแนวขนานกัน 13 แนว แต่ละแนวมีระยะทางประมาณ 2.5 km ระยะห่างระหว่างแนวประมาณ 0.5 km ใช้เรือประมง 14 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กรมประมง เป็นเรือสำรวจ แล่นด้วยความเร็วประมาณ 4—4.5 knot หรือ 2 m/s ชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำติดตั้งกับเรือโดย Transducer ติดตั้งใต้ผิวหน้าน้ำที่ความลึก 1.5 เมตรตั้งฉากกับตัวเรือ สัญญาณเสียงความถี่ 50 kHz และ 200 kHz จะถูกส่งและรับสัญญาณเป็นจังหวะ 1.2 msec

สัญญาณสะท้อนจะถูกนำมาขยายและแปลความหมายเป็นตัวเลข โดยสมบัติการสะท้อนเสียงของสสารในทะเลและพื้นท้องทะเลจะต่างกันตามคุณสมบัติของสสารนั้น สิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะปลานั้น ส่วนที่สามารถสะท้อนเสียงและให้ผลการสะท้อนที่มีนัยเด่นชัดและสามารถแสดงแทนตัวปลาคือถุงลมของปลา เพราะอากาศในถุงลมเมื่อสัญญาณเสียงผ่านจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการสั่นไหวตามความถี่นั้น และสะท้อนกลับมายังเครื่องรับสัญญาณ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะสามารถแปลความหมายและบันทึกพร้อมทั้งแสดงผลในระบบบันทึกข้อมูล

ความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับจะขึ้นอยู่กับสถานะของวัตถุที่ตกกระทบ เช่น สัญญาณผ่านน้ำทะเลกระทบกับพื้นท้องทะเลซึ่งเป็นของแข็ง สัญญาณสะท้อนจะเข้มเพราะของแข็งสามารถสะท้อนเสียงได้ดีกว่า ส่วนการส่งผ่านของเสียงผ่านของเหลวที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากันนั้น สัญญาณสะท้อนจะน้อยแต่จะเกิดการหักเหแทน แต่การส่งผ่านของสัญญาณผ่านของเหลวโดยมีอากาศหรือก๊าซแทรกอยู่ พบว่าสัญญาณสะท้อนจะเด่นชัดขึ้น เพราะอากาศถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการสั่นและสะท้อนสัญญาณเสียงกลับมาที่ส่วนรับสัญญาณสะท้อน (Receiver) ดังนั้นการสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำพิจาณาจากค่าการสะท้อนของสัญญาณจากการสั่นไหวของอากาศในถุงลมสัตว์น้ำ โดยขึ้นอยู่กับขนาดถุงลม สัตว์น้ำที่มีถุงลมใหญ่จะสะท้อนสัญญาณเสียงได้ดีกว่าถุงลมขนาดเล็ก สัตว์น้ำแต่ละประเภทจะมีถุงลมขนาดและรูปร่างต่างกัน

การทดสอบใช้ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่ายในวันที่ 9 ธันวาคม 2557 ภาพ echogram จากชุดเครื่องหยั่งความลึกน้ำเทียบกับสัญญาณที่บันทึกได้จากระบบบันทึกข้อมูลสามารถแสดงได้ดัง Figure 7 แสดงผลเทียบข้อมูลแยกออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ (A) บริเวณผิวหน้าน้ำทะเล (B) กลางน้ำ (C) พื้นท้องทะเล จะพบว่า (A) บริเวณผิวน้ำถึงความลึก 3 m พบสัญญาณรบกวนจากเครื่องยนต์ และสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมบริเวณผิวน้ำเป็นจำนวนมาก (B) บริเวณกลางน้ำตั้งแต่ 3—10 m ความลึกที่สามารถให้ข้อมูลการแพร่กระจายปลากลางน้ำ (C) เป็นส่วนพื้นท้องทะเลที่เป็นของแข็ง สัญญาณสะท้อนจะมีความเข้มสูงมาก (มณฑล และคณะ, 2557)

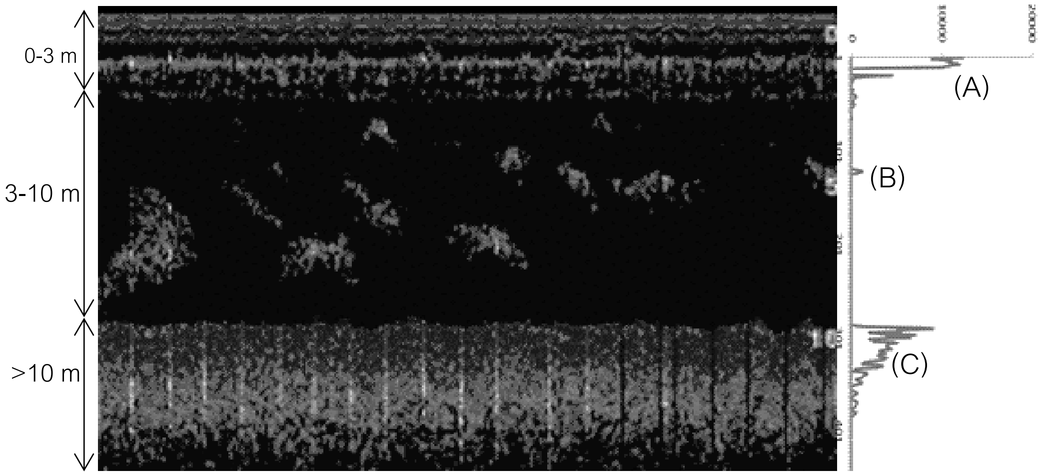


Figure 7 Comparison among depth levels of echogram from the echo sounder (FURUNO GP1670F) with digital number from data collection system (AQFI-1301) (A) Sea surface (B) mid-water (C) base bottom

บริเวณผิวน้ำ (A) มักพบสิ่งสร้างสัญญาณรบกวนในรูปสารแขวนลอยในน้ำทะเลต่างๆ เช่น แพลงค์ตอนพืช แพลงค์ตอนสัตว์ ฟองอากาศขณะเรือวิ่ง เป็นต้น รวมถึงเสียงจากตัวเครื่องยนต์เรือเป็นเป็นแหล่งสร้างสัญญาณรบกวนโดยในงานวิจัยพยายามลดการรบกวนด้วยการลดความเร็วเรือเหลือประมาณ 4—4.5 knot และติดตั้ง Transducer ให้ลึกใต้ผิวน้ำ 1.5 เมตร โดยลดความเร็วเรือเพื่อลดฟองอากาศที่เกิดจากการกระแทกของตัวเรือกับผิวน้ำและลดเสียงรบกวนจากเครื่องยนต์ขณะเร่งเครื่อง ติดตั้ง Transducer ให้ลึกเพื่อลดชั้นความหนาของสารแขวนลอยบริเวณผิวน้ำ และลดฟองอากาศบริเวณผิวหน้า Transducer อย่างไรก็ตามพบข้อจำกัดคือบริเวณชายฝั่งซึ่งเป็นที่ตื้น ทำให้ช่วงความลึกที่สัญญาณสามารถตรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำแคบลง ถึงแม้การใช้สัญญาณเสียงความถี่ต่ำที่มีข้อดีคือได้แถบสัญญาณเสียงเป็นบริเวณกว้างแต่จะพบข้อเสียคือความละเอียดของข้อมูลต่ำและมีสัญญาณรบกวนมาก เพราะสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มักเป็นสัญญาณเสียงความถี่ต่ำ ทำให้ไม่สามารถจำแนกรายละเอียดปลากลางน้ำที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มกับสัญญาณรบกวนจากภายนอกได้ ในขณะเดียวกันความเร็วเรือที่ต่ำมากทำให้ต้องใช้ระยะเวลาสำรวจนาน เป็นเหตุให้ปลากลางน้ำสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ ปลากลางน้ำอาจเคลื่อนที่ผ่านเรือซ้ำขณะเรือแล่นผ่าน หรือในทางตรงกันข้าม ปลากลางน้ำอาจเคลื่อนที่หนีเรือเนื่องจากปลากลางน้ำตกใจจากเสียงดังของเครื่องยนต์เรือ เหตุผลเหล่านี้จะมีผลกระทบกับข้อมูลทั้งสิ้น

สัญญาณเสียงจากชุดหาฝูงปลามีช่วงสัญญาณ 1.2 msec ดังนั้นทุกวินาทีจะมีข้อมูลที่ถูกบันทึกในระบบบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนมาก ข้อมูลที่บันทึกนี้จะบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงสะท้อนที่ปรากฏขึ้นจริง ไม่ว่าเรือจะอยู่ในแนวระนาบใด โคลงเคลงเช่นใด มุมตกกระทบของสัญญาณกับวัตถุเป็นเช่นไร และคุณสมบัติน้ำทะเลเป็นเช่นไร ข้อมูลจะถูกบันทึกทั้งหมด การคัดแยก ตรวจเลือก และคัดกรองข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับนำมาวิเคราะห์เป็นเรื่องสำคัญมากเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อนำไปประมวลการกระจายปลากลางน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา นอกจากนั้นยังพบข้อมูลผิดพลาดจากระบบบันทึกข้อมูลทำให้ Base signal ของเครื่องมือที่

ไม่ถูกต้อง และพบสัญญาณรบกวนจากระบบเชื่อมต่อภายในทำให้มีข้อมูลที่ไม่พึงประสงค์เป็นจำนวนมาก อีกทั้งประสิทธิภาพของตัวประมวลผลควรสามารถประมวลข้อมูลจำนวนมากอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

สรุป

ระบบชุดสำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำอย่างง่าย (PFDS I) ในการศึกษานี้ประกอบด้วยเครื่องหยั่งความลึกน้ำ (FURUNO GP1670F) และระบบบันทึกข้อมูล (AQFI-1301) สัญญาณเสียงของเครื่องหยั่งความลึกน้ำที่ใช้คือความถี่ 50 kHz ส่งและรับสัญญาณเป็นจังหวะทุก 1.2 msec สัญญาณสะท้อนถูกนำมาขยายและแปลความหมายเป็นตัวเลขด้วยระบบบันทึกข้อมูล การทดสอบชุดสำรวจฯ ในภาคสนามเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2557 บริเวณอ่าวระยอง ครอบคลุมพื้นที่ 12.57857°—12.59173°N และ 101.35575°—12.59173°E ความลึกน้ำเฉลี่ย 11—15 m พบข้อจำกัดของระบบชุดสำรวจฯ คือพื้นที่ทดสอบระบบชุดสำรวจฯ บริเวณอ่าวระยองเป็นชายฝั่งน้ำตื้น ช่วงความลึกที่สัญญาณสามารถตรวจพบการแพร่กระจายปลากลางน้ำแคบ ทำให้ได้ข้อมูลน้อย แม้ใช้สัญญาณเสียงความถี่ต่ำที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง แต่ความละเอียดของสัญญาณสะท้อนต่ำและมีสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก นอกจากนั้นยังพบข้อมูลผิดพลาดของและระบบบันทึกข้อมูลที่ทำให้ Base signal ของเครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง และพบสัญญาณรบกวนจากระบบเชื่อมต่อภายในทำให้มีข้อมูลที่ไม่พึงประสงค์จำนวนมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยภายใต้โครงการ Coastal area capability enhancement in Southeast Asia ภายใต้การดูแลของ Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto University ขอขอบคุณ Mr.Yuzo Abe, Mr.Soichiro Matsushita และ Dr.Kazuo Amakaru สำหรับคำแนะนำและการช่วยเหลือต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

มณฑล อนงค์พรยศกุล, รัตนพงศ์ กุญชรบุญ, ยุทธนา เทพอรุณรัตน์, Miyamoto Yoshinori, Uchida Keiichi, Minlee Yap, Sasakura Toyoki, และ กฤษฎา ธงศิลา. 2557. สำรวจการแพร่กระจายปลากลางน้ำบริเวณโป๊ะเชือก จังหวัดระยอง ด้วยชุดหาฝูงปลา. น.979—986. *ใน* **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 54. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Johannesson, K. and R. Mitson. 1983. **Fisheries acoustics: A practical manual for aquatic biomass estimation**. Italy. p.249.

FURUNO electric co., ltd.. 2015. **FURUNO GPS plotter/sounder Model GP-1670F/GP-1870F Operator's Manual.** FURUNO electric co., ltd, Japan. 209p.

Miyamoto Y., Uchida K., Theparoonrat Y., Anongponyoskun M., Thongsila K., Minlee Y., and T. Sasakura,. 2017. **Guide to Operation of Acoustic Data Collection System (AQFI-1301) For Shallow waters.** p.79.

ผลของอินูลินที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลา

Effect of Inulin on Physico-Chemical Properties and Sensory Evaluation of Fish Sausage

จีรวรรณ มณีโรจน์[1*] และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร[1]

Jirawan Maneerote[1*] and Jiraporn Runglerdkriangkrai[1]

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ศึกษาผลของแป้งอินูลินที่สกัดจากแก่นตะวัน สายพันธุ์ JA1 และผงอินูลินทางการค้าชนิด HP ที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาอิมัลชัน โดยเติมแป้งอินูลิน ที่ร้อยละ 1.0 ผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 1.0 และ 3.0 โดยน้ำหนัก โดยใช้ไส้กรอกที่ไม่ใส่อินูลินเป็นตัวอย่างควบคุม จากการศึกษาพบว่าแป้งอินูลินที่สกัดได้โดยการสกัดแบบเปียกด้วยน้ำร้อนและเอทานอล ได้ผลผลิตร้อยละ 16.27 มีความชื้น ร้อยละ 1.85 ± 1.33 ของน้ำหนักฐานเปียก มีค่าดัชนีการละลายน้ำ และการดูดซับน้ำ ร้อยละ 56.81±0.92 และ 2.19 ± 0.65 กรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณ dietary fiber เท่ากับ 38.82 กรัม/100 กรัม การเติมแป้งอินูลินหรือผงอินูลินทางการค้าลงไปในไส้กรอกปลาอิมัลชัน ส่งผลให้มีค่าความเหนียวและความแข็งเพิ่มขึ้น แป้งอินูลินที่เติมลงไปในไส้กรอก-ปลาอิมัลชันมีผลทำให้ค่าร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียหลังการให้ความร้อนลดลง และค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น การเติมแป้งอินูลิน และผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 1.0 ในไส้กรอกปลาได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยรวมในระดับปานกลางจากผู้ทดสอบ ส่วนการเติมผงอินูลินทางการค้าที่ร้อยละ 3.0 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยรวมในระดับน้อยจากผู้ทดสอบ

ABSTRACT

The effect of crude inulin extracted from Jerusalem artichoke (JA1) and commercial inulin (HP type) on physical, chemical properties and sensory evaluation of fish sausage were investigated. The crude inulin was added at 1.0 % (w/w), commercial inulin was added at 1.0 and 3.0 % (w/w). While inulin was not added in control sample. The results showed that yield of crude inulin extracted by hot water and ethanol was 16.27 % with 1.85 ± 1.33 % (wb) moisture content. The solubility index and water adsorption index of crude inulin were 56.81±0.92 and 2.19 ± 0.65 g/g, respectively. The dietary fiber of extracted inulin was 38.82 g/100 g. Addition of crude inulin or commercial inulin could enhance higher gel strength and hardness in fish sausage. Percentage of cooking loss in fish sausage with extracted and commercial inulin was decreased, but the water holding capacity was increased. Fish sausage with crude inulin and commercial inulin at 1.0 %(w/w) got moderately preference in overall acceptance from panelists, but fish sausage with commercial inulin at 3.0 %(w/w) got slightly preference in overall acceptance from panelists.

Key Words: inulin, physical properties, fish sausage, sausage

* Corresponding author; e-mail address: **ffisjwm@gmail.com**

[1]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

อินูลินประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันยาวประมาณ 3-60 โมเลกุลและมีกลูโคสอยู่ตรงปลาย สามารถละลายน้ำได้มีลักษณะคล้ายเจล ปัจจุบันได้มีการนำอินูลินมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท ไม่ว่าในผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต ไอศกรีม และเนยแข็ง หรือในขนมอบ เช่น เค้ก รวมทั้งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (วิจิตรา, 2553) มีรายงานว่าการเติมอินูลินในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำสามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคได้ เช่น การเติมอินูลินในไส้กรอกหมักแห้ง (Menegas *et al.*, 2013) ในปัจจุบันพบว่าสามารถสกัดอินูลินได้จากแก่นตะวัน ซึ่งเป็นพืชที่สะสมอินูลินได้ในปริมาณสูง เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพอากาศในประเทศไทย (อัครชัย, 2555) ในแก่นตะวันมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15-20 ซึ่งอยู่ในรูปสารพอลิเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสโดยมีปลายส่วนหนึ่งเป็นกลูโคส และเมื่อถูกย่อยจะกลายเป็นฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อินูลินยังมีคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ และคุณค่าทางโภชนาการที่ดี (วิจิตรา, 2553) อินูลินสามารถจับกับโมเลกุลน้ำและเกิดโครงสร้างเจล (gel – like network) จึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการไหล (rheology) และปรับปรุงเนื้อสัมผัส (texture) ของผลิตภัณฑ์ได้ อินูลินและอินูโลโอลิโก-
แซ็กคาไรด์เป็นพรีไบโอติก(prebiotic) คือส่วนประกอบของอาหารที่ไม่สามารถย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร และสามารถเพิ่มปริมาณแบคทีเรียชนิดเฉพาะเจาะจงที่มีอยู่ในลำไส้ใหญ่ เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย และแลกโทบาซิลไล (*Lactobacilli*) ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ (Roberfroid and Gibson, 1993) อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับการนำอินูลินไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดและไส้กรอกปลายังมีไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้อินูลินทางการค้าและแป้งอินูลินที่สกัดได้จากแก่นตะวันที่มีต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไส้กรอกปลา เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพนำไปต่อยอดในการพัฒนาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดแป้งอินูลิน และวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของแป้งอินูลิน

นำแก่นตะวันสายพันธุ์ JA1 มาล้างทำความสะอาด นำมาสกัดเป็นแป้งอินูลินเพื่อเป็นส่วนผสมในไส้กรอก-ปลา โดยใช้วิธีการสกัดแบบเปียกด้วยเอทานอล อ้างอิงกระบวนการและวิธีการสกัดของอัครชัย (2555) นำหัวแก่น-ตะวัน 1 กิโลกรัม ล้างให้สะอาดห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วให้ความร้อนชื้นที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที บดด้วยเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 ^{o}C พร้อมทั้งกวนผสมด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 15 นาที นำมาลดอุณหภูมิให้เท่ากับ 30 ^{o}C กรองกากออกด้วยผ้าขาวบาง ตกตะกอนด้วยการเติมเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ70 ที่ อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำส่วนตะกอนมาเหวี่ยงแยกที่ 12,000 x g เป็นเวลา 20 นาที อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่ 55 ^{o}C นาน 48 ชั่วโมง และนำมาบดให้เป็นผงละเอียด วิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ ตามวิธีของ Anderson *et al.*(1969) โดยชั่งน้ำหนักแป้งอินูลิน 3 กรัม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 90 ^{o}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปหมุนเหวี่ยงโดยใช้ความเร็ว 5000 x g เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนใสและส่วนตะกอน ส่วนใสที่ได้ นำไปอบในตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ ชั่งตะกอนพร้อมหลอด แล้วชั่งเฉพาะหลอด คำนวณหาดัชนีค่าการละลาย และการดูดซับน้ำ ทำการวัด 3 ซ้ำ คำนวณ ดังสูตรที่ (1) และ (2)

ดัชนีการละลายน้ำ = (น้ำหนักตัวอย่างส่วนที่ละลายน้ำ / น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) x 100 ________(1)

ดัชนีการดูดซับน้ำ = (น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมตะกอน – น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยง) / น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น ________(2)

การศึกษาผลของแป้งอินูลิน ผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP และปริมาณที่เหมาะสมในไส้กรอกปลา

นำแป้งอินูลินไปเติมเป็นส่วนผสมในการผลิตไส้กรอกปลา โดยเติมที่ร้อยละ 1.0 ส่วนผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP (จากบริษัท ดีพีโอ อินเตอร์เนชันแนล จำกัด) เป็นอินูลินสายยาว มีอินูลินมากกว่าหรือเท่ากับ 99.5 กรัม ต่อ 100 กรัม เติมที่ร้อยละ 1.0 และ 3.0 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (เนื่องจากมีการศึกษาเบื้องต้นในการหาร้อยละของการเติมแป้งอินูลิน ที่ร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0 และ 3.0 และผงอินูลินทางการค้า ที่ร้อยละ 0.0, 1.0, 3.0 และ 6.0 พบว่า การเติมแป้งอินูลิน ที่ร้อยละ 1.0 และผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ร้อยละ 1.0 และ 3.0 ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมสูงที่สุด จึงคัดเลือกที่ร้อยละดังกล่าวมาศึกษา) สูตรและสัดส่วนที่ใช้ในการศึกษาแสดงดัง Table 1 สูตรควบคุม คือ สูตรที่ไม่ได้ใส่อินูลิน กำหนดให้ทุกสูตรมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากัน โดยปรับปริมาณน้ำแข็งที่ใส่ในสูตร กรรมวิธีการผลิตไส้กรอกดัดแปลงจากวรรณชยา (2556) โดยหั่นซูริมิ ให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร สับผสมนาน 1 นาที เติมเกลือ และน้ำแข็งปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาณทั้งหมดในสูตรลงไป สับผสมต่ออีก 2 นาที เติมพริกไทยขาวป่น น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากถั่วเหลือง และผงอินูลิน สับผสมต่ออีก 1 นาที เติมน้ำแข็งส่วนที่เหลือ สับผสมต่ออีกประมาณ 1 นาที เติมไข่ขาวสด แป้งมันสำปะหลัง สับผสมต่ออีก 2 นาที บรรจุส่วนผสมที่ได้ลงในไส้คอลลาเจนและมัดเป็นท่อน นำมาแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 ± 2 ^{o}C นาน 20 นาที แล้วต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 75 ± 2 ^{o}C นาน 20 นาที นำไส้กรอกที่ได้แช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 10±5 ^{o}C นาน 10 นาที พักให้สะเด็ดน้ำ บรรจุถุงพอลิเอทิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA (analysis of variance) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

Table 1 Ingredients and quantity (g) for fish sausage preparation

Ingredient / Sample	Quantity (g)			
	1(Control)	2	3	4
surimi	56.5	56.5	56.5	56.5
commercial inulin	-	1.0	3.0	-
crude inulin extract	-	-	-	1.0
pre-emulsified soybean	10.0	10.0	10.0	10.0
tapioca starch	5.6	5.6	5.6	5.6
salt	1.7	1.7	1.7	1.7
albumen	1.7	1.7	1.7	1.7
pepper powder	0.6	0.6	0.6	0.6
ice	23.9	22.9	20.9	22.9

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลา

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (1995) ปริมาณ Dietary fiber ส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด วิเคราะห์โดยวิธี In-house method TE-CH-076

การวิเคราะห์ค่าร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ตามวิธีของ รจรินทร์ (2553) โดยนำไส้กรอกปลาที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ºC มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (W_0) แล้วนำไปให้ความร้อนบนกระทะที่ปราศจากน้ำมัน นาน 7-10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิภายในไส้กรอกมากกว่าหรือเท่ากับ 75 ºC ชั่งน้ำหนักไส้กรอกปลาหลังจากการให้ความร้อน (W_f) ทำการวัด 3 ซ้ำ คำนวณหา cooking loss เท่ากับ (W_0- W_f) ×100 / W_0

การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยดัดแปลงตามวิธีของ Motohiro (1981) โดยตัดตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันให้มีขนาดกว้าง ยาว และ หนา 15×15×5 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (W_0) นำไปวางระหว่างกระดาษกรอง 2 แผ่น กดด้วยแรงคงที่ 10 กิโลกรัมต่อตารางเมตร นาน 2 นาที โดยกดด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-HD ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการกด (W_1) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ (W_0 × ปริมาณความชื้นของไส้กรอก) – (W_0 - W_1)/(W_0 × ปริมาณความชื้นของไส้กรอก)

การวัดค่าแรงที่ใช้ในการเจาะ (Breaking force) ดัดแปลงจากวิธีการของ MFRD (1987) โดยใช้หัววัดทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และวัด texture profile analysis โดยใช้หัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Bourne (1978) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-HD ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำต่อตัวอย่าง

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาอิมัลชันโดยใช้แบบทดสอบความชอบ 9 point Hedonic scale (เพ็ญขวัญ, 2550) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ประเมินในด้านสี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของแป้งอินูลินที่สกัดได้จากแก่นตะวัน

ปริมาณร้อยละผลผลิตของแป้งอินูลินที่ได้จากการสกัดแก่นตะวันสายพันธุ์ JA1 โดยใช้กรรมวิธีการสกัดแบบใช้น้ำร้อนร่วมกับเอทานอล พบว่าสามารถสกัดผลผลิต (Yield) ได้ร้อยละ 16.27 ความชื้นของแป้งอินูลินที่สกัดได้ คือ ร้อยละ 1.85 น้ำหนักฐานเปียก ส่วนปริมาณ Dietary Fiber มีค่า เท่ากับ 38.82 กรัม ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ค่าดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำของตัวอย่างแป้งอินูลิน เท่ากับ ร้อยละ 56.81 ± 1.92 และ 2.19 ± 0.65 ตามลำดับ ผงอินูลินทางการค้าชนิด HP มีค่า dietary fiber เท่ากับ 97 กรัม ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง มีค่าดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำ เท่ากับ 73.84 ± 0.44 และ 0.90 ± 0.15 ตามลำดับ ผงอินูลินทางการค้ามีคุณสมบัติที่ดีกว่าแป้งอินูลิน เนื่องจากผ่านกระบวนการเตรียมที่แตกต่างกัน วิธีการสกัด การทำแห้งที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่าดัชนีการละลายน้ำ และดัชนีการดูดซับน้ำ (วิภาวี, 2551)

ผลของแป้งอินูลิน และผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ที่มีต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ ของไส้กรอกปลา

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลิน ร้อยละ 1.0 และไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 1.0 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับไส้กรอกปลาตัวอย่างควบคุม แต่ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 3.0 มีค่าความชื้นแตกต่างกับไส้กรอกปลาชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผงอินูลินสามารถละลายได้สมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จากการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตไส้กรอก อาจจะทำให้โครงสร้างของไส้กรอกเปลี่ยนแปลงไปโดยโครงสร้างจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (disordered conformation) มากขึ้น (Doublier และ Cuvelier, 1996) และในสูตรการผลิตไส้กรอกปลากำหนดให้น้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากัน หากมีปริมาณร้อยละของผงอินูลินเพิ่มขึ้น มีการปรับปริมาณน้ำแข็งให้ลดลง จึงอาจส่งผลให้ปริมาณความชื้นของไส้กรอกปลาที่ใส่ผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 3.0 มีค่าน้อยกว่าไส้กรอกปลาสูตรอื่น ๆ ที่ทำการทดลอง การกำหนดให้น้ำหนักรวมของส่วนผสมที่ผลิตไส้กรอกปลาเท่ากัน เพื่อควบคุมให้แต่ละสูตรมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากัน จึงส่งผลให้ค่าความชื้นที่ได้ในไส้กรอกแต่ละสูตรแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ของไส้กรอกปลาทั้ง 4 สูตร พบว่าไส้กรอกปลาที่เติมผงอินูลินทางการค้าร้อยละ 1.0 และ

ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 มีค่าเปอร์เซ็นต์ Cooking loss น้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (%WHC) ของไส้กรอก ดังแสดงผลใน Table 2 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไส้กรอกปลาที่เติมผงอินูลินทางการค้าหรือแป้งอินูลิน อาจสามารถช่วยให้ไส้กรอกปลาอิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้นและลดการสูญเสีย yield ในระหว่างการทำให้สุกด้วยความร้อน ผลที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษา

ร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียหลังการให้ความร้อนในไส้กรอกหมู (Keenan *et al.*, 2014)

Table 2 Moisture content, cooking loss (%) and water holding capacity (%WHC) of fish sausage

Sample	Moisture content (%wb)	Cooking loss (%)	WHC (%)
Control	76.37±0.02 [a]	12.16 ± 1.38[a]	71.70±0.85[b]
Commercial inulin 1%	76.24±0.20 [a]	9.63 ± 1.08[b]	73.59±0.68[a]
Commercial inulin 3%	73.97±1.96 [b]	6.57 ± 1.10[d]	61.02±0.97[c]
Crude inulin 1%	75.06±0.10 [ab]	7.18 ± 0.63[c]	73.88±0.83[a]

a, b, c ; mean (±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลของแป้งอินูลิน และผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลา

ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยการเติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ร้อยละ 1.0 และ 3.0 น้ำหนักต่อน้ำหนัก และแป้งอินูลินที่ ร้อยละ 1.0 น้ำหนักต่อน้ำหนัก นำมาวิเคราะห์ค่าความเหนียวและคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส จากการศึกษาพบว่า ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างควบคุม และมีค่าความเหนียวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด

HP ร้อยละ 1.0 และ 3.0 เมื่อพิจารณาค่าความแข็งของไส้กรอกปลาอิมัลชันพบว่าไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลิน ร้อยละ 1.0 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 3.0 ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเติมแป้งอินูลินหรือผงอินูลินทางการค้าในปริมาณที่เหมาะสม อินูลินจะสามารถแทรกเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเนื้อปลาบดและส่วนผสมอื่น ๆ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการรายงานผลการเติมอินูลินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู (Keenan *et al.*, 2014) และผลิตภัณฑ์เนื้อบด (Rodriguez Furlan *et al.*, 2014) ส่วนค่า Cohesiveness พบว่าในตัวอย่าง

ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลิน ร้อยละ 1.0 มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p > 0.05$) กับตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมอินูลินทางการค้า ร้อยละ 3.0 ส่วนค่า Fracturability และ Springiness ของไส้กรอกปลาอิมัลชันทั้ง 4 สูตร มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการเติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 และ ผงอินูลินทางการค้า ร้อยละ 3.0 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ในไส้กรอกปลาอิมัลชัน ให้เนื้อสัมผัสทีมีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน

Table 3 Gel strength and texture profile analysis in fish sausage samples

Sample	Gel strength (g-cm)	Hardness (g)	Fracturability[ns]	Springiness[ns]	Cohesiveness
Control	250.51±13.416[a]	2370.57±97.81[b]	12.28±4.86	0.98±0.03	0.83±0.01[a]
Commercial inulin 1%	219.56±16.17[b]	2023.15±166.71[c]	11.40±2.06	0.99±0.01	0.81±0.01[b]
Commercial inulin 3%	172.89±22.67[c]	2445.30±104.48[ab]	11.83±2.72	0.97±0.02	0.81±0.01[b]
Crude inulin 1%	242.99±14.15[a]	2517.73±177.54[a]	13.28±2.85	0.99±0.01	0.82±0.01[b]

a, b, c ; mean (±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

[ns] non - significant difference

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาอิมัลชันสูตรควบคุม สูตรเติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ร้อยละ 1.0, 3.0 และแป้งอินูลินจากแก่นตะวันร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาอิมัลชันทั้ง 4 ตัวอย่าง ประกอบด้วย ตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่เติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ร้อยละ 1.0 3.0 และ ตัวอย่างที่เติมแป้งอินูลิน ร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p > 0.05$) ในทุกตัวอย่าง ดังแสดงใน Table 4 อาจเนื่องมาจากมีการควบคุมขั้นตอนการผลิตให้เหมือนกัน นอกจากนี้สีของผงอินูลินทางการค้ามีสีขาว แป้งอินูลินมีลักษณะสีขาวออกเหลืองเล็กน้อย เมื่อผสมลงในไส้กรอกอาจทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้เมื่อประเมินทางสายตา ผงอินูลินทางการค้าและแป้งอินูลินไม่มีกลิ่นเมื่อเติมลงใน

ไส้กรอกปลาอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่ได้มีกลิ่นที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าตัวอย่างไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่สูงกว่า

ตัวอย่างไส้กรอกปลาในตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับผลของ ค่าความแข็ง (Hardness) ที่วิเคราะห์ได้ใน Table 3 คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชันในตัวอย่างควบคุม และไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ร้อยละ 1.0 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบเฉลี่ยปานกลาง อย่างไรก็ตามไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งหรือผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP ยังคงมีรสเฝื่อน ซึ่งอาจเกิดจากสารบางกลุ่มในโครงสร้างของแป้งอินูลิน เช่น β-D-mannose ที่พบได้ในอินูลิน จึงได้สอบถามการยอมรับจากผู้ทดสอบ พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้งอินูลินร้อยละ 1.0 คิดเป็นร้อยละ 91.42

Table 4 Average sensory evaluation score in fish sausage samples

Sample	Color^{ns}	Odor^{ns}	Flavor^{ns}	Taste^{ns}	Texture	Overall liking
Control	7.08±0.81	6.31±1.20	6.31±1.15	6.34±1.10	6.08±1.64^{b}	6.37±1.16^{ab}
Commercial inulin 1%	7.05±0.72	6.34±1.08	6.40±0.84	6.31±0.99	6.77±0.94^{a}	6.71±0.75^{a}
Commercial inulin 3%	6.91±0.88	6.45±1.31	6.22±1.35	6.17±1.44	6.05±1.39^{b}	6.05±1.32^{b}
Crude inulin 1%	7.14±0.73	6.40±1.11	6.28±0.98	6.28±1.10	6.74±1.01^{a}	6.54±1.03^{ab}

a, b, c ; mean (±standard deviation) within a column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

^{ns} non - significant difference

สรุป

ไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมผงอินูลินทางการค้า ชนิด HP และแป้งอินูลินจากแก่นตะวันมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น โดยค่าร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียหลังการให้ความร้อนน้อยกว่าไส้กรอกปลาที่ไม่ได้เติมแป้งอินูลิน หรือผงอินูลินทางการค้า แป้งอินูลินที่เติมลงไปในไส้กรอกปลาทำให้ไส้กรอกปลามีความเหนียวและความแข็งเพิ่มขึ้น แต่หากเติมมากเกินไปจะทำให้ไส้กรอกปลาที่ได้มีความแข็งแต่เปราะ อย่างไรก็ตามไส้กรอกปลาอิมัลชันที่เติมแป้ง

อินูลินยังคงมีรสเฝื่อนอยู่ ควรทำการทำการศึกษาวิธีการที่ทำให้รสชาติเฝื่อนลดลง เพื่อที่จะสามารถนำแป้งอินูลินไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตรา แดงปรก. 2553. **การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ.** Food Journal. 40(1): 37- 40.

รจรินทร์ ปราบปรี. 2553. **ผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสและแช่แข็ง** .วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์. 2556. **ผลของอิมัลชันต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบ** (*Katsuwonus pelamis*). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่21 ฉบับที่ 4 ต .ค.– ธ .ค.2556.

วิภาวี ศรีคำภา. 2551. **อินนูลินในแก่นตะวัน : การสกัด การวัดและผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเค้กไขมันต่ำ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัครชัย ปรักกมะกุล. 2555. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแป้งอินูลินและอินูโลโอลิแซ็คคาไรด์ทางอุตสาหกรรม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

A.O.A.C. 1995 .**Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists Washington, D.C.

Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., and Griffin, E. L. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Sci Today**, 14, 4-12.

Bourne, M. C. 1978 .Texture profile analysis. **Food Technol**. 32 :62-66.

Debon, J., E. Prudencio and J. C. C. Petrus. 2010. Rheological and physico-chemical Characterization of probiotic microfiltered fermented milk. **J. of Food Eng.** 99: 128-135.

Doublier, J. L., and Cuvelier, G. 1996. Gums and hydrocolloids: Functional aspect. In **Carbohydrate in Food**, A. C. Eliasson (Ed.), Marcel Dekker, New York, U.S.A. pp. 283-318.

Jiménez-Colmenero, F., A. Herrero, T. Pintado, M.T. Solas and C. Ruiz-Capillas. 2010, Influence of emulsified olive on stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Res. Int.** 43: 2068-2076.

Keenan, F. D., V. C. Resconi, J. P. Kerry and R. M. Hamill. 2014. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach. **Meat Sci.** 96:1384-1394.

Menegas, L. Z., T. C. Pimentel, S. Garcia, and S. H. Prudencio. 2013. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. **Meat Sci.** 93: 501-506.

MFRD (Marine Fisheries Research Department). 1987. Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. SEAFDEC, Singapore.

Motohiro, T. 1981. General aspect of processing marine food, pp. 1-9. In T. Motohiro., H. Kadota., K. Hashimoto., M. Kayama and T. Tokunaga, (eds.) Science of Processing Marine Food Products. vol II. Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency, Japan.

Roberfroid, M. B., G. R. Gibson and N. Delzenne. 1993. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to caloric value. **Nutri. Rev.** 51: 137-146.

Rodriguez Furlan, L. T., A. Perez Padilla and M. E. Camperros. 2014. Development of reduced fat minced meats using inulin and bovine plasma proteins as fat replacers. **Meat Sci.** 96:762-768.

การศึกษาความหลากชนิดและความชุกชุมของปูแสมในพื้นที่ป่าชายเลนคลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม

Species richness and Abundance of Mangrove Crab in Bang Boo Mangrove, Samutsongkhram Province

นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์[1*] และวีรกิจ จรเกตุ[1]

Naruechon Pattarapanyavong[1*] and Weerakit Joerakate[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความหลากชนิด และความชุกชุมของปูแสม และปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณป่าชายเลนคลองบางบ่อ โดยสำรวจและเก็บตัวอย่าง ทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนมีนาคม 2559 ถึงมกราคม 2560 แบ่งพื้นที่ศึกษา ออกเป็น 3 บริเวณ ผลการศึกษาพบปูแสม ในวงศ์ Sesarmidae 4 ชนิด และวงศ์ Varunidae 1 ชนิด.ปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* และ *Episesarma mederi* เป็นชนิดเด่น ความชุกชุมของปูแสมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 79.47±48.36 ตัว/100 ตารางเมตร และมีต่ำสุด 58.70±66.90 ตัว/100 ตารางเมตร ความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์กับความเค็มของดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน และลักษณะเนื้อดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ลักษณะเนื้อดินเป็นชนิดดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ABSTRACT

This study aimed to investigate species richness and abundance of mangrove crab and environmental factors in Bang Boo mangrove. The field sampling were taken every 2 month during March 2016 to January 2017 within 3 areas. The crabs collected were classified into 2 family: Sesarmidae found 4 species and Varunidae found 1 species. *Perisesarma eumolpe* and *Episesarma mederi* were dominant species. The average maximum and minimum abundance of 79.47± 48.36 individuals/100 m^2 แ ล ะ 58.70± 66.90 individuals/100 m^2. Abundance of Mangrove carbs had correlation with the level of salinity, pH and soil texture significant difference (P<0.05). The characteristics of soil in this study site is sandy clay loam and sandy loam.

Key Words: Mangrove crab, environmental factors, Samutsongkhram

* Corresponding author; e-mail address: ffisncp@ku.ac.th

[1]Samutsongkhram Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Samutsongkhram 75000

คำนำ

จังหวัดสมุทรสงคราม มีเนื้อที่ประมาณ 416.7 ตารางกิโลเมตร (260,441.80 ไร่) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มเกิดจากการทับถมของดินปากแม่น้ำ มีแม่น้ำแม่กลองไหลผ่านกลาง แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งอยู่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำ(ทิศตะวันออก) คือตำบลบางแก้ว และตำบลบางจะเกร็ง อำเภอเมืองสมุทรสงคราม และอีกส่วนหนึ่งคือตำบลแหลมใหญ่ ตำบลคลองโคน อำเภอเมืองสมุทรสงครามและตำบลยี่สาร อำเภออัมพวา พื้นที่ทางตอนใต้ของจังหวัดเป็นพื้นที่ติดชายทะเล มีป่าชายเลนทอดไปตามแนวฝั่งทะเล ซึ่งมีความยาวประมาณ 23.3 กิโลเมตร ถัดจากป่าชายเลนเป็นหาดโคลนทอดขนานแนวชายฝั่ง มีดอนหอยหลอด ซึ่งเป็นสันดอนที่เกิดจากการตกตะกอนของดินปนทราย (ทรายขี้เป็ด) ตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำด้านตะวันออก

พื้นที่ป่าชายเลนคลองบางบ่อ อยู่ในเขตการปกครองตำบลบางแก้ว อำเภอเมืองสมุทรสงคราม ทางทิศตะวันออกของปากแม่น้ำแม่กลอง มีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งในที่ดินสาธารณะและที่ดินกรรมสิทธิ์ ประมาณ 1,242.27 ไร่ มีคลองบางบ่อ ไหลตัดผ่านพื้นที่ป่าชายเลนลงสู่ทะเล และเชื่อมถึงคลองแม่กลองทางทิศเหนือที่แยกมาจากแม่น้ำแม่กลอง บริเวณปากคลองบางบ่อมีสภาพเป็นสันดอน เชื่อมต่อเป็นผืนเดียวกับสันดอนปากแม่น้ำแม่กลอง หรือดอนหอยหลอด ป่าชายเลนคลองบางบ่อจึงได้รับอิทธิน้ำเค็มจากทะเลเป็นส่วนมาก ส่วนน้ำจืดนั้นได้รับอิทธพลจากคลองแม่กลอง ซึ่งจะมีอิทธิพลมากในฤดูน้ำหลาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ปากอ่าวมีการสะสมของตะกอน และธาตุอาหารสูง บริเวณป่าชายเลนคลองบางบ่อ จึงมักได้รับผลกระทบจากปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม การกัดเซาะชายฝั่ง และขยะที่ถูกพัดพามาสะสมตามรากไม้ป่าชายเลน

ปูแสม เป็นสัตว์หน้าดินที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย ตลาดภายในประเทศมีความต้องการปูแสมสูงกว่าปีละ 1,500 ตัน ร้อยละ 90 ของปูแสมในตลาดนั้นเป็นปูแสมที่นำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านอย่างกัมพูชา และพม่า ข้อมูลสถิติการนำเข้าปูแสมทางด่านตรวจสัตว์น้ำ ซึ่งได้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากส่วนควบคุมการค้าสัตว์น้ำและปัจจัยการผลิต กรมประมง พบว่าปริมาณปูแสมนำเข้าผ่านด่านตรวจสัตว์น้ำจังหวัดตราด, จังหวัดตาก, จังหวัดสตูล และจังหวัดระนอง ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2558 เท่ากับ 486 ตัน, 1,538 ตัน, 3,911 ตัน และ 6,740 ตัน รวมมูลค่า 54.6, 296.5, 1,243 และ 2,149 ล้านบาท ตามลำดับ นอกจากนี้ ปูแสมยังมีอิทธิพลต่อความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลน เพราะเป็นตัวช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายอินทรียสาร และมีบทบาทในการเพิ่มออกซิเจนในดิน การขุดรูของปูแสมช่วยระบายน้ำขังในดิน ช่วยให้ดินได้รับก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น เพิ่มความสามารถในการย่อยสลายอินทรียสารในตะกอนด้วย ปูแสมกินซากอินทรียสารและใบไม้ที่ร่วงหล่น เป็นทั้งผู้บริโภคและผู้ย่อยสลายอินทรียสารในห่วงโซ่อาหารทำให้การส่งผ่านพลังงานของสารภายในระบบนิเวศป่าชายเลนมีความอุดมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ศิริพร และอนันต์, 2557) ปูแสมจึงมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตะกอนดิน อันจะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ในบริเวณป่าชายเลน ช่วยชักนำสัตว์หน้าดิน และสัตว์น้ำอื่นๆ ให้เข้ามาในพื้นที่ป่าชายเลนได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

ปัจจุบันทรัพยากรปูแสมลดจำนวนลงอย่างมากจากปัญหาทรัพยากรเสื่อมโทรม และการจับเกินศักย์การผลิตตามธรรมชาติ (overfishing) การขยายตัวของเมืองและชุมชน ทำให้สภาพสิ่งแวดล้อมมีมลภาวะเพิ่มขึ้น ไม่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของปูแสม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกชุมของปูแสม และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ป่าชายเลนคลองบางบ่อ เป็นการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศป่าชายเลน ทำให้

ทราบต้นทุนทางทรัพยากรในพื้นที่ เป็นฐานข้อมูลใช้วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอนาคต อันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนจัดการอนุรักษ์ การเพิ่มประชากรปูแสม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สถานที่ดำเนินการศึกษา คือ พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณคลองบางบ่อ ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม (ละติจูดที่ 13°23' - 13°24' เหนือ และ ลองติจูดที่ 100°01' - 100°02' ตะวันออก) แบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณที่ 1 ป่าชายเลนปากคลองบางบ่อ (สถานีที่ 1) อยู่ด้านหน้าทะเลติดกับชายฝั่งทะเล เป็นแนวป่าอนุรักษ์ของชุมชน พรรณไม้ชนิดเด่น คือ แสมขาว (*Avicennia alba*) และโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ได้รับอิทธิพลการจากการขึ้นลงของน้ำทะเล บริเวณที่ 2 ป่าชายเลนซึ่งอยู่ถัดเข้าไปในแผ่นดิน บริเวณจุดบรรจบคลองสาขา (สถานีที่ 2) ได้รับอิทธิพลการท่วมถึงของน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้น มีพรรณไม้หลากหลายชนิด แต่ไม่หนาแน่น และบริเวณที่ 3 ป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) ได้รับอิทธิการท่วมถึงของน้ำทะเลเฉพาะช่วงน้ำเกิดเท่านั้น ลักษณะดินค่อนข้างแข็งและแห้ง พรรณไม้ชนิดเด่น คือ แสมทะเล (*Avicennia marina*) การรวบรวมข้อมูลจะดำเนินการทุก 2 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 (Figure 1)

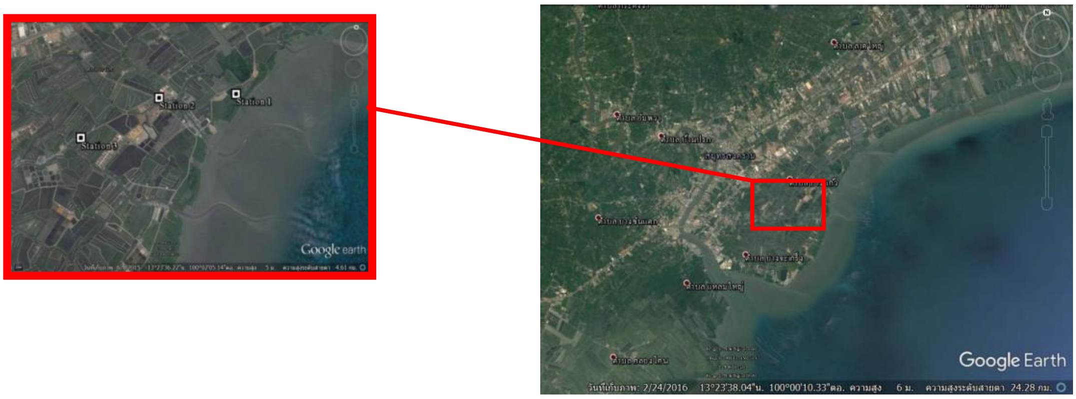


Figure 1 sampling sites in Bang Boo mangrove, Samutsonkram province.

การเก็บตัวอย่างปูแสม

สุ่มเก็บตัวอย่างปูแสมในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 บริเวณ โดยกำหนดแปลงถาวร ขนาด 10 ตารางเมตร จำนวน 3 แปลง แต่ละแปลงสุ่มเก็บตัวอย่างปูแสมด้วยตารางสี่เหลี่ยมนับตัวอย่าง (Quadrat sampling) ขนาด 50 ตารางเซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างปูแสมบริเวณผิวหน้าดิน และปูแสมที่หลบอาศัยอยู่ในรูใต้ดิน แล้วนำไปวิเคราะห์ชนิดในห้องปฏิบัติการ โดยจำแนกชนิดตามหนังสือของ Ai-Yun and Si-Liang (1991), Boon, P.Y. et al., (2009), และ Carpenter, K.E. and Niem, V.H. (1998) ทำการบันทึกจำนวน แยกเพศ วัดขนาด และชั่งน้ำหนัก คำนวณหาความหนาแน่นต่อพื้นที่ ดัชนีความหลากหลายทางชนิด (diversity index) ตามสูตรของ Shanon- Wieners Index ค่าดัชนีความมากชนิด (species richness หรือ richness index) ตามสูตรของ margalef index และค่าดัชนีความเท่าเทียมตามวิธีของ Pielou's evenness index (Ludwig and Reynolds, 1986)

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม

เก็บตัวอย่างดินภายในตารางสี่เหลี่ยมนับตัวอย่าง (Quadrat sampling) ในจุดเดียวกับการสุ่มเก็บตัวอย่างปูแสม ด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) เก็บรักษาสภาพตัวอย่างดินที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาความเค็มในดิน ความเป็นกรด-เบส (pH) ในดิน (John, 1930) ลักษณะตะกอนดิน (soil texture) โดยวิธี Hydrometer method (Bouyoucos, 1962) และสารอินทรีย์ในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley Black modified acid-dichromate (Walkley and Black, 1947) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมกับความหนาแน่นปูแสมในแต่ละพื้นที่ศึกษาด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ด้วยโปรแกรม R (R Core Team, 2017)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. **ความหลากชนิด และความชุกชุมของประชากรปูแสม ในบริเวณป่าชายเลนคลองบางบ่อ**

จากการศึกษาความหลากชนิดของปูแสมในป่าชายเลนคลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงครามทั้ง 3 บริเวณ พบปูแสม 5 ชนิด ในวงศ์ Sesarmidae 4 ชนิด ได้แก่ *Perisesarma eumolpe, Episesarma mederi*, *Episesarma versicolor* และ*Neosarmatium smithi* และวงศ์ Varunidae 1 ชนิด คือ *Metaplax dentipes* (Figure 2) โดยปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* แพร่กระจายอยู่ทุกพื้นที่ศึกษา และมีความชุกชุมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.10±19.52 ของปูแสมที่พบทั้งหมด รองลงมาคือปูแสมชนิด *Episesarma mederi* ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมบริโภค คิดเป็นร้อยละ 25.72±21.89 พบแพร่กระจายสูงสุดในบริเวณป่าชายเลนบริเวณจุดตัดคลองสาขา (สถานีที่ 2) ปูแสมชนิด *Metaplax dentipes* คิดเป็นร้อยละ 16.00±12.67 ส่วนปูแสมชนิด *Episesarma versicolor* ซึ่งเป็นปูแสมอีกชนิดที่นิยมนำไปบริโภค คิดเป็นร้อยละ 4.09±6.61 เท่านั้น ปูแสมชนิด *Neosarmatium smithi* พบเห็นได้น้อย คิดเป็นร้อยละ 2.09±2.62 ของปูแสมที่พบทั้งหมด (Figure 3)

ความชุกชุมของปูแสมในพื้นที่ป่าชายเลนคลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ทั้ง 3 บริเวณ พบว่าบริเวณป่าชายเลนบริเวณจุดบรรจบคลองสาขา (สถานีที่ 2) มีความชุกชุมปูแสมสูงสุด เฉลี่ย 79.47±48.36 ตัว/100 ตารางเมตร รองลงมา คือป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) และป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเล (สถานีที่ 1) มีความชุกชุมเฉลี่ย 60.00±66.19 ตัว/100 ตารางเมตร และ 58.70±66.90 ตัว/100 ตารางเมตร ตามลำดับ บริเวณป่าชายเลนบริเวณจุดบรรจบคลองสาขา (สถานีที่ 2) มีปูแสมชนิด *Episesarma mederi* เป็นชนิดเด่น ขณะที่บริเวณป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเล (สถานีที่ 1) และบริเวณป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) พบปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* เป็นชนิดเด่น

ปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* เป็นกลุ่มปูแสมที่หลบอาศัยอยู่ตามรากของต้นไม้ในป่าชายเลน พบแพร่กระจายอยู่ทุกพื้นที่ศึกษา และมีความชุกชุมมากที่สุด รองลงมาคือปูแสมกลุ่มที่สร้างรูอยู่ใต้ดิน โดยมักขุดรูอยู่ในบริเวณที่น้ำขึ้นน้ำลงท่วมถึง ดินโคลนปนทราย *Episesarma mederi* และ*Metaplax dentipes* ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานผลการศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของปูในป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนของวุฒิพงษ์ และคณะ (2551) ปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* มีการแพร่กระจายกว้าง และชุกชุมมากที่สุด (ร้อยละ 27.88)

การศึกษาปูแสมของจำลอง และคณะ (2548) พบว่า ปูแสมชนิด *Episesarma versicolor* เป็นชนิดที่พบการแพร่กระจาย และชุกชุมต่ำ (ร้อยละ 0.15) ซึ่งอาจมีสาเหตุจากปูชนิดนี้มีพฤติกรรมขุดรูอาศัยลึกประมาณ 50-165 เซนติเมตร และมีจำนวนน้อยมาก

เมื่อพิจารณากลุ่มประชากรปูแสมชนิด *Episesarma mederi* และ*Episesarma versicolor* พบว่ามีความกว้างของกระดองเฉลี่ย 3.05±0.52 เซนติเมตร เป็นปูแสมเพศเมีย ร้อยละ 63 เพศผู้ ร้อยละ 36 และปูกระเทย ร้อยละ 1 และพบปูไข่นอกกระดองในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน

Perisesarma eumolpe

Episesarma mederi

Episesarma versicolor

Neosarmatium smithi

Metaplax dentipes

Figure 2 five species of Mangrove crab collected from Bang Boo Mangrove.

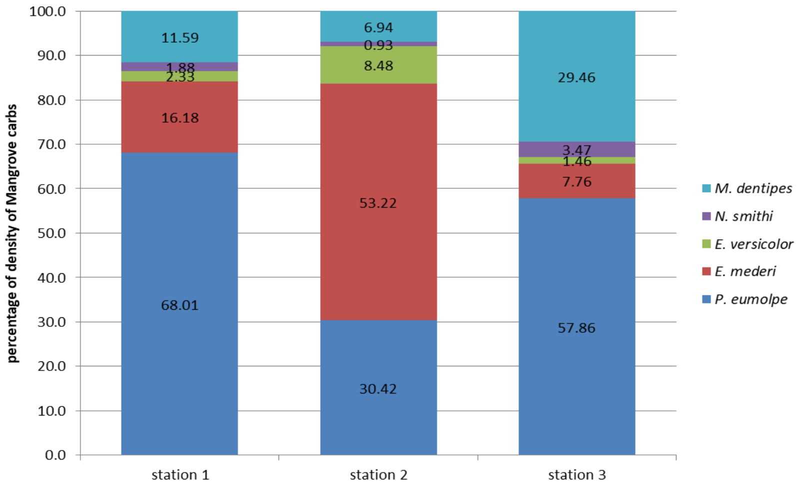


Figure 3 percentage of density of Mangrove crabs in study site

การวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายทางชนิด (diversity index) ของปูแสมในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 บริเวณ พบว่า ดัชนีความหลากหลายทางชนิดของปูแสมบริเวณป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) และป่าชายเลนบริเวณจุดตัดคลองสาขา (สถานีที่ 2) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.99±0.17 และ 1.00±0.12 ตามลำดับ (Table 1) ส่วนบริเวณป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเล (สถานีที่ 1) มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดเฉลี่ย 0.88±0.14 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับดัชนีความหลากหลายทางชนิดของปูแสมที่พบบริเวณสถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 ส่วนดัชนีความมากชนิด (species richness) มีค่าต่ำสุดบริเวณป่าชายเลนสถานีที่ 2 ดัชนีความสม่ำเสมอ (species evenness) มีค่าต่ำสุดบริเวณป่าชายเลนสถานีที่ 1 แต่พื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 3 สถานี มีดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ บริเวณป่าชายเลนสถานีศึกษาที่ 1 มีค่าดัชนีความหลากหลายทาง

ชนิดของปูแสมต่ำกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากเป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเล ได้รับอิทธิพลการท่วมถึงของน้ำทะเลในรอบวัน สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ต้องทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำทะเลสูง ทำให้พบปูแสมมีความหลากหลายทางชนิดต่ำ อิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล ระดับความเค็มของน้ำ และอุณหภูมิในตะกอนดิน มีผลทำให้โครงสร้างของปูแสมในแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกัน (ศิริพร และ อรัญญา, 2557)

Teble 1 species diversity index, species evenness and species richness of Mangrove crab in Bang Boo mangrove

	station 1	station 2	station 3
Diversity Index	0.88±0.14	0.99±0.17	1.00±0.12
Species Evenness	0.63±0.10	0.71±0.13	0.72±0.09
Species Richness	0.99±0.12	0.94±0.06	0.96±0.11

2. ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

ความเค็มของน้ำในดินป่าชายเลนคลองบางบ่อทั้ง 3 บริเวณ มีค่าอยู่ระหว่าง 17-43 psu โดยบริเวณป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเล (สถานีที่ 1) ป่าชายเลนบริเวณจุดตัดคลองสาขา (สถานีที่ 2) และ ป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) มีค่าเท่ากับ 31.25±2.84 psu 28.54±6.85 psu และ 23.50±5.53 psu ตามลำดับ โดยความเค็มของน้ำในดินสูงสุดในช่วงฤดูร้อน (เริ่มตั้งแต่ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) และจะลดต่ำลงในช่วงฤดูฝน (เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงตุลาคม) ความเป็นกรด-เบสของน้ำในตะกอนดิน อยู่ในช่วง 6.18-7.95 โดยมีค่าสูงสุดบริเวณป่าชายเลนสถานีที่ 3 รองลงมา คือบริเวณป่าชายเลน สถานีที่ 2 และป่าชายเลนบริเวณสถานีที่ 1 มีค่า 7.17±0.43, 6.95±0.37 และ 6.82±0.43 ตามลำดับ ปริมาณอินทรียสารในดิน (Organic matter) มีค่าระหว่างร้อยละ 6.82-9.79 (เฉลี่ยร้อยละ 8.29±0.88) ปริมาณอินทรียสารในดินมีค่าสูงสุดบริเวณสถานีที่ 1 เท่ากับร้อยละ 8.87±0.66 รองลงมาคือสถานีที่ 3 เท่ากับร้อยละ 8.18±0.73 และสถานีที่ 2 เท่ากับร้อยละ 7.83±0.71 ตามลำดับ ปริมาณอินทรียสารในดินมีแนวโน้มลดต่ำลงตามระดับความลึกของดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ในดินบริเวณสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 มีปริมาณสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว โดยอาจได้รับอิทธิพลจากธาตุอาหารและตะกอนดินจากบริเวณหาดโคลนและสันดอนทรายปากแม่น้ำแม่กลองซึ่งจะมีปริมาณสะสมสูงเนื่องจากการชะล้างจากแผ่นดินโดยน้ำท่า ถูกกระแสน้ำพัดพาเข้าไปสะสมในคลองบางบ่อ (Figure 4)

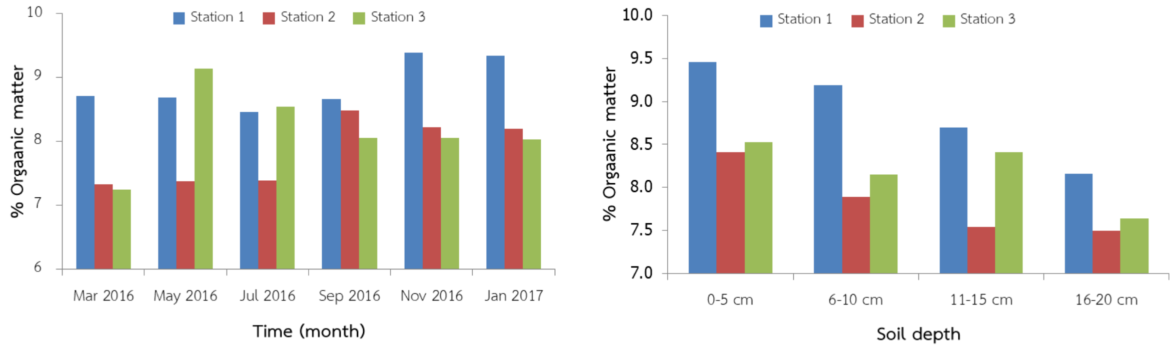


Figure 4 Percentage of organic matter of soil in Bang Boo mangrove

การศึกษาองค์ประกอบของอนุภาคตะกอนดิน พบว่าดินในบริเวณป่าชายเลนคลองบางบ่อทั้ง 3 บริเวณแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีทรายเป็นองค์ประกอบร้อยละ 54-86 (เฉลี่ย 62±4.85) ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) บริเวณป่าชายเลน สถานีที่ 1 และบริเวณป่าชายเลนสถานีที่ 3 มีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) บริเวณป่าชายเลนสถานีที่ 2 เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) (Figure 5)

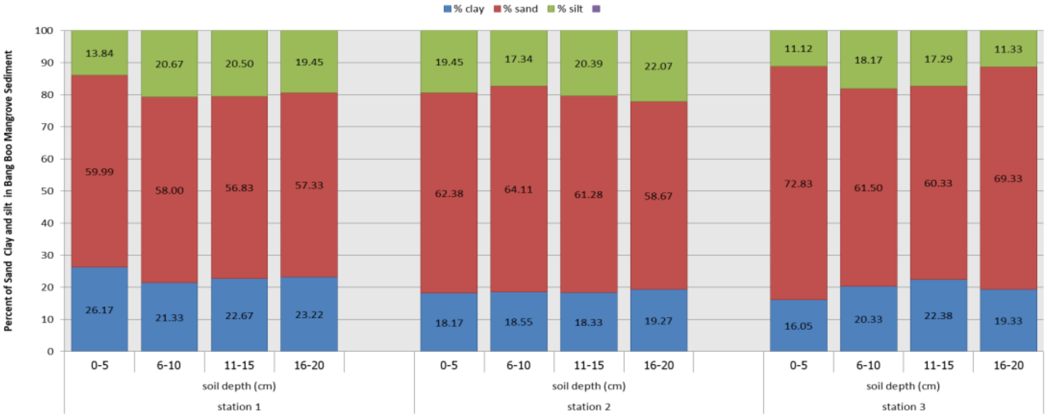


Figure 5 Soil texture of 3 study site

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความชุกชุมปูแสมกับสภาพแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient ; r) ระหว่างความชุกชุมปูแสมที่พบในพื้นที่ศึกษากับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ในบริเวณป่าชายเลนคลองบางบ่อ พบว่า ป่าชายเลนสถานีที่ 1 พบความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์ในทิศทางแปรผันตามค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อนุภาคดินเหนียว (clay) และอนุภาคทราย (sand) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ป่าชายเลนสถานีที่ 2 ความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับความเค็ม และความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และป่าชายเลนสถานีที่ 3 ความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01) (Table 2)

Tabel 2 Correlation coefficient (r) between environmental factors and abundance of Mangrove crabs in Bang Boo mangrove

	station 1	station 2	station 3
Salinity	-0.74	0.85*	0.67
pH	0.88*	0.83*	0.94**
Organic Matter	-0.53	-0.79	-0.20
Clay	0.87*	0.72	0.53
Sand	0.86*	-0.07	-0.22
Silt	-0.08	-0.26	-0.50

* Correlation is significant (P< 0.05)

สรุป

จากการศึกษาความหลากชนิด และความชุกชุมของปูแสมในป่าชายเลนคลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ทั้ง 3 บริเวณ พบปูแสม 5 ชนิด ในวงศ์ Sesarmidae 4 ชนิด ได้แก่ *Perisesarma eumolpe, Episesarma mederi*, *Episesarma versicolor* และ *Neosarmatium smithi* และวงศ์ Varunidae 1 ชนิด คือ *Metaplax dentipes* โดยปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* มีความชุกชุมมากที่สุด รองลงมาคือปูแสมชนิด *Episesarma mederi* และ *Metaplax dentipes* คิดเป็นร้อยละ 52.10±19.52, 25.72±21.89 และ 16.00±12.67 ของปูแสมที่พบทั้งหมด ตามลำดับ

บริเวณป่าชายเลนติดชายฝั่งทะเล (สถานีที่ 1) พบความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์ในทิศทางแปรผันตามค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อนุภาคดินเหนียว (clay) และอนุภาคทราย (sand) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีความเค็มของน้ำในดินและปริมาณอินทรียสารในดินสูงกว่าสถานีอื่น ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดัชนีความหลากหลายทางชนิด(diversity index) และดัชนีความสม่ำเสมอมีค่าต่ำ ปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* เป็นชนิดเด่น

บริเวณป่าชายเลนบริเวณจุดบรรจบคลองสาขา (สถานีที่ 2) มีความชุกชุมปูแสมสูงสุด มีปูแสมชนิด *Episesarma mederi* เป็นชนิดเด่น มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด(diversity index) สูงสุด แต่ดัชนีความมากชนิด (species richness) มีค่าต่ำสุด เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ความชุกชุมของปูแสมแปรผันตรงกับความเค็ม และความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ป่าชายเลนในเขตชุมชน (สถานีที่ 3) พบปูแสมชนิด *Perisesarma eumolpe* เป็นชนิดเด่น ดัชนีความหลากหลายทางชนิด (diversity index) ใกล้เคียงกับบริเวณสถานีที่ 2 ความชุกชุมของปูแสมมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำในตะกอนดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.01)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ การศึกษาความชุกชุมของปูแสม และการผลิตลูกปูแสมเพื่อปล่อยเสริมในพื้นที่ป่าชายเลนคลองบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม รหัสโครงการ พ (ด) ท-8.5 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2559

เอกสารอ้างอิง

จำลอง โตอ่อน, ปิ่นสักก์ สุรัสวดี, ศิวพร ราชสุวรรณ และวิทยา ขุนสัน. 2548. **ชนิด และการกระจายของปูแสมในบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2548, สถานีวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สมุทรสาคร), กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 17 หน้า

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์,ศิริวรรณ ศิริบุญ,จิราวรรณ ใจเพิ่ม และพัฒนวรรณ หมู่คุ้ย. 2558. **แหลมใหญ่...สมุทรสงคราม...แหล่งเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลน.** กรุงเทพฯ : บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) : คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 459 หน้า

ฒิพงษ์ วงศ์อินทร์, นงนุช ศิลปะสาร, พัชราภรณ์ เยาวสุต, ไพรินทร์ เพ็ญประไพ, วัลภา ทองดียิ่ง และวินัย เสาวฤทธิ์. 2551. **ชนิดและการแพร่กระจายของปูบริเวณป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร.** วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง , ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 หน้า 115-124

ศิริพร ประคุณวีรวัฒน์ และอนัญญา เจริญพรนิพัทธ. 2557. **การแพร่กระจายและความชุกชุมของปูแสมในวงศ์ Sesarmidea บริเวณป่าชายเลนคลองไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี**. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, ปีที่ 32 ฉบับที่ 1 หน้า 40-49

Ai-Yun, D., & Si-Liang, Y. 1991. **Crabs of the China Seas**. Beijing: China Ocean Press Beijing.

Bouyoucos, GJ, 1962. **Hydrometer method improved for making partile size analysis of soils**. Agron J, 54:464-465

Carpenter, K.E. and Niem, V.H. 1998. **The living Marine Resources of the Western Central Pacific Volume 2: Cephalopods, Crustaceans, Holothurians and Sharks**. Rome: FAO. 1138- 1146.

Frusher, S.D., R.L. Giddins and Smith, T.J. 1994. **Distribution and abundance of grapsid crabs (Sesarmidae) in a mangrove estuary: Effects of sediment characteristics, salinity.** Estuaries. 17:647-854.

Jones, J. 1930. **Laboratory guide forconducting soil test plant analysis**. Boca Raton: CRC Press. 363p.

Ludwig, A.J. and J.F. Reynolds. 1986. **Statistical Ecology**. John Wiley and Sons Inc., New York. 337 pp.

Boon, P.Y., Yeo, D.C.J., Todd, P.A. 2009. **Sound production and reception in mangrove crabs Perisesarma spp. (Brachyura: Sesarmidae).** Aquatic Biology 5 (2) : 107-116

R Development Core Team (2017), **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. URL http://www.R-project.org.

Walkley, A. and I.A. Black, 1947. **Chromic acid titration method for determination of soil organic matter**. Soil. Sci. Amer. Proc. 63:257.

ผลของการเสริมไคโตซานในอาหารกุ้งต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการลอกคราบของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่ความเค็มน้ำ 3 ระดับ

Effect of Dietary Chitosan Supplementation on Growth, Survival Rate and Molting of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at 3 Salinity Levels

กมลรัตน์ ยงเจริญ[1*] และบุญรัตน์ ประทุมชาติ[1]

Kamonrat Youngjareon[1*] and Boonyarath Pratoomchat[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาผลการเสริมไคโตซานในอาหารเลี้ยงกุ้ง 3 ระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ และการลอกคราบ ของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) วางแผนการทดลอง 2x3 factorial in CRD ด้วยไคโตซานในอาหาร 2 ระดับ (0 และ 0.2%) และความเค็ม 3 ระดับ (10 , 23 และ 36 ppt) เลี้ยงกุ้งน้ำหนักเริ่มต้น 3 กรัม ในถังไฟเบอร์ 300 ลิตร ความหนาแน่น 30 ตัว/ถัง แต่ละถังต่อเข้ากับน้ำระบบหมุนเวียนกึ่งปิด ให้อาหารสูตรละ 4 ซ้ำ อัตรา 5% ของน้ำหนักตัว วันละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 60 วัน ผลการเสริมไคโตซาน 0.2% ในอาหาร พบว่ากุ้งมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่า และอัตราแลกเนื้อต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม ($p<0.05$) ขณะที่ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก , ความแปรปรวนของน้ำหนัก, อัตรารอดตาย, น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน และการลอกคราบ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ผลความเค็มพบว่า ความเค็ม 36 ppt ทำให้กุ้งมีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้น, น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงความเค็ม 23 ppt และ 10 ppt ($p<0.05$) กุ้งเลี้ยงที่ความเค็ม 36 และ 23 ppt มีค่าอัตรารอดตายสูงกว่าและอัตราแลกเนื้อต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 10 ppt ($p<0.05$) ขณะที่กุ้งเลี้ยงในความเค็มทั้ง 3 ระดับ มีค่าความแปรปรวนของน้ำหนัก และการลอกคราบ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และไม่พบอิทธิพลร่วมของการเสริมไคโตซานและความเค็มในการเลี้ยงกุ้งต่อค่าต่างๆ ($p>0.05$)

ABSTRACT

Effect of dietary chitosan supplementation for reared white shrimp in various 3 levels of salinity on growth, survival, feed conversion ratio and molting of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) was studied. The 2x3 factorial in CRD experiment was carried out to determine dietary chitosan supplementation, 2 levels (0 and 0.2%) and water salinity at 3 levels (10, 23 and 36 ppt). Shrimp, an initial weight of 3 g, was stocked in 300 L- fiberglass tank with density of 30 shrimp/tank. Each tank was connected to semi-close water reciculation system. Four shrimp groups were feed each diet by 5% of body weight divided into 4 meals for 60 days.

The results showed that shrimp fed 0.2% chitosan supplemented diet was significantly higher weight gain (%WG) and lower feed conversion ratio (FCR) than shrimp fed non chitosan supplemented diet ($p<0.05$). Meanwhile, non-significant difference of specific growth rate on weight (SGR_w), standard variance on weight (SVW), survival rate (SR), average diary growth (ADG) and molting frequency (MF) were observed ($p>0.05$). Study on effect of water salinity showed that shrimp reared in 36 ppt showed higher weight gain (%WG), specific growth rate on weight (SGR_w) and average diary growth (ADG) than shrimp reared in 23 ppt and 10 ppt ($p<0.05$). Shrimp reared in 36 and 23 ppt was significantly higher survival rate (SR) and feed conversion ratio (FCR) than shrimp reared in 10 ppt ($p<0.05$). Meanwhile, non-significant difference of standard variance on weight (SVW) and molting frequency (MF) were observed among treatment ($p>0.05$). There was no interaction of dietary chitosan supplementation and water salinity on the measured parameters ($p>0.05$).

Key Words: white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, chitosan

*Corresponding author; e-mail address: **kamonrat.buu@gmail.com**

[1]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[1]Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

คำนำ

ผลผลิตกุ้งในประเทศไทยของเกษตรกรทั้งประเทศ หลังจากมีการแปรรูปเพื่อการส่งออกมักจะมีเศษทิ้งของหัวและเปลือกเป็นจำนวนมากจึงกลายเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมส่งออก ที่มีการศึกษานำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ในส่วนของอุตสาหกรรมเกษตรนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับสภาพดิน รักษาคุณภาพและอายุผลผลิตทางการเกษตรเพื่อการส่งออก ใช้บำบัดคุณภาพน้ำ และด้านการเจริญเติบโตในอาหารสัตว์บกและสัตว์น้ำ ด้วยคุณสมบัติของไคโตซาน เป็นสารจากธรรมชาติสัตว์น้ำสามารถนำมาใช้ได้ทันทีจากขบวนการผลิตในการกำจัดโปรตีนและแร่ธาตุ โดยไม่ต้องเสียพลังงานในการเปลี่ยนจากไคตินเป็นไคโตซาน มีความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทางด้านการประมงได้นำสารไคโตซานมาใช้ในแง่ของสารเคลือบอาหารและผสมในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะกุ้งขาวที่ส่งออกมากที่สุดร้อยละ 96 ระหว่างปี 2555-2559 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ด้วยลักษณะเด่นของสายพันธุ์เจริญเติบโตเร็ว เลี้ยงง่าย อัตรารอดตายสูงใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเร็วกว่ากุ้งชนิดอื่นๆ มีความทนสูงต่อสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะความเค็มที่เปลี่ยนแปลง มีผลต่อการลดต้นทุนการเลี้ยงและการแพร่ระบาดของโรคกุ้ง เกษตรกรในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ จึงหันมาเลี้ยงกุ้งที่ความเค็มต่ำ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้งชนิดนี้ประมาณ 23 ppt (บุญรัตน์ และกระสินธุ์, 2554) การนำมาเลี้ยงในความเค็มที่ต่ำกว่าทำให้กุ้งประสบปัญหาการลอกคราบไม่ออก โตช้า และอัตราแลกเนื้อสูง เนื่องจากกุ้งต้องเสียพลังงานเพื่อรักษาสมดุลเกลือแร่ในร่างกายให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จนเหลือพลังงานไม่เพียงพอในการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ในการเลี้ยงกุ้งที่ความเค็ม 10 ppt กุ้งต้องใช้พลังงานจากแหล่งโปรตีน เพื่อปรับสมดุลในร่างกายเป็นอันดับแรกก่อน ใช้เพื่อการลอกคราบและการเจริญเติบโต (บุญรัตน์ และกระสินธุ์, 2554) และเมื่ออยู่ในความเค็มสูงกว่า 23 ppt ต้องใช้พลังงานเพื่อขับเกลือแร่ที่มากเกินความต้องการออกจากร่างกายก่อนเช่นกัน จากลักษณะการเจริญเติบโตเร็วในข้างต้นกระบวนการสะสมสารอาหารและแร่ธาตุต้องพร้อมในการสร้างเปลือกและลอกคราบให้สมดุลกัน ซึ่งความเค็มมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในร่างกายครัสเตเชียน (บุญรัตน์ และคณะ, 2547)

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการเสริมไคโตซานใช้ในอาหารกุ้งโดยใช้เป็นทั้งสารเคลือบและวัตถุดิบผสมอาหาร ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับโครงสร้างของเปลือกกุ้ง ประกอบด้วยไคติน (Chitin) และโปรตีน (Pratoomchat *et al.*, 2002) สามารถนำไคโตซานที่เป็นอนุพันธ์ของไคตินเป็นสารตั้งต้นที่กุ้งนำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ เปลือกและการลอกคราบ หากได้รับไคโตซานในปริมาณที่เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบผลของการเสริมไคโตซานในอาหารต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย การลอกคราบ และการแข็งตัวของเลือดกุ้งขาวแวนนาไม (*L. vannamei*) วัยรุ่นที่เลี้ยงความเค็ม 3 ระดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลอง 2x3 factorial in CRD ประกอบด้วยไคโตซานในอาหาร 2 ระดับ (0 และ 0.2%) และความเค็ม 3 ระดับ (10 , 23 และ 36 ppt) เลี้ยงกุ้งน้ำหนักเริ่มต้น 3 กรัม ในถังไฟเบอร์ 300 ลิตร ความหนาแน่น 30 ตัว/ถัง แต่ละถังต่อเข้ากับน้ำระบบหมุนเวียนกึ่งปิด ให้อาหารสูตรละ 4 ซ้ำ อัตรา 5% ของน้ำหนักตัว วันละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 60 วัน

การเตรียมระบบเลี้ยง

เตรียมระบบน้ำหมุนเวียนกึ่งปิด (semi-close recirculation system) ทั้งหมด 3 ชุด แต่ละชุดแยกกันประกอบด้วย ถังตกตะกอน ถังบำบัดชีวภาพ โดยแต่ละถังมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลาและมีอัตราการไหลของน้ำ 1 ลิตรต่อนาที ซึ่งจะเติมน้ำเพิ่มหากน้ำหายไปจากระบบ เลี้ยงกุ้งในถังไฟเบอร์ ขนาด 300 ลิตร ปริมาตรน้ำ 200 ลิตร ถังคลุมด้วยสแลนสีดำ เพื่อลดแสงลดสิ่งรบกวนจากภายนอกและป้องกันกุ้งกระโดดออกนอกถังอุณหภูมิระหว่างการเลี้ยงอยู่ระหว่าง 28-31 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและแอมโมเนียน้อยกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเตรียมกุ้งทดลองและการปรับสภาพกุ้งทดลอง

รวบรวมกุ้งทดลองระยะ PL 15 จากฟาร์มเอกชนปลอดโรค แข็งแรงสมบูรณ์ ประมาณ 5,000 ตัว ปรับสภาพแวดล้อมในบ่อพักและอนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูป จนกุ้งมีน้ำหนักประมาณ 3 กรัม ปรับความเค็มน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงทั้ง 3 ระดับ 10, 23 และ 36 ppt จะค่อยๆปรับความเค็มน้ำจากความเค็ม 23 ppt ขึ้นและลงให้ได้ความเค็มที่ต้องการครั้งละ 2 ppt/ ชั่วโมง คัดกุ้งทดลองที่แข็งแรงมีขนาดใกล้เคียงกันลงเลี้ยงในถังไฟเบอร์ ขนาด 300 ลิตร จำนวน 30 ตัวต่อถัง (0.8 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร) จำนวน 24 ถัง

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทั้ง 2 สูตร มีส่วนประกอบของวัตถุดิบเหมือนกัน ยกเว้นระดับของไคโตซานที่ 0 % , 0.2 % ตามลำดับ กำหนดให้มีสารอาหารในระดับที่ใกล้เคียงกันคือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 35 % ไขมันไม่ต่ำกว่า 5 % ความชื้นไม่มากกว่า 11 % กากไม่มากกว่า 3 % มีปลาป่นและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนหลัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบของอาหารที่ใช้ทดลองตามวิธีของ AOAC (2005) (Table 1)

การให้อาหารทดลอง

ให้อาหาร 5% ของน้ำหนักกุ้งวันละ 4 ครั้ง ในเวลา 06.00 น. 10.00 น. 14.00 น. และ18.00 น. บันทึกข้อมูลการให้อาหาร เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราแลกเนื้อ

การเก็บข้อมูล

สุ่มกุ้ง 25% ของจำนวนทั้งหมด 30 ตัว ในแต่ละซ้ำ ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาว ทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 60 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain; %WG), น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average diary growth ; ADG), อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนัก (Specific growth rate on weight; SGR_W), ความแปรปรวนของน้ำหนัก (Standard variance on weight; SVW), อัตราการรอดตาย (Survival rate; SR), อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio; FCR) และการลอกคราบ (Molting frequency; MF)

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ตรวจสอบคุณภาพน้ำในถังเลี้ยงก่อนเริ่มและระหว่างทดลองเก็บน้ำจากถังทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ โดยวิเคราะห์ พีเอช (Meter Toledo 320 model) ออกซิเจนที่ละลายน้ำและอุณหภูมิของน้ำ (YSI model 52) ความเค็ม (Salino- refractometer) แอมโมเนียรวม วิธี Phenol hypochlorite (Grasshoff, 1976) ไนไตรท์ (Grasshoff, 1976) และความเป็นด่างรวม วิธี Tritration (APHA AWWA and WPCF, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแบบ Two-way Anova และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey' s HSD test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Table 1 Composition of the experimental diets (% dry matter)

Ingredient	0.2% chitosan	0% chitosan
Thai tuna fish Meal	37.00	37.00
Soybean meal	12.00	12.00
squid meal	3.00	3.00
Wheat gluten	4.00	4.00
wheat flour	16.00	16.00
α-Starch	17.80	18.00
Tuna oil	5.61	5.61
Choline chloride 50%	0.60	0.60
Vitamin premix[1]	1.00	1.00
Mineral premix[2]	1.00	1.00
Monocalcium phosphate	0.20	0.20
BHT	0.02	0.02
Lecithin 60%	1.00	1.00
Vitamin E 50%	0.02	0.02
Vitamin C 35%[3]	0.10	0.10
Cholesterol	0.20	0.20
Chitosan	0.20	0.00
Calcium propionate	0.20	0.20
Polymethyl carbomide (binder)	0.05	0.05
Proximate analysis (% as fed)		
Moisture	11.13	10.90
Crude protein	36.93	36.95
Crude Lipid	8.18	8.44
Ash	11.72	10.00
Fiber	0.97	0.78
NFE	31.07	32.93

[1]Vitamin premix g kg^{-1}: Thiamine – HCl 60, Riboflavin 25 , Pyridoxin – HCl 50, Nicotinic acid 40, Ca – d – Pantothenate 75, Biotin 2 % 1, Folic HF 85 % 10, Inositol 400, Vitamin B_{12} 0.05, Vitamin E_{50} 100, Vitamin K_3 50 % 35, Vitamin A 5, Vitamin D_3 1.00

[2]Mineral premix g kg^{-1}: $Ca(H_2PO_4)_2 H_2O$ 2.5, $NaH_2PO_4 2H_2O$ 3.75, KH_2PO_4 2.5, KCl 1.25 [3]VitaminC : Ca – PO_4

ผลการทดลอง

ผลของการเสริมไคโตซานในอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้งขาวที่ 3 ระดับความเค็มต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย อัตราแลกเนื้อ และการลอกคราบของกุ้งขาว

1. ผลของการเสริมไคโตซานในอาหาร

กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม (0%) และเสริมไคโตซาน 0.2% มีค่า %WG ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไคโตซาน มีค่าสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม ($p<0.05$) และ FCR กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไคโตซานมีค่าต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม ($p<0.05$) โดยไม่มีผลความแตกต่างในค่า ADG, SGR_W, SVW, SR และ MF ($p>0.05$)

2. ผลของความเค็ม

กุ้งที่เลี้ยงความเค็ม 36 ppt พบว่ามีค่า %WG, ADG และ SGR_W สูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงความเค็ม 23 ppt และ 10 ppt ($p<0.05$) กุ้งเลี้ยงที่ความเค็ม 36 และ 23 ppt มีค่า SR สูงกว่าและ FCR ต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 10 ppt ($p<0.05$) ขณะที่กุ้งเลี้ยงในความเค็มทั้ง 3 ระดับ มีค่า SVWและ MF ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

3. อิทธิพลร่วมของการเสริมไคโตซานและระดับความเค็ม

ผลการศึกษาไม่พบอิทธิพลร่วมของการเสริมไคโตซานและระดับความเค็มต่อค่า %WG , ADG, SGR_W, SVW, SR, FCR และ MF ($p>0.05$)

Table 2 Effects of dietary chitosan supplementation in feed and salinity on growth, survival rate and molting of *L. vannamei*

		WG (%)	SGR_W (% / day)	SVW (%)	SR (%)	ADG_w (g/day)	FCR	MF (%/day)
Chitosan	0%	199.20±18.81^{b}	1.86±0.09	10.63±2.25	71.67±18.66	0.1±0.00	1.88±0.62^{a}	1.63±0.48
	0.2%	210.14±12.38^{a}	1.86±0.08	10.74±3.41	71.94±20.07	0.10±0.00	1.67±0.51^{b}	1.65±0.44
Salinity	10 ppt	196.33±13.46^{b}	1.81±0.07^{b}	11.03±3.41	47.92±6.40^{b}	0.10±0.00^{b}	2.50±0.28^{a}	1.84±0.48
	23 ppt	203.36±14.37^{b}	1.84±0.05^{b}	9.61±2.24	87.5±7.50^{a}	0.10±0.00^{b}	1.38±0.25^{b}	1.53±0.50
	36 ppt	214.31±18.00^{a}	1.94±0.07^{a}	11.41±2.76	80.00±8.54^{a}	0.11±0.00^{a}	1.45±0.13^{b}	1.56±0.35
Chitosan 0%	S 10 ppt	188.54±11.94	1.81±0.06	11.06±2.66	48.33±8.39^{b}	0.10± 0.01	2.65±0.24^{a}	1.95± 0.52
	S 23 ppt	193.44±9.96	1.83±0.05	10.17± 2.70	83.33±8.61^{a}	0.11± 0.00	1.54±0.27^{b}	1.43± 0.46
	S 36 ppt	223.75±22.37	1.95±0.09	10.67±1.93	83.33±6.67^{a}	0.12± 0.01	1.42±0.18^{b}	1.54±0.41
Chitosan 0.2%	S 10 ppt	204.12±10.88	1.81±0.09	11.02± 4.49	47.5±5.00^{b}	0.10± 0.01	2.31±0.23^{a}	1.74± 0.50
	S 23 ppt	213.26±11.00	1.85±0.06	9.07± 1.90	91.67±3.34^{a}	0.11± 0.01	1.21±0.04^{b}	1.64± 0.59
	S36 ppt	213.02±15.83	1.92±0.06	12.16±3.55	76.67±9.81^{a}	0.12± 0.01	1.47±0.01^{b}	1.60 ±0.35
P value two-way ANOVA								
Chitosan		0.078	0.972	0.928	0.927	0.581	0.015	0.916
Salinity		0.065	0.007	0.469	0.000	0.005	0.000	0.382
SalinityxChitosan		0.277	0.789	0.695	0.147	0.924	0.082	0.685

Note: Value in the same column followed by different letters were significantly different ($P<0.05$)
WG (%)= Weight gain, ADG (g/day)= Average diary growth, SGRW (%/day)= Specific growth rate on weight, SVW (%)= Standard variance on weight, SR (%)= Survival rate, FCR= Feed conversion ratio and MF (%/day)= Molting frequency

Table 3 Comparison of water quality parameters in reared tanks

Water quality	Salinity		
	10 ppt	23 ppt	36 ppt
Dissolved Oxygen (mg/l)	4.11-4.45	4.65-5.24	4.58-5.16
Alkalinity (mg/l)	85-117	107-130	120-136
Total ammonia (mg/l)	0.5-0.8	0.5-0.6	0.5-0.6
Nitrite (mg/l)	0.02-0.8	0.02-0.3	0.02-0.5
pH	7.5-7.61	7.69-8.23	8.47-8.81
Temperature ($^{\circ}$C)	28-31	28-31	28-31

4. ผลคุณภาพน้ำ

เนื่องจากกุ้งที่เลี้ยงเป็นระยะก่อนวัยรุ่นต้องใช้อาหารโปรตีนสูง และเลี้ยงในระบบน้ำกึ่งหมุนเวียน ทำให้การขับถ่ายของเสียมีปริมาณแอมโมเนียมาก เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียที่มีพิษต่อกุ้งเกิดการสะสมในเลือดและเนื้อเยื่อ ประกอบกับเลี้ยงที่ความเค็มน้อยก็จะมีปริมาณคลอไรด์ในน้ำน้อย ส่งผลต่อเนื่องถึงความเป็นพิษของไนไตรท์ค่อนข้างสูง ทำให้กุ้งเลี้ยงที่ความเค็ม 10 ppt มีการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อไม่ดีเท่ากับที่ความเค็ม 23 และ 36 ppt เนื่องจากปริมาณอัลคาไลน์นิตี้ในน้ำเลี้ยงกุ้งที่ความเค็ม 10 ppt ต่ำกว่ากุ้งที่เลี้ยงความเค็มที่สูงกว่าต้องแก้ไขด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำบางส่วนและลดปริมาณอาหารลง

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าความเค็ม 23 ppt เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวที่สุด ในแง่การเจริญเติบโต อัตรารอดตายและอัตราแลกเนื้อ ทั้งนี้อาจต่อเนื่องจากความเค็ม 23 ppt เป็นความเค็มที่ร่างกายกุ้งขาวมีความสมดุลของน้ำและแร่ธาตุระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมหรือเรียกว่า Iso-osmotic point (IOP) (บุญรัตน์ และกระสินธุ์, 2554) ขณะที่ความเค็มที่สูงหรือต่ำกว่า 23 ppt ทำให้กุ้งต้องสูญเสียพลังงานและสารอาหารในการรักษาสมดุลของและแร่ธาตุ ซึ่งส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายต่ำลงและมีอัตราแลกเนื้อสูงขึ้น โดยการเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่าจุด IOP น่าจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตายและอัตราแลกเนื้อมากกว่าการเลี้ยงความเค็มสูงกว่าจุด IOP ซึ่งการทดลองนี้พบว่าการเลี้ยงกุ้งความเค็ม 10 ppt ทำให้กุ้งขาวมีอัตราเจริญเติบโตและอัตรารอดตายต่ำกว่าและมีอัตราแลกเนื้อสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงความเค็ม 36 ppt โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Maicá *et al.* (2014) พบว่ากุ้งขาวระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงความเค็ม 16 และ 4 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายต่ำกว่าและมีอัตราแลกเนื้อสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็ม 32 ppt รวมทั้งการเลี้ยงกุ้งขาวระยะวัยรุ่นที่ความเค็ม 9, 18 และ 36 ppt (Decamp *et al.*, 2003)

อัตรารอดตายต่ำของกุ้งที่เลี้ยงความเค็มต่ำอาจเกิดจากภาวะความเค็มต่ำไปกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนลอกคราบทำให้เกิดการลอกคราบเร็วขึ้น แม้ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับฮอร์โมนลอกคราบ แต่การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าความเค็มที่ลดต่ำลงทำให้กุ้งมีความถี่การลอกคราบมากขึ้น เช่น ในกุ้งคุรุมา (Chen and Bian, 1994) กุ้งขาวจีนระยะวัยรุ่น (*L. chinensis*) (Mu *et al.*, 2005) และกุ้งขาวระยะวัยรุ่น (Su *et al.*, 2010) ซึ่งให้ผลในแนวทางเดียวกันคือกุ้งขาวที่เลี้ยงความเค็ม 10 ppt ของการทดลองนี้ที่ลอกคราบสูงกว่ากุ้ง

ที่เลี้ยงความเค็ม 23 และ 36 ppt ซึ่งความถี่ในการลอกคราบที่มากขึ้นทำให้โอกาสที่กุ้งหลังการลอกคราบและเปลือกยังไม่แข็งตัวถูกกินโดยกุ้งที่ไม่ลอกคราบส่งผลให้อัตรารอดตายลดต่ำลง

แม้ว่าการเสริมไคโตซาน 0.2% ในอาหารกุ้งขาวระยะวัยรุ่นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและความถี่การลอกคราบ แต่ทำให้กุ้งมีอัตราแลกเนื้อดีขึ้น การทดลองนี้พบว่าการไม่เสริมไคโตซานในอาหารมีผลให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโต และความถี่การลอกคราบไม่แตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมไคโตซาน 0.2% แสดงให้เห็นว่ากุ้งขาวระยะวัยรุ่นสามารถย่อยไคโตซานจากวัตถุดิบอื่นๆเพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่การเสริมไคโตซาน 0.2% ทำให้กุ้งมีอัตราแลกเนื้อดีกว่าเป็นไปได้ว่าการเสริมไคโตซานอาจทำให้อาหารมีความคงตัวมากขึ้นกุ้งจึงสามารถกินและใช้ประโยชน์อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับอาหารที่ไม่เสริมไคโตซานที่ละลายน้ำได้เร็วกว่า ขณะที่การเลี้ยงกุ้งขาวระยะโพสลาวาในบ่อดินเป็นระยะเวลา 100 วัน พบว่าการเสริมไคโตซาน 0.02 และ 0.04% ทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและต้นทุนการผลิตกุ้งดีกว่าการไม่เสริม (วัชระอำพล , 2556) ผลการทดลองดังกล่าวนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ไคโตซานของกุ้งเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว จากการเปลี่ยนแปลงความถี่ในการลอกคราบ, เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมสารอาหารจากการเสริมระดับไคโตซานที่เหมาะสม (Attasart *et al.*, 2005; Wang & Chen 2005; Niu *et al.*, 2011) เช่นเดียวกับการทดลองของ ปิยะบุตร และคณะ (2544) ที่พบว่ากุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อดินและให้อาหารที่เสริมไคโตซาน 0.04% มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและต้นทุนการผลิตกุ้งดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริมไคโตซาน

สรุป

การเสริมไคโตซาน 0.2 % ในอาหารกุ้งขาวระยะวัยรุ่น มีผลต่อ %WG และ FCR ที่ดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม แต่ไม่มีผลต่อค่า ADG, SGR_w, SVW, SR และ MF ขณะที่ผลของความเค็ม ที่ความเค็ม 36 ppt ทำให้กุ้งมีค่า %WG, ADG และ SGR_w สูงกว่าความเค็ม 23 ppt และ 10 ppt โดยที่ความเค็ม 36 และ 23 ppt มี SR ที่สูงกว่าความเค็ม 10 ppt และ FCR ที่ต่ำกว่าความเค็ม 10 ppt แต่ทั้ง 2 ระดับมีค่าดังกล่าวไม่ต่างกัน และไม่พบอิทธิพลร่วมของการเสริมไคโตซานและความเค็มในการเลี้ยงกุ้งครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บุญรัตน์ ประทุมชาติ, บัลลังก์ เนื่องแสง และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. 2547. **ผลของการเสริมเกลือแร่ในอาหารและการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเคมีของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงระบบพัฒนา**. รายงานภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 64 หน้า.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และกระสินธุ์ หังสพฤกษ์. 2554. **ผลของการเสริมธาตุทองแดงในรูปคีเลตในอาหารต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงสรีระเคมีของกุ้งขาววัยรุ่น** (*Litopenaeus vannamei*). รายงานภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 62 หน้า.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์, นบชนก ธนพงศธร และสุวลี จันทร์กระจ่าง. 2544. การใช้ไคตินไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ.น.30-37.**ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 39, 30 ม.ค.-2 ก.พ. 2544.

วัชรอำพล สีระคาม. 2556. **ผลของการเสริมไคโตซานในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อดิน**. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ. 49 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2559**. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560**. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC) . 2005**. Official Methods of Analysis** (18 th ed.). Washington, DC: American Public Association.

APHA, AWWA and WPCF. 1980. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 15th. ed. New York, American Pubic Health Publishers, Inc. 1134 pp.

Chen, J., and P. J. Bian. 1994. An influence of the low salinity upon tiger shrimp *Penaeus japonicus*. **Journal of Zhejiang College Fishery** 13(4):189-192.

Decamp, O., Cody, J., Conquest, L., Delanoy, G. and Tacon, A. G. J. 2003. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research** 34:345-355.

Grasshoff, K. 1976. Methods of Seawater Analysis. Germany, Verlag Chemic. 314 pp.

Mu, Y. C., F. Wang, and S. L. Dong. 2005. The effects of salinity fluctuation in different ranges on the intermolt period and growth of juvenile *Fenneropenaeus chinensis*. **Acta Oceanologica Sinica** 24(3): 141-147.

Niu, J., Liu, Y.J., Lin, H.Z., Mai, K.S., Yang, H.J., Liang, Y.G., & Tian, L.X. 2011. Effects of dietry chitosan on growth, survival and stress tolerance of postlarval shrimp, *Litopenaeus vannamei.* **Aquaculture Nutrition** 17:406-412.

Paula Fraga Maicá, Maude Regina de Borba, Tatiana Germano Martins and Wilson Wasielesky Junior. 2014. Effect of salinity on performance and body composition of Pacific white shrimp juveniles reared in a super-intensive system. **Revista Brasileira de Zootecnia R. Bras. Zootec**. 43(7):343- 350.

Pratoomchat, B., Sawangwong, P., Guedes, R., Reis, M. D. L., & Machado, J. (2002a). Cuticle Ultrastruct culture changes in the crab Scylla serrata over the molt cycle. Journal of **Experimental Zoology**, 293(4), 414-426.

Yuepeng Su, Shen Ma, and Cuimei Feng. 2010. Effects of salinity fluctuation on the growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei* at different temreratures. **Journal of crustacean biology** 30 (3): 430-434.

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

Subject: Agricultural Extension and Home Economics

ภาคบรรยาย

Oral Presentation

ความสำเร็จของการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

Achievement of Group Formation and Cluster Building of Agricultural Learning Center, Hinmoon Subdistrict, Bang len District, Nakhon Pathom Province

นิลุบล สุขภาพ[1*]

Nilubon Sukapap[1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความสำเร็จของการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ ผลการศึกษา พบว่าปัจจัยที่ทำให้ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ประสบความสำเร็จมี 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านผู้นำ เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการบริหารจัดการกลุ่ม มีองค์ความรู้และเป็นผู้ที่ประสบความสำเร็จในการทำการเกษตร เป็นที่ยอมรับนับถือของคนในชุมชน เป็นผู้ที่เสียสละการทำงานส่วนตัวมาทำงานส่วนรวม มีการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทำงานโปร่งใสตรวจสอบได้ 2) ด้านบริหารจัดการ มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาและศักยภาพของชุมชน และจัดทำแนวทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น มีการกำหนดให้ประชุมร่วมกับสมาชิกอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง มีการกำหนดโครงสร้างองค์กรที่ประกอบไปด้วยผู้ที่มีความรู้ความสามารถ มีการกำหนดบทบาทและหน้าที่อย่างชัดเจน สมาชิกมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ และให้ความร่วมมือในการทำงานเป็นอย่างดี 3) ด้านองค์ความรู้ มีฐานการเรียนรู้และแปลงสาธิตซึ่งเป็นแหล่งองค์ความรู้ที่เกิดจากการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชน และสอดคล้องกับบริบทของชุมชน 4) ด้านความร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ให้การสนับสนุนทั้งในเรื่องของงบประมาณ การบริหารจัดการ ด้านวิชาการ และงานวิจัย

ABSTRACT

The objectives of this research were to study achievement of group formation and cluster building of Agricultural Learning Center, Hinmoon Subdistrict, Bang len District, Nakhon Pathom Province. The result revealed that there were 4 aspects for success: 1) Experiences and knowledge of the leader for management: success in agriculture, recognized by the people in the community, sacrifice for communal and work transparency. 2) Management: analysis of the problems and potential of the community and develop a consistent approach to the problems, meetings with members at least once a month, design the organization structure consisting of people with knowledge and ability, participated in management and cooperated to work of members. 3) Knowledge: there were learning base and a demonstration plot, which is the source of knowledge generated by analyzing the potential and context of the community. 4) Cooperation agencies: to support in terms of budget, management, academic and research.

Key Words: achievement, group formation, cluster building, Agricultural Learning Center, ALC

* Corresponding author; e-mail address: eatnbs@ku.ac.th

[1]สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

[1]National Agricultural Extension and Training Center (NAETC), KasetsartUniversity, Kamphaeng Saen,Nakorn Pathom, Thailand

คำนำ

ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) จัดตั้งขึ้นตามนโยบายของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) ที่ต้องการให้มีศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรในระดับชุมชนที่ทำหน้าที่ช่วยแก้ไขปัญหาให้กับชุมชน สร้างความรู้ความเข้าใจกับเกษตรกรในพื้นที่ ให้ได้เรียนรู้จากผู้ร่วมอาชีพเดียวกันที่ประสบความสำเร็จช่วยเหลือ และเรียนรู้ร่วมกันเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และชุมชน ดำเนินการในพื้นที่ อำเภอละ 1 ศูนย์ รวม 882 ศูนย์ ทั่วประเทศ โดยมอบให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นผู้ดำเนินการขับเคลื่อนศูนย์เรียนรู้การเพิ่มป ระสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร และกำหนดเป็นนโยบายที่สำคัญของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ให้ทุกหน่วยงานเข้ามาร่วมบูรณาการการทำงาน โดยมีการแต่งตั้งคณะกรรมการ/คณะทำงานในระดับกระทรวงและคณะกรรมการขับเคลื่อนนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แบบเบ็ดเสร็จ (Single Command) เพื่อเป็นกลไกในการขับเคลื่อนและบูรณาการในระดับพื้นที่

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกรมส่งเสริมการเกษตรทำหน้าที่ขับเคลื่อนนโยบาย ในการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ขึ้น เพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรของชุมชนที่เกิดจากปัญหาของชุมชนและสามารถตอบสนองความต้องการด้านการเกษตรของชุมชนได้ และเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเกษตร โดยเน้นการเรียนรู้จากเกษตรกรต้นแบบที่ประสบความสำเร็จในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรในประเด็นการเพิ่มผลผลิตการลดต้นทุนการผลิต การพัฒนาคุณภาพ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิต ตลอดจนยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องตลอดฤดูกาลผลิต เกษตรกรมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเกษตรกรต้นแบบ ในลักษณะของเกษตรกรสอนเกษตรกร เพื่อให้เกษตรกรที่มาเรียนรู้เกิดความรู้ความเข้าใจ และเกิดจิตสำนึกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ที่มีการใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างเหมาะสมและนำองค์ความรู้ที่ได้รับจาก ศพก. ไปประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตผลิตสินค้าที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม และมีระบบการผลิตที่พึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน รวมทั้งยังเป็นจุดที่ให้บริการข้อมูลข่าวสารและบริการด้านการเกษตรต่างๆ กับเกษตรกร อีกทั้งยังใช้เป็นจุดนัดพบในการพบปะพูดคุยของเจ้าหน้าที่กับเกษตรกร และเกษตรกรกับเกษตรกรด้วยกันเอง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2557 โดยกรมส่งเสริมการเกษตร ภายใต้การดำเนินงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่มีนโยบายจัดตั้งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ขึ้น เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรของชุมชน และพิจารณาแล้วว่าพื้นที่นี้มีความเข้มแข็งจึงคัดเลือกเป็น ศพก. เริ่มต้นมีสมาชิก จำนวน 30 ราย มีพื้นที่การปลูกข้าวจำนวน 2,000 ไร่ โดยสมาชิกได้ดำเนินการวิเคราะห์คน พื้นที่ สินค้า เพื่อวางแผนพัฒนาการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมกับการปลูกข้าว เพื่อจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ และเพื่อการบริโภค พบว่าปัญหาการผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่นี้ คือ ต้นทุนการผลิตสูง จึงวางแนวทางการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว ดังนั้น ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม จึงมีการจัดทำแปลงเรียนรู้ จัดฝึกอบรมหลักสูตรการเรียนรู้ และฐานการเรียนรู้ เพื่อให้สมาชิกและผู้ที่สนใจเข้ามาเรียนรู้เพื่อแก้ไขปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไปข้างต้นแล้วนั้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความสำเร็จของการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็น ศพก. ที่สามารถดำเนินงานได้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการจัดตั้ง ซึ่งผลของการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลสำหรับ ศพก. แห่งอื่นๆ หรือศูนย์เครือข่าย ให้สามารถนำผลการศึกษาความสำเร็จของการดำเนินงานมาประยุกต์ใช้ในศูนย์ของตนเองให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษาประกอบด้วย คณะกรรมการ จำนวน 5 คน ทีมชุดปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์และให้คำแนะนำ จำนวน 4 คน และสมาชิกศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม จำนวน 20 คน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง จำนวน 1 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง รวมจำนวน 30 คน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่ใช้การวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) โดยใช้เทคนิคการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ในการรวบรวมข้อมูลประเด็นต่างๆ โดยบันทึกในแบบบันทึกสนทนากลุ่มและแบบสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความสำเร็จของรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

กาวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษา ระหว่างเดือนมกราคม – เมษายน 2560 ซึ่งมีรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับนโยบายการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร คู่มือการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร และการดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิจัย

2. การศึกษาภาคสนาม

2.1 ทบทวนข้อมูลทุติยภูมิที่ได้ศึกษามาแล้วเบื้องต้น และรวบรวมข้อมูลของศูนย์ฯ เพิ่มเติม ได้แก่ กระบวนการดำเนินงาน ผลที่เกิดขึ้นจากการเป็น ศพก. ความสำเร็จของรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่าย ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน ร่วมกับคณะกรรมการ จำนวน 5 คน ทีมชุดปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์และให้คำแนะนำ จำนวน 4 คน และสมาชิกศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ด้วยเทคนิคการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) จำนวน 20 คน

2.2 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ประธาน และคณะกรรมการของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ในประเด็นต่างๆ ได้แก่

ประวัติความเป็นมาของศูนย์ฯ การบริหารจัดการศูนย์ฯ ผลที่เกิดขึ้นจากการเป็น ศพก. การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ การดำเนินงานในอนาคตของ ศพก. และความสำเร็จของการรวมกลุ่มและสร้างเครือข่าย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) โดยวิเคราะห์เนื้อหา สรุปประเด็น และนำเสนอแบบบรรยายความ เพื่อให้เห็นถึงความสำเร็จของรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลให้ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ประสบความสำเร็จในการดำเนินงาน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ประวัติความเป็นมาของศูนย์ฯ

แต่เดิม นายไพรัช เส็งเจริญ ได้ดำรงตำแหน่งเป็นประธานศูนย์ข้าวชุมชนบ้านบัวล้มช้าง ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นแหล่งที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และเป็นแหล่งเรียนรู้ในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต ต่อมาเจ้าหน้าที่จากสำนักงานเกษตรอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ได้เห็นว่าทางศูนย์ข้าวชุมชนบ้านบัวล้มช้าง ดำเนินงานมีประสิทธิภาพ และเห็นผลการดำเนินงานที่ชัดเจนเป็นที่ประจักษ์ ในปี พ.ศ. 2557 จึงได้จัดตั้งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีกรมส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ดำเนินการขับเคลื่อน โดยแต่งตั้งให้นายไพรัช เส็งเจริญ ซึ่งเป็นเกษตรกรต้นแบบที่เป็นผู้ประสบความสำเร็จในการทำการเกษตร มีความรู้และทักษะการถ่ายทอด ดำรงตำแหน่งเป็นประธานศูนย์ฯ เริ่มต้นมีสมาชิก จำนวน 30 ราย ปัจจุบันมีสมาชิก 50 ราย ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการจัดตั้งเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ในกับสมาชิกและเกษตรกรในชุมชนที่สนใจมาเรียนรู้ เป็นจุดประสานงานระหว่างสมาชิกหรือเกษตรกรในชุมชนกับหน่วยงานภาครัฐสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องและให้ความรู้ทางด้านวิชาการ

ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม เน้นการให้ความรู้ในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต โดยแบ่งฐานการเรียนรู้ออกเป็น 5 ฐาน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ดิน 2) การผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมัก 3) การกำจัดโรคและแมลง 4) เศรษฐกิจพอเพียง และ 5) การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร ปัจจุบันมีสมาชิก จำนวน 50 ราย และยังมีการถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่อง

การบริหารจัดการของศูนย์ฯ มีรายละเอียดดังนี้

1. เมื่อมีการจัดตั้งศูนย์ฯ แล้วได้มีการคัดเลือกคณะกรรมการบริหารที่เหมาะสมกับความสามารถแต่ละบุคคล เป็นผู้มีประสบการณ์ในการบริหารกลุ่มมาก่อน รวมทั้งมีการกำหนดโครงสร้างองค์กรและบทบาทหน้าที่ของคณะกรรมการแต่ละตำแหน่งที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดกฎระเบียบของการดำเนินงานที่ชัดเจนและชี้แจงให้สมาชิกรับทราบ อย่างสม่ำเสมอ

2. ในการดำเนินงานของศูนย์ฯ จะมีการนัดหมายการประชุมอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง เพื่อชี้แจงรายละเอียดกิจกรรมต่างๆ ของศูนย์ฯ หากสมาชิกมีปัญหาจำเป็นเร่งด่วนก็สามารถนัดหมายประชุมเพิ่มเติมได้ตามวาระเร่งด่วน โดยใช้วิธีการจัดทำหนังสือเชิญประชุมอย่างเป็นทางการ การประชาสัมพันธ์ผ่านหอกระจายข่าว และการบอกต่อกันระหว่างสมาชิกในชุมชน

3. คณะกรรมการ ทีมชุดปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์และให้คำแนะนำ และสมาชิกศูนย์ฯ จะร่วมกันวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่ ซึ่งพบว่าในพื้นที่ประสบปัญหาต้นทุนการผลิตทางการเกษตรสูง เช่น เมื่อโรคและแมลงศัตรูพืชระบาดทำให้ต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก ปุ๋ยเคมีมีราคาสูง ค่าแรงงานสูง เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ร่วมกันกำหนดแนวทางการพัฒนา ได้แก่ การลดต้นทุนการผลิตข้าว การผลิตข้าวคุณภาพ การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว และการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ข้าว

4. สร้างแหล่งเรียนรู้โดยนายไพรัช เส็งเจริญ ประธานศูนย์ ได้แบ่งพื้นที่ของตนเองจัดตั้งฐานการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาจากการวิเคราะห์พื้นที่ และถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่สมาชิกและเกษตรกรที่สนใจเข้ามาเรียนรู้ โดยการจัดทำฐานเรียนรู้จำนวน 5 ฐาน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ดิน 2) การผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมัก 3) การกำจัดโรคและแมลง 4) เศรษฐกิจพอเพียง และ 5) การเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร นอกจากนี้ยังได้กำหนดหลักสูตรการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับองค์ความรู้ที่ศูนย์ฯ เชี่ยวชาญ เช่น หลักสูตรการวิเคราะห์ดิน หลักสูตรเศรษฐกิจพอเพียง เป็นต้น

5. คณะกรรมการศูนย์ฯ มีการทำงานร่วมกับหนาวยงานต่างๆ โดยเฉพาะกรมต่างๆ ภายใต้สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ กรมประมง กรมปศุสัตว์ กรมชลประทาน เป็นต้น นอกจากนี้ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ยังเข้ามามีร่วมร่วมในการเป็นแหล่งเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำอีกด้วย

6. การดำเนินงานของศูนย์ฯ ซึ่งเป็นศูนย์ต้นแบบ ได้มีการสร้างศูนย์เครือข่ายเพื่อขยายองค์ความรู้ และสร้างเครือข่ายให้มีความเข้มแข็ง ปัจจุบันมีศูนย์เครือข่าย จำนวน 10 ศูนย์ ซึ่งเป็นศูนย์เครือข่ายที่ตั้งอยู่ในชุมชนที่ประสบปัญหาและมีบริบทของพื้นที่คล้ายคลึงกับศูนย์ต้นแบบ

ผลที่เกิดขึ้นจากการเป็น ศพก.

- จากการที่คณะกรรมการศูนย์ฯ เข้าไปติดตามการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ พบว่า สมาชิกและเกษตกรในชุมชนมีความรู้เพิ่มมากขึ้นหลังจากที่เข้าไปเรียนรู้ในศูนย์ฯ ตามฐานการเรียนรู้และหลักสูตรที่กำหนดไว้
- เมื่อสมาชิกและเกษตรกรในชุมชนประสบปัญหาทางด้านการเกษตรจะได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงที และแก้ไขได้ตรงตามปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืชระบาด
- เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์การทำการเกษตรร่วมกันระหว่างเกษตรกรด้วยกัน และระหว่างเกษตรกรกับวิทยากร เช่น การกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช การลดต้นทุนการผลิต
- เป็นแหล่งเรียนรู้ทางวิชาการซึ่งเกษตรกรและผู้ที่สนใจสามารถเข้ามาเรียนรู้ได้ตลอดเวลา
- มีหน่วยงานหลากหลายหน่วยงานให้ความสนใจในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ร่วมกับศูนย์ฯ เช่น การส่งเสริมกิจกรรมทางการเกษตร การวิจัย เป็นต้น
- เป็นศูนย์กลางในการประสานงานระหว่างเกษตรกรกับหน่วยงานภาครัฐ ในการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทางการเกษตร
- ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนในการทำกิจกรรมต่างๆ ของศูนย์ฯ ส่งผลให้เกิดความสามัคคี
- ผลผลิตที่ได้จากการทำกิจกรรมต่างๆ ของศูนย์ฯ เมื่อเหลือจากการแจกจ่ายให้สมาชิกแล้ว ยังนำไปจำหน่ายได้อีกด้วย
- การรวมกลุ่มทำให้เกิดอำนาจต่อรองในจัดซื้อวัตถุดิบเพื่อใช้ในการทำการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมี เป็นต้น
- เกิดการทำงานบูรณาการกับหน่วยงานภาครัฐและชุมชนมากยิ่งขึ้น

การดำเนินงานในอนาคตของ ศพก.

ในอนาคตจะมีการปรับปรุงองค์ความรู้และฐานเรียนรู้ให้มีความชัดเจนขึ้น และมีการปรับเปลี่ยนองค์ความรู้ให้ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งต้องการให้เป็นศูนย์ฯ ที่ผู้ที่สนใจสามารถเข้ามาเรียนรู้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมาฝึกอบรมเท่านั้น สามารถมาเรียนรู้และนำไปปฏิบัติได้เลย และในขณะนี้ทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้จัดสรรงบประมาณมาให้กับศูนย์ฯ จำนวน 100,000 บาท เพื่อปรับฐานการเรียนรู้ให้ชัดเจนสามารถแก้ไขปัญหาบางด้านของการเกษตรได้อย่างแท้จริง

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

- ศูนย์ฯ มีภารกิจค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องทำงานร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในโครงการต่างๆ อาทิ โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบนาแปลงใหญ่ โครงการ 9101 ตามรอยเท้าพ่อ ภายใต้ร่มพระบารมีเพื่อพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืน

- มีหน่วยงานเข้ามาทำกิจกรรมด้านวิชาการกับศูนย์ฯ หลากหลายหน่วยงาน ทำให้ต้องมีการนัดหมายการประชุมบ่อยครั้ง สมาชิกจึงเกิดความเบื่อหน่าย เพราะต้องแบ่งเวลาในการทำการเกษตรมาประชุม ศูนย์ฯ จึงได้กำหนดวันให้หน่วยงานเข้ามาดำเนินกิจกรรมเฉพาะวันพฤหัสบดี หากมีวาระเร่งด่วนก็สามารถนัดหมายในวันอื่นได้

- เกษตรกรในชุมชนบางรายได้เข้ามาเรียนรู้ แต่ยังไม่นำความรู้ไปปฏิบัติใช้ เพราะเกษตรกรบางรายเห็นว่าสิ่งที่ทำอยู่นั้นดีอยู่แล้ว และต้องการให้เห็นผลที่เป็นรูปธรรมก่อนจึงจะลงมือปฏิบัติตาม

การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ

ในปี พ.ศ. 2560 ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นศูนย์ต้นแบบที่ได้วางเป้าหมายในการสร้างศูนย์เครือข่าย จำนวน 10 ศูนย์ โดยมีศูนย์ฯ ทำหน้าที่เป็นต้นแบบในการดำเนินงานทั้งด้านบริหารจัดการ และด้านวิชาการในการจัดตั้งฐานการเรียนรู้ ซึ่งศูนย์เครือข่ายที่เข้าไปขยายผลนั้นต้องเป็นชุมชนที่มีปัญหาและมีบริบทของชุมชนที่คล้ายคลึงกับศูนย์ต้นแบบ เมื่อศูนย์เครือข่ายเข้ามาเรียนรู้ที่ศูนย์ฯ แล้วสามารถนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาของตนเองได้ตรงตามความต้องการ ในอนาคตจะพัฒนาศูนย์เครือข่ายทั้ง 10 ศูนย์ ให้เป็นศูนย์ที่มีการสร้างองค์ความรู้และฐานการเรียนรู้ของตนเองตามบริบทของพื้นที่ เพื่อให้คนในชุมชนเข้ามาเรียนรู้และเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีศูนย์ต้นแบบและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นพี่เลี้ยง ติดตามการดำเนินงานหลังจากนำความรู้ไปใช้ ให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องของการบริหารจัดการ และวิชาการ

ความสำเร็จของรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์

1. **ด้านผู้นำ** พบว่า ประธานศูนย์ฯ เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการในการบริหารจัดการกลุ่มเป็นเกษตรกรต้นแบบที่มีองค์ความรู้และประสบความสำเร็จในการทำการเกษตรด้านการลดต้นทุนการผลิต เป็นที่ยอมรับนับถือของคนในชุมชนเนื่องจากดำรงตำแหน่งเป็นผู้ใหญ่บ้าน เป็นผู้ที่เสียสละที่ดินในการจัดตั้งอาคารที่ทำการศูนย์ฯ และจัดทำฐานเรียนรู้ต่างๆ เป็นผู้ที่มีใจรักและเสียสละเวลาจากการทำงานส่วนตัวมาทำงานให้กับส่วนรวม ดังที่พรพรรณ คำมั่น (2550) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง กรณีศึกษา กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรน้ำใสใต้ ตำบลชัยจุมพล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มทอผ้าพื้นเมืองด้านผู้นำ คือ ประธานกลุ่มมีภาวะผู้นำสูง เป็นผู้ที่ผลักดันให้กลุ่มมีการพัฒนาที่ต่อเนื่อง มีจิตสาธารณะ พร้อมที่จะอุทิศเวลาให้กับกลุ่ม นอกจากนี้คณะกรรมการศูนย์ฯ ยังเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และความรู้ความสามารถในการทำการเกษตร มีการทำงานร่วมกันเป็นทีม และทำงานโปร่งใสตรวจสอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของวันชัย พละไกร (2550) ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้หมู่บ้านตำแย ตำบลม่วงสามสิบ อำเภอม่วง

สามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี ในส่วนของปัจจัยผู้นำด้านชุมชน พบว่าผู้นำในชุมชนมีภาวะความเป็นผู้นำสูง มีความโปร่งใส ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความรอบคอบและรอบรู้ มีความสามารถในการประสานงาน และมีคุณธรรมจริยธรรม

2. **ด้านบริหารจัดการ** พบว่า ตั้งแต่เริ่มต้นคณะกรรมการศูนย์ฯ ได้มีการชี้แจงวัตถุประสงค์และกิจกรรมต่างๆ ให้สมาชิกทุกคนทราบ และทำข้อตกลงด้วยกัน มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาและศักยภาพของชุมชนและจัดทำแนวทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น มีการกำหนดให้ประชุมร่วมกับสมาชิกอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง เพื่อสอบถามถึงปัญาหาและอุปสรรคในการทำการเกษตร และปัญหาการเข้ามาการเรียนรู้ในศูนย์ฯ มีการบันทึกการประชุมทุกครั้ง มีการกำหนดโครงสร้างองค์กรที่ประกอบไปด้วยผู้ที่มีความรู้ความสามารถแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ การกำหนดบทบาทและหน้าที่ของคณะกรรมการศูนย์ฯ และสมาชิกที่ชัดเจน นอกจากนี้สมาชิกในศูนย์ฯ ยังมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการ เช่น การวิเคราะห์ปัญหาและศักยภาพของชุมชนและจัดทำแนวทางการพัฒนาศูนย์ฯ ร่วมกับคณะกรรมการ ซึ่งเป็นการให้ความร่วมมือกับการทำงานของศูนย์ฯ เป็นอย่างดี เนื่องจากให้การยอบรับในความรู้ความสามารถของคณะกรรมการศูนย์ฯ ซึ่งผลการศึกษายังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นฤมล เศรษฐมาตย์ (2554) ที่ได้ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสำเร็จของกลุ่มอาชีพเย็บผ้าห่มพรมเช็ดเท้าบ้านหนองขุ่น หมู่ที่ 11 ตำบลยางโยภาพ อำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้การดำเนินงานประสบผลสำเร็จ ได้แก่ คณะกรรมการบริหารงานอย่างมีความรับผิดชอบตามบทบาทที่ได้รับมอบหมาย มีความไว้วางใจซึ่งกันและกัน สมาชิกปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับกลุ่มอย่างเคร่งครัดและมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม

3. **ด้านองค์ความรู้** พบว่า ฐานการเรียนรู้และแปลงสาธิตซึ่งเป็นแหล่งองค์ความรู้ที่ดำเนินกิจกรรมอยู่นั้นเกิดจากการวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชน และสอดคล้องกับบริบทของชุมชน ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่สามารถแก้ปัญหาของสมาชิกหรือเกษตรกรได้จริง นอกจากนี้ประธานศูนย์ฯ และคณะกรรมการศูนย์ฯ ยังเป็นผู้ที่มีองค์ความรู้และประสบความสำเร็จในการทำการเกษตรอยู่แล้ว ซึ่งผลการศึกษายังสอดคล้องกับผลการศึกษาของกรมส่งเสริมการเกษตร (2560) ได้ดำเนินการถอดบทเรียนการดำเนินงานศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม พบว่า ศพก. มีข้อมูลฐานเรียนรู้ และองค์ความรู้ที่ตรงกับสภาพพื้นที่และความต้องการของเกษตรกร มีหลักสูตรการเรียนรู้ที่ชัดเจนและถูกต้อง เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ทำให้เกษตรกรเปิดใจยอมรับให้ ศพก. เป็นแหล่งเรียนรู้ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้

4. **ด้านความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ** พบว่า ศูนย์ฯ ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ เข้ามาสนับสนุนในการจัดตั้งศูนย์ฯ โดยเฉพาะกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่เข้ามาสนับสนุนงบประมาณมาณในการก่อสร้างอาคารและฐานการเรียนรู้ และยังได้การสนับสนุนในเรื่องวิชาการจากหน่วยงานต่างๆ ภายใต้สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อาทิ กรมส่งเสริมการเกษตรจะเข้ามาเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินงานของศูนย์ฯ กรมพัฒนาที่ดินเข้ามาเป็นวิทยากรในเรื่องการวิเคราะห์ดินและการทำปุ๋ยหมัก กรมการข้าวเข้ามาสนับสนุนเรื่องการผลิตเมล็ดพันธุ์ กรมประมงเข้ามาสนับสนุนความรู้ในการเลี้ยงปลา กรมปศุสัตว์เข้ามาสนับสนุนความรู้ในการเลี้ยงไก่ นอกจากยังมีสถาบันการศึกษาที่เข้ามาทำการศึกษา เช่นมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษายังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ลักษมี เสือแป้น (2555) ที่ได้ศึกษาความสำเร็จของการพัฒนากลุ่มอาชีพและความเชื่อมโยงกับการส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน พบว่า การสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของงบประมาณ ด้านความรู้ในการบริหารจัดการ ทำให้กลุ่มมีการพัฒนาที่ดี

สรุป

ในการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ถึงจะเกิดจากนโยบายของภาครัฐ แต่ยังคงดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากความสามารถ ประสบการณ์ และองค์ความรู้ของประธานศูนย์ และคณะกรรมการศูนย์ฯ รวมทั้งได้รับความร่วมมือจากสมาชิก และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นอย่างดียิ่ง ซึ่งความสำเร็จของรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม สรุปได้ 4 ด้าน คือ ด้านผู้นำ ด้านบริหารจัดการ ด้านการมีส่วนร่วมของสมาชิก และด้านการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายไพรัช เส็งเจริญ คณะกรรมการศูนย์ และสมาชิกศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม กำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. **ถอดบทเรียนการดำเนินงานศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตำบลหินมูล อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม**. แหล่งที่มา: http://www.research.doae.go.th/storageKM/data/3storageK/ngan/alc_banglane.pdf, 30 กันยายน 2560.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. **คู่มือการดำเนินงานศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร**. โรงพิมพ์กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ

นฤมล เศรษฐมาตย์. 2554. **ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสำเร็จของกลุ่มอาชีพเย็บผ้าห่มพรมเช็ดเท้าบ้านหนองขุ่น หมู่ที่ 11 ตำบลยางโยภาพ อำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี**. สาขาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. (อัดสำเนา)

พรพรรณ คำมั่น. 2550. **ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มทอผ้าพื้นเมือง กรณีศึกษา กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรน้ำใสใต้ ตำบลชัยจุมพล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์**. สาขาการวิจัยและพัฒนาท้องถิ่น, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. (อัดสำเนา)

ลักษมี เสือแป้น. 2555. **ความสำเร็จของการพัฒนากลุ่มอาชีพและความเชื่อมโยงกับการส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน กรณีศึกษา: กลุ่มอาชีพสตรีแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้า บ้านเขาสะพายแร้ง ตำบลสนามแย้ อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี**. สาขาวิชาพัฒนศึกษา, มหาวิทยาลัยศิลปากร. (อัดสำเนา)

วันชัย พละไกร. 2550. **ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสำเร็จของหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษาบ้านตำแย ตำบลม่วงสามสิบ อำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี**. สาขาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. (อัดสำเนา)

ผลของเวลาการต้มและการนึ่งกล้วยน้ำว้าห่ามต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่

Effect of Boiling and Steaming Time of Unripen Banana on their Physicochemical and Functional Properties

ธนัชชา กุญแจทอง[1] อาภัสรา แสงนาค[2] และ น้องนุช ศิริวงศ์[1*]

Thanatcha Kunjaetong[1], Arpathsra Sangnark[2] and Nongnuch Siriwong[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของเวลาของการต้มและการนึ่งกล้วยต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเป็นแป้งที่ทนต่อการย่อยและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้กล้วยน้ำว้าห่ามที่มีอายุ 110 วัน (นับตั้งแต่วันที่เริ่มแทงปลี) เป็นวัตถุดิบ โดยต้มและนึ่งกล้วยที่ระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที ตามลำดับ พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการต้มและนึ่งกล้วยน้ำว้าห่ามส่งผลให้แป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้มีปริมาณโปรตีน และไขมันจะลดลง (P<0.05) ส่วนของเนื้อกล้วยจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง และมีค่าความแข็งลดลงอย่างชัดเจนจาก 40 N เป็น 23 N (P<0.05) กล้วยน้ำว้าห่ามมีแป้งที่ทนต่อการย่อยปริมาณสูงถึง 40% อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนทั้งสองวิธีส่งผลให้ประมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยลดลงเหลือเพียง 10% ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (The ferric reducing antioxidant power, FRAP) ของแป้งกล้วยที่ผ่านการต้มและนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.73 เป็น 2.5 mg GAE/ g (db) และจาก 4.9 เป็น 22 mmol $FeSO_4$/g (db) ตามลำดับ

ABSTRACT

This research investigated the effect of boiling and steaming times of Kluai Namwa Luang on their physicochemical and functional properties including resistance starch, and antioxidant ability. The 110-day-old banana (starting from the date of tapping) was used as a raw material. Boiling and steaming times were varied into 15, 30 and 45 minutes, respectively. It was found that the increasing of boiling and steaming times, caused the reducing of protein and fat contents of banana flour. The increasing of heating time caused the decreasing of brightness (L *), a yellowness (b *) of banana pulp, and a significant decrease in hardness from 40 N to 23 N (p<0.05). Substrate bananas had a high resistance starch of 40%. However, the both of heating treatments could reduce resistance starch to 10%. Total phenolic compound (TPC) and antioxidant capacity (The ferric reducing antioxidant power, FRAP) banana flour from boiling and steaming process increased from 0.73 to 2.5 mg GAE / g (db) and 4.9 to 22 mmol $FeSO_4$ / g (db), respectively.

Keywords: Boiling, Steaming, Banana, physicochemical properties

* Corresponding author; e-mail address: agrnns@ku.ac.th

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2] Food Science and Technology, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

คำนำ

กล้วยมีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเช่น โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ นอกจากนี้เนื้อกล้วยยังมีองค์ประกอบที่ของสารที่มีสมบัติเชิงหน้าที่หลายประเภทเช่น (1) แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Resistant starch) ลิกนิน และแทนนิน ซึ่งมีสมบัติเป็นเส้นใยอาหาร และ (2) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) เช่น คาเทชิน (Catechin) อี-พิคาเทชิน (Epicatechin) เป็นต้น รวมถึง วิตามินซี วิตามินอี และเบต้า-แคโรทีน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Sulaiman *et al.*, 2011) ผลกล้วยรับประทานได้ทั้งแบบสด และยังสามารถนำไปแปรรูปได้อีกหลายรูปแบบ ซึ่งการแปรรูปสามารถใช้กล้วยได้ทุกระยะของการสุก เช่น ระยะห่าม จะนำมาต้ม ปิ้ง เชื่อม และระยะสุกงอม จะนำมาทำกล้วยกวน ขนมกล้วย หรือขนมอบชนิดต่างๆ เป็นต้น การแปรรูปด้วยกล้วยงวงช้าง (Plantain) โดยใช้วิธีการให้ความร้อนที่แตกต่างกันเช่น การตากแดด การปิ้ง การต้ม และการให้ความร้อนในตู้อบลมร้อน จะส่งผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่บางประการ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ การละลาย และการพองตัวของแป้งกล้วยที่ได้แตกต่างกัน (Adegunwa *et al.*, 2012) อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาที่เน้นในเรื่องผลของกระบวนการวิธีให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มและการนึ่งของกล้วยน้ำว้าห่ามต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งกล้วยที่ได้ ดังนั้นการรับประทานกล้วยห่ามก็จะต้องนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนก่อนนำไปประกอบอาหารหรือรับประทาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการต้มและการนึ่งของกล้วยน้ำว้าห่ามต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่บางประการของแป้งกล้วยที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนี้คือกล้วยน้ำว้าไส้เหลือง (*Musa X paradisiaca*) จากสวนคลองหก อ. หนองเสือ จ.ปทุมธานี โดยใช้กล้วยห่ามที่มีอายุการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยที่ 110 วัน นับตั้งแต่วันที่เริ่มแทงปลี ซึ่งกล้วยน้ำว้าที่ใช้มีน้ำหนักประมาณ 90 กรัมต่อผล มีลักษณะผลสีเขียวนวลอ่อน และมีผลกลมอวบไม่มีเหลี่ยม จากนั้นนำกล้วยมาล้างทำความสะอาด หั่นแยกกล้วยออกจากหวีเป็นผล และนำมาให้ความร้อน 2 วิธี คือ การต้ม และการนึ่ง ที่ระยะเวลาต่างๆ

2. ศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มและการนึ่ง

ศึกษาผลของระยะเวลาการให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มและการนึ่ง (1) การต้ม ทำโดยนำตัวอย่างกล้วยน้ำว้าห่ามจำนวนครั้งละ 22 ผล ใส่ลงในน้ำต้มเดือด ปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำกล้วยน้ำว้าที่ต้มแล้ว ใส่ถุงร้อนและนำไปแช่ในในถังน้ำเย็นที่อุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ต่อมาแบ่งกล้วยเป็นสองส่วน ซึ่งส่วนที่หนึ่งนำไปวัดสมบัติทางกายภาพโดยทันที ในขณะที่ส่วนที่สองนำไปปอกเปลือกกล้วยออก ขูดเนื้อกล้วยด้วยอุปกรณ์สำหรับขูดชีสซึ่งมีสี่ด้าน ทำให้เนื้อกล้วยมีลักษณะเป็นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปแบ่งบรรจุใส่ถุงฟอยด์ และนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ต่อไป และ (2) การนึ่ง ทำโดยนำตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

ห่ามจำนวนครั้งละ 22 ผล มาเรียงในรังถึง โดยให้กล้วยแต่ละผลมีระยะห่างเท่าๆ กัน จากนั้นนำไปนึ่งด้วยไอน้ำจากน้ำเดือด โดยนึ่งเป็นระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที ตามลำดับ นำไปใส่ถุงร้อน แช่เย็น แบ่งกล้วยออกเป็นสองส่วน เพื่อวิเคระห์สมบัติทางกายภาพ และเตรียมกล้วยเพื่อเก็บรักษากล้วย สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่เช่นเดียวกับกล้วยที่ผ่านการต้ม

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่

3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ

- ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน ตามวิธี AOAC (2000)

- วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ โดยนำตัวอย่างกล้วยส่วนที่หนึ่งจากข้อ 2 มาทำการปอกเปลือก และนำมาวัดสมบัติทางกายภาพได้แก่ (1) วัดค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA.XT Plus texture analyser, Stable Micro Systems LTD., UK) ใช้หัววัดสแตนเลสรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (P/6) ตั้งค่าความเร็วของหัววัดก่อนการทดลอง (Pre-test speed) ขณะทดลอง (Test speed) และหลังทดลอง (Post-test speed) เท่ากับ 5, 2 และ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนระยะที่หัววัดกดลงบนตัวอย่าง (Distance) เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของตัวอย่าง (2) วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab Digital Colorimeter รุ่น Color Flex 4510 (Hunter Association Laboratory, USA)

3.2 การวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ของกล้วย

- วิเคราะห์ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยใช้ชุดวิเคราะห์ Resistant starch Assay Procedure K-RSTAR 10/15 (Megazyme international, Ireland) ตามวิธี AOAC (2000) วิธีที่ 2202.02 และ AACC (2002) วิธีที่ 32-40.01 ทำโดยนำตัวอย่างกล้วย 100 มิลลิกรัม สกัดด้วยเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase, AMG) และอัลฟา-อะไมเลส (α-amylase) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นเติมเอทานอล (Ethanol) 99% (v/v) 4 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,500 g นาน 10 นาที แยกส่วนใสทิ้งไป จากนั้นนำส่วนตะกอนมาเติมเอทานอล 50% (v/v) 2 มิลลิลิตร และ industrial methylated spirits (IMS) 50% (v/v) 6 มิลลิลิตร และปั่นเหวี่ยง (ทำซ้ำ 2 ครั้ง) นำตะกอนมาเติมสารละลายโพรแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 2 มิลลิลิตร กวนผสมด้วยแท่งกวนสารบนอ่างน้ำแข็งเป็นเวลา 20 นาที เติมโซเดียมอะซิเตทบัพเฟอร์ 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลาย AMG 0.1 มิลลิลิตร บ่ม 50 องศาเซลเซียส 30 นาที ปรับปริมาตรตัวอย่างให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำไปปั่นเหวี่ยง ที่ 1,500 g นาน 10 นาที ปิเปตตัวอย่างสารละลายมา 0.1 มิลลิลิตร เติม Glucose determination reagent 3 มิลลิลิตร บ่ม 50 องศาเซลเซียส 30 นาที นำไปแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยใช้ D-Glucose เป็นสารเทียบมาตรฐาน จะได้ค่าปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง)

- วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ดัดแปลงวิธีการเตรียมตัวอย่างจากภานุมาศ และคณะ (2555) โดยนำตัวอย่างกล้วย 2 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80% (v/v) 50 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่อง Ultrasonic Bath นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นแยกสารสกัดส่วนใสเก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ดังนี้คือ (1) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2,2-Diphenyl-1-

picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay (DPPH) ซึ่งดัดแปลงตามวิธีการของ Fatemeh *et al.* (2012) รายงานผลเป็น mg Ascorbic acid equivalent/g sample (2) วิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ซึ่งดัดแปลงตามวิธีการของ Benzie and Strain (1996) รายงานผลเป็น mmol $FeSO_4$ equivalent/g sample และ (3) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound) โดยวิธี Folin-Ciocalteu procedure power ซึ่งดัดแปลงตามวิธีการของ Velioglu *et al.* (1998) รายงานผลเป็น mg Gallic acid equivalent/g sample

การทดลองที่ศึกษาผลของเวลาในการต้มและการนึ่งกล้วยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกล้วยน้ำว้าห่าม

ผลของการต้มกล้วยน้ำว้าไส้เหลืองที่เวลา 15 30 และ 45 นาที มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$, Table 1) เนื่องจากเนื้อกล้วย มีสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ Polyphenol oxidases เช่น Cresolase Catechlase และ O-diphenol oxidases เป็นต้น เมื่อกล้วยสัมผัสกับอากาศจะส่งผลให้เกิดสารประกอบ Quinone ซึ่งต่อมาเกิดปฏิกิริยา Polymerization ให้ผลิตภัณฑ์ที่โมเลกุลใหญ่ขึ้น โดยอาจรวมตัวกับอะมิโน หรือ Sulfhydryl group ของโปรตีนให้สารสีน้ำตาล (สุดาทิพย์, 2545) เช่นเดียวกับ นิธิยา (2553) กล่าวว่า ปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลในเนื้อกล้วย เกิดจากเนื้อกล้วยสัมผัสกับอากาศ จึงเกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ และในแป้งกล้วยน้ำว้ายังมีโปรตีน และน้ำตาล ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maillard reaction) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในเนื้อกล้วยมีความเป็นกรด เมื่อนำกล้วยน้ำว้าไปให้ความร้อน สารประกอบกลุ่ม Condensed tannins จะทำให้เกิดสารประกอบ Tannin red ทำให้เกิดสีแดงในกล้วยน้ำว้า (นิธิยา, 2553) ต่อมา แสงแข และคณะ (2555) ได้ศึกษาการทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าในทาร์ต พบว่าเมื่อทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าในปริมาณที่สูงขึ้นค่าความสว่างจะต่ำลงตามปริมาณการทดแทนแป้งกล้วยที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับจิรนาถ และคณะ (2557) พบว่าค่าความสว่างในผลิตภัณฑ์พาสต้าจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยหอมทองดิบมากขึ้น และวนัสนันท์ (2555) ที่พบว่าระดับการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าดิบที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความสว่างลดลง ส่วนปริมาณความชื้นของการต้มกล้วยน้ำว้าจะสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (Hardness) โดยเมื่อเวลาการต้มที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้แป้งกล้วยปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่กล้วยมีค่าความแข็งมีค่าลดลง โดยปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นของแป้งกล้วยมากที่สุดอยู่ที่ ระยะเวลาของการต้มที่ 45 นาที ซึ่งมีค่าประมาณ 69.2% และมีค่าความแข็งของกล้วยประมาณ 24 N ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการต้มกล้วยที่ระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้โครงสร้างของโปรโตเพกทินซึ่งมีความแข็งแรงถูกย่อยสลายเป็นเพกทิน จึงทำให้น้ำที่ใช้ในการต้มกล้วยแทรกซึมเข้าไปในเนื้อกล้วยได้มากขึ้น ส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณความชื้นสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้การต้มกล้วยยังส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันของแป้งกล้วยลดลงจาก 9.4 เป็น 8.1และจาก 1.4 เป็น 0.5% (db) ตามลำดับ

(P<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการต้มอาจทำให้สารประกอบในเนื้อกล้วยเกิดการละลายออกมา (กมลทิพย์, 2553)

การต้มกล้วยน้ำว้าไส้เหลืองส่งผลทำให้ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้ลดลง (P<0.05) เช่น กล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย 39.5% (db) ส่วนแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้จากกล้วยที่ผ่านการต้มเป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยเพียง 9.1% (db) เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนด้วยการต้มส่งผลให้แป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์มีโครงสร้างที่มีความแข็งแรงลดลง จึงสามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ได้ จึงทำให้แป้งกล้วยที่ได้จากกล้วยที่ผ่านการต้มมีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยลดลง นอกจากนี้การต้มกล้วยน้ำว้ายังส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในด้าน TPC DPPH และ FRAP (P<0.05) โดยการต้มกล้วยน้ำว้าส่งผลให้ปริมาณ TPC ของแป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งแป้งกล้วยที่ได้จากกล้วยที่ผ่านการต้มเป็นระยะเวลา 15 นาที มีปริมาณ TPC มากที่สุด (2.3mg GAE/ g db) และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันซึ่งแสดงโดยค่า FRAP มากที่สุดด้วยเท่ากับ 26.3 mmol $FeSO_4$/g (db) แต่การต้มกล้วยน้ำว้าที่ส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีค่า DPPH ลดลงจาก 4.2 เป็น 0.7 mg VCEAC/g (db) ซึ่งจากการรายงานว่า TPC ที่พบในกล้วย ได้แก่ คาเทชิน (catechin) อีพิคาเทชิน (epicatechin) ลิกนิน (lignin) และแทนนิน (tannins) นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่มอื่นที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี และเบต้า-แคโรทีน เป็นต้น (Sulaiman *et al.*, 2011) ซึ่งการต้มกล้วยอาจส่งผลให้สารประกอบต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วมีความสามารถในการละลายมากขึ้นจึงทำให้ TPC และ FRAP มีค่ามากขึ้นด้วยการใช้น้ำ อย่างไรก็ตามการต้มกล้วยน้ำว้าที่ส่งผลให้ของแป้งกล้วยที่ได้มีค่า DPPH ลดลงจาก 4.2 เป็น 0.7 mg VCEAC/g (db) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก DPPH เป็นอนุมูลอิสระของไนโตรเจนอินทรีย์ซึ่งมีลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างไปจากอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิล (peroxyl radicals) ดังนั้นสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยาได้อย่างว่องไวกับอนุมูลอิสระเปอร์ออกซิลจึงอาจไม่ทำปฏิกิริยากับ DPPH หรืออาจทำปฏิกิริยาที่ช้ามาก รวมถึงอัตราของการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้แปรผันเป็นเส้นตรงตามความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระที่มี จึงทำให้การรายงานผลค่า DPPH ผิดพลาดไปจากความเป็นจริงได้ (Huang *et al.*, 2005)

2. การให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกล้วยน้ำว้าห่าม

ปริมาณความชื้นของแป้งกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการนึ่งสัมพันธ์กับค่าความแข็งเช่นเดียวกับการต้มกล้วยน้ำว้า โดยเมื่อเวลาการนึ่งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของกล้วยน้ำว้ามีค่าลดลง (P<0.05, Table 2) ซึ่งที่ระยะเวลาการนึ่งที่ 45 นาทีทำให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณความชื้นมากที่สุดประมาณ 69% และกล้วยที่ได้มีค่าความแข็งต่ำสุดประมาณ 23.8 N นอกจากนี้การนึ่งกล้วยยังส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน และไขมัน ลดลง (P<0.05) เช่นเดียวการต้ม อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนโดยวิธีการต้มกล้วยส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณโปรตีนลดลง 1.3% ในขณะที่การนึ่งกล้วยส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณโปรตีนลดลงเพียง 0.4% เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการต้มกล้วยแช่อยู่ในน้ำโดยตรงจึงอาจส่งผลให้สูญเสียสารอินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้

การนึ่งส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยลดลงประมาณ 29% (P<0.05) อย่างไรก็ตามการเพิ่มระยะเวลาในการนึ่งกล้วยจาก 15 เป็น 45 นาที ไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแป้งที่ทนต่อการ

ย่อย (P≥0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนึ่งใช้วิธีส่งผ่านความร้อนโดยใช้ไอน้ำ ที่ความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งอาจไม่ส่งผลต่อการสูญเสียสมบัติของการเป็นแป้งที่ทนต่อการย่อย ผลของการนึ่งกล้วยน้ำว้า นอกจากนี้การนึ่งกล้วยน้ำว้ายังส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในด้าน TPC DPPH และ FRAP (P<0.05) โดยการนึ่งกล้วยน้ำว้าส่งผลให้ปริมาณ TPC ของแป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 0.7 เป็น 2.9 mg GAE/ g (db) อย่างไรก็ตามการเพิ่มระยะเวลาการนึ่งจาก 15 นาที เป็น 45 นาที ไม่ส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีปริมาณ TPC เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มเวลาในการนึ่งจาก 15 เป็น 30 นาที ส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งแสดงโดยค่า FRAP เพิ่มขึ้นจาก 17.3 เป็น 21.2 mmol $FeSO_4$/g (db) แต่การนึ่งกล้วยน้ำว้าที่ส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีค่า DPPH ลดลงจาก 4.2 เป็น 0.5 mg VCEAC/g (db) เช่นเดียวกับการต้มกล้วย

Table 1 Chemical physical and functional properties of boiling of unripe banana

Properties	Time (minutes)			
	0	15	30	45
Moisture	67.27^{c}±0.39	67.82^{b}±0.34	68.84^{a}±0.18	69.19^{a}±0.03
Ash (% db)	9.19^{b}±0.19	9.85^{a}±0.24	8.34^{c}±0.04	9.89^{a}±0.03
Protein (% db)	9.40^{a}±0.06	8.26^{c}±0.17	9.09^{b}±0.07	8.14^{c}±0.01
Fat (% db)	1.39^{a}±0.72	0.46^{b}±0.10	0.53^{b}±0.06	0.61^{b}±0.17
Color L*	85.92^{a}±0.57	69.60^{bc}±2.27	71.00^{b}±0.66	67.35^{c}±1.03
a*	0.71^{bc}±0.20	0.38^{c}±0.43	1.29^{b}±0.05	2.57^{a}±0.72
b*	16.93^{a}±0.36	13.20^{b} ±0.29	12.80^{b}±0.59	12.56^{b}±0.56
Hardness (N)	40.04^{a}±1.05	28.13^{b}±1.04	24.62^{c}±0.95	23.84^{c}±0.93
RS (g/100 db)	39.45^{a}±2.87	9.07^{c} ±0.95	11.34^{bc}±0.75	12.65^{b}±1.22
TPC (mg GAE/ g db)	0.73^{b}±0.07	2.33^{a}±0.47	1.78^{a}±0.30	2.22^{a}±0.38
DPPH (mg VCEAC/g db)	4.15^{a}±0.44	0.65^{b}±0.32	0.58^{b}±0.23	0.60^{b}±0.18
FRAP mmol $FeSO_4$/g db)	4.93^{d}±0.56	26.33^{a}±0.05	14.85^{c}±1.33	22.33^{b}±2.93

[a b] mean within a row with different letters are different (P<0.05)

Table 2 Chemical physical and functional properties of steaming of unripe banana

Properties	Time (minutes)			
	0	15	30	45
Moisture	67.27^{c}±0.39	66.83^{c}±0.20	67.89^{b}±0.15	68.96^{a}±0.17
Ash (% db)	9.19^{a}±0.19	8.14^{c}±0.09	8.10^{c}±0.17	8.86^{b}±0.10
Protein (% db)	9.40^{a}±0.06	7.21^{c}±0.77	8.34^{b}±0.09	8.97^{ab}±0.18
Fat (% db)	1.39^{a}±0.72	0.47^{b}±0.09	0.37^{b}±0.01	0.19^{b}±0.04
Color L*	85.92^{a}±0.57	71.07^{b}±2.66	69.63^{b}±1.24	67.81^{b}±3.09

a*	0.71^{b}±0.20	0.36^{b}±0.35	1.51^{ab}±0.21	2.53^{a}±1.13
b*	16.93^{a}±0.36	13.65^{b}±1.03	12.36^{c}±0.54	12.95^{bc}±0.33
Hardness (N)	40.04^{a}±1.05	32.59^{b}±0.47	25.02^{c}±0.37	23.77^{d}±0.22
RS (g/100 db)	39.45^{a}±2.87	10.31^{b}±0.33	10.56^{b}±0.29	10.85^{b}±0.11
TPC (mg GAE/ g db)	0.73^{b}±0.07	2.86^{a}±0.14	2.32^{a}±0.76	2.49^{a}±0.86
DPPH (mg VCEAC/g db)	4.15^{a}±0.44	0.52^{b}±0.38	0.56^{b}±0.20	0.47^{b}±0.08
FRAP (mmol $FeSO_4$/g db)	4.93^{c}±0.56	17.26^{b}±0.91	21.24^{a}±0.01	22.55^{a}±1.52

$^{a\,b}$ mean within a row with different letters are different ($P<0.05$)

สรุปผลการทดลอง

การให้ความร้อนด้วยการต้มและนึ่งกล้วยน้ำว้าพันธุ์ไส้เหลืองส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยที่ได้ และส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งด้วยที่ได้เช่นกัน โดยผลกล้วยที่ได้จากการให้ความร้อนทั้งสองวิธีมีค่าความแข็งลดลงและมีสีเข้มข้น ส่วนแป้งกล้วยที่ได้จาการต้มและการนึ่ง กล้วยน้ำว้าดิบจะมีปริมาณ ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน ลดลง และมีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการต้มและนึ่งกล้วยส่งผลให้แป้งกล้วยที่ได้มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (FRAP) เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์. 2553. รายงานการวิจัยเรื่อง **สมบัติทางเคมี-กายภาพ และหน้าที่ของแป้งถั่วหรั่งและการประยุกต์ใช้**. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ.

จิรนาถ บุญคง, ธนันพัชญ์ อภิธนสรณ์ และนูไอนี ล่ากูด. 2558. ผลของความชื้น และระยะเวลาให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ ของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปรโดยวิธีให้ความร้อนร่วมกับความชื้น. **ว. วิทย์. กษ. 46 (3) (พิเศษ)**: 723-716.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4 โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ภานุมาศ ฤทธิไชย, เยาวพา จิระเกียรติกุล และรัชพร เรืองศรี. 2555. ผลของการพรางแสงต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และสารต้านอนุมูลอิสระของดอกพระจันทร์ (*Ipomoea alba* L.). **วารสารวิทย. เทคโน.** 20: 339-347.

วนัสนันท์ ธิบูรณ์บุญ. 2555. **การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีปริมาณแป้งทนต่อการย่อยสูงโดยใช้แป้งกล้วยดิบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2545. **การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกล้วย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

แสงแข สพันธุพงศ์, น้องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย . 2555. การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีสำหรับการผลิตทาร์ตคัสตาร์ดกล้วย, น. 42-50. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AACC. 2002. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists INternational.** 11th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. AOAC International, Maryland, USA.

Adegunwa, M.O., E.O. Alamu and O.O. Fasanya. 2012. Effects of processing on the physicochemical properties and carotenoid contents of plantain flour. **Journal of Food Processing and Preservation**. 36 (4): 339-347.

Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry.** 239: 70–76.

Fatemeh, S.R., R. Saifullah, F.M.A. Abbas and M.E. Azhar. 2012. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. **International Food Research Journal**. 19 (3): 1041-1046.

Huang, D., B. Ou and R.L. Prior. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**.53: 1841-1856.

Sulaiman, S.F., N.A.M. Yusoff, I. M. Eldeen, E.M. Seow, A.A.B. Sajak, Supriatno, and K.L. Ooi. 2011. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). **Journal of Food Composition and Analysis**. 24: 1-10.

Velioglu, Y. S., G. Mazza, L. Gao, and B. D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products**. J. Agric. Food Chem.** 46: 4113-4117.

แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

Guidelines to Develop of Pesticide-Free Vegetable Crop Ban Ang Toei, Tha Takiap Sub-District, Tha Takiap District, Chachoengsao

ปิรัชญา ชาตานันท์[1*] และพีรชัย กุลชัย[1]

Pirachaya Chatanan[1*] and Peerachai Kullachai[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการและสถานการณ์ บทเรียนการดำเนินงานและศึกษาแนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสม พบว่ากลุ่มมีสมาชิกเพิ่มขึ้นจาก 10 ราย เป็น 12 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 54.25 ปี มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 1.93 ไร่ต่อราย มีบทเรียนการดำเนินงานที่ประสบปัญหา 3 ด้าน 1)การจัดการกลุ่มไม่มีการแบ่งหน้าที่ชัดเจน 2) การผลิตที่ไม่ตอบสนองความต้องการของตลาด 3)การตลาดที่ยังไม่มีบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าของตนเอง จึงมีแนวทางในการพัฒนา 3 ด้าน 1)การจัดการกลุ่ม ควรเลือกตั้งคณะกรรมการกลุ่มและแบ่งหน้าที่การทำงานตามความถนัดของแต่ละคน โดยผ่านความเห็นชอบของสมาชิก 2)การผลิต ควรมีการวางแผนการผลิตโดยยึดความต้องการของตลาด จัดสรรปริมาณให้สมาชิกผลิตตามความสามารถ 3)การตลาด ควรมีการจัดทำบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เป็นของกลุ่มเอง

ABSTRACT

The research aimed to study development and situation, experience of operation and guidelines to develop group with mixed method. The study found that the member of group increased from 10 to 12 is mostly women with average age of 54.25 years old. The member has agriculture area with average 1.93 rai person. The experience of operation has trouble 3 side. 1) Management of group doesn't have clear role. 2) Production doesn't meet the needs of the market. 3) Marketing of group doesn't have package and brand. Guidelines to develop is 1) Management of group should have election and clear role with each person 2) Production group should have plan of production to meet the needs of marketing by allocating to members according to ability 3) Marketing of group should have package and brand.

Key Words : Guidelines, Develop, Pesticide-free Vegetable

* Corresponding author ; e-mail address: **pirachaya.pim@gmail.com**

[1]ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1]Department of Agricultural Development and Resource Management , Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute Technology Ladkabang , Bangkok 10520

คำนำ

บ้านอ่างเตย หมู่ที่ 9 ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา แยกมาจากบ้านหนองปรือกันยาง หมู่ที่ 5 ตำบลท่าตะเกียบ กิ่งอำเภอสนามชัยเขต เมื่อปี พ.ศ.2536 และเนื่องจากพื้นที่ของหมู่บ้านนี้มีลักษณะเป็นอ่าง เมื่อนำมารวมกับความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยเตยป่าที่ขึ้นอยู่ในลำห้วยที่ไหลผ่านหมู่บ้าน ชาวบ้านจึงพากันเรียกพื้นที่แห่งนี้ว่า “บ้านอ่างเตย” มาจนถึงปัจจุบัน มีพื้นที่ประมาณ 24,000 ไร่ เป็นพื้นที่ทำไร่ เช่น มันสำปะหลัง ยางพารา ยูคาลิปตัส สัปปะรด ประมาณ 9,000 ไร่ และพื้นที่ทำนา ประมาณ 3,000 ไร่ ประชากรส่วนใหญ่อพยพมาจากภาคอีสานตอนล่าง ปัจจุบันมีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 320 ครัวเรือน จำนวนประชากร 1,464 คน เป็นชาย 731 คน เป็นหญิง 733 คน ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำไร่ ทำนา สวนผลไม้ ปลูกผัก ปลูกหม่อนเลี้ยงไหม การเกษตรในพื้นที่ส่วนใหญ่มีการใช้สารเคมีอย่างเข้มข้น จึงมีเกษตรกรกลุ่มหนึ่งสนใจที่จะลดการใช้สารเคมีจึงเกิดการรวมกลุ่มกันเป็นวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสารขึ้น (สุรเดช วรรณศิริ, 2555)

วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา เริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2558 มีสมาชิกจำนวน 12 ราย เป็นการรวมตัวกันของเกษตรกรผู้ปลูกผักจากเดิมที่ใช้สารเคมีและปลูกในพื้นที่โล่ง ประสบปัญหาในเรื่องโรคและแมลงในฤดูฝน ทำให้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีการรวมตัวกันของสมาชิกจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนและขอรับการสนับสนุนมุ้งในการทำโรงเรือนปลูกผักจากสำนักงานเกษตรอำเภอท่าตะเกียบ ให้สามารถปลูกผักได้ทุกฤดูกาลและลดปัญหาโรคแมลงของผัก ปัจจุบันมีการตั้งโรงเรือนสำเร็จแล้ว 4 ราย ปลูกผักตามความถนัดของตนเอง ได้รับมาตรฐานเกษตรปลอดภัยสูง (เบอร์ 8) ของจังหวัดฉะเชิงเทรา ไม่มีการกำหนดอย่างชัดเจนว่าใครจะปลูกผักชนิดใดบ้าง การตลาดของกลุ่มคือการขายผักปลอดสารในหมู่บ้านอ่างเตยและศาลากลางจังหวัดฉะเชิงเทราและมีแนวโน้มการขยายตลาดไปยังบริษัทเลม่อนฟาร์ม โรงพยาบาลท่าตะเกียบ โรงพยาบาลสนามชัยเขต และตลาดนัดชุมชนท่าตะเกียบ แต่กลุ่มยังประสบปัญหา 1) กลุ่มยังไม่มีเป้าหมายร่วมกันที่ชัดเจนในการบริหารจัดการกลุ่ม 2) กลุ่มยังไม่สามารถผลิตผักได้ตามความต้องการของตลาด 3) กลุ่มยังขาดระบบการจัดการในการจัดการการปลูกและการรวบรวมผลผลิตผักสู่ตลาด ผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสภาพปัญหาและค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหา โดยการทำวิจัย เรื่อง แนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการและสถานการณ์วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. เพื่อศึกษาบทเรียนการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

3. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

วิธีการศึกษา

การศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นงานวิจัยแบบผสม (Mixed Method) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ร่วมกับระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

ประชากรในการศึกษา คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย จำนวน 12 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา แบบสัมภาษณ์ (เชิงปริมาณ) และ ไทม์ไลน์ (Timeline) ปฏิทินการเกษตร และ SWOT Analysis ในการประชุมกลุ่มย่อย (เชิงคุณภาพ)

ขั้นตอนในการศึกษา

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสมาชิก ข้อมูลฟาร์ม และประสบการณ์ในการปลูกผักของวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย โดยใช้แบบสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่ม จำนวน 12 ราย การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติร้อยละและค่าเฉลี่ย

ขั้นที่ 2 จัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ครั้งที่ 1 เพื่อรวบรวมข้อมูลพัฒนาการ สถานการณ์ ระบบการสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก และบทเรียนการดำเนินงานด้านการจัดการการผลิต การบริหารจัดการกลุ่ม การตลาด และ ด้วยเครื่องมือ ไทม์ไลน์ (Timeline) และ ปฏิทินการเกษตร

ขั้นที่ 3 จัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ครั้งที่ 2 คืนข้อมูลการสัมภาษณ์ให้กับสมาชิกกลุ่มเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาของวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสารบ้านอ่างเตย ด้วยเครื่องมือ SWOT Analysis

ผู้วิจัยทำการศึกษากับกลุ่มเกษตรกรระหว่างเดือนสิงหาคม 2560 ถึง ตุลาคม 2560

ผลและอภิปรายผล

ข้อมูลพื้นฐาน

สมาชิกวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 12 ราย เป็นเพศหญิง ร้อยละ 75 เพศชาย ร้อยละ 25 อายุเฉลี่ย 54.25 ปี จบการศึกษาระดับชั้นปถมศึกษา ร้อยละ 83.33 ระดับชั้นมัธยมศึกษา ร้อยละ 16.61 มีจำนวนสมาชิกในครอบครัวเฉลี่ย 3.5 คน และมีจำนวนแรงงานในภาคเกษตรในครอบครัวเฉลี่ย 1.75 คน ประกอบอาชีพหลักปลูกพืชสวน ร้อยละ 83.34 ค้าขายและรับจ้าง ร้อยละ 8.33 สำหรับอาชีพเสริมของสมาชิกวิสาหกิจชุมชน คือ การรับจ้างและทำไม้กวาด ร้อยละ 25 ปลูกพืชชนิดอื่น ร้อยละ 16.67 เลี้ยงกบเลี้ยงปลาและรับราชการท้องถิ่น ร้อยละ 8.33 และมีผู้ไม่ประกอบอาชีพเสริมร้อยละ 16.67 สมาชิกมีรายได้เฉลี่ย 10,726.67 บาทต่อเดือน ไม่มีหนี้สินจำนวน 5 ราย และมีหนี้สินจำนวน 7 ราย เฉลี่ย 243,285.71 บาทต่อปี จากนายทุนนอกระบบ 2 ราย กองทุนหมู่บ้าน 2 ราย บริษัทสินเชื่อ 1 ราย ธนาคารออมสิน 1 ราย กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย 1 ราย และเงินออมของสมาชิกเฉลี่ย 16,191.67 บาทต่อปี

ข้อมูลฟาร์ม

สมาชิกวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 12 ราย มีประสบการณ์ในการปลูกผักเฉลี่ย 13.58 ปี มีพื้นที่ในการปลูกผักเฉลี่ย 1.93 ไร่ต่อราย เป็นพื้นที่เอกสารสิทธิ์ ภทบ.5 ร้อยละ 91.67 และ สปก. ร้อยละ 8.33 ปัจจุบันมีสมาชิกที่ปลูกผักในโรงเรือน ร้อยละ 33.33 และภายนอกโรงเรือน ร้อยละ 66.67 แบ่งเป็นผักใบ ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักชีไทย

หอมแบ่ง โหระพา สลัด กะเพรา บล็อกโคลี่ ร้อยละ 41.67 ผักลูก ได้แก่ ถั่วฝักยาว บวบ มะเขือยาว พริกหยวก แตงกวา ถั่วพู มะนาว ข้าวโพดข้าวเหนียว หัวไชเท้า กระเจี๊ยบแดง ร้อยละ 58.33

พัฒนาการและสถานการณ์

สมาชิกวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เริ่มทำการปลูกผักที่เป็นความต้องการของตลาด เช่น พริก มะเขือ หอมแบ่ง ผักชี กะเพรา โหระพา เมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยการขายกับพ่อค้าคนกลาง ต่างคนต่างทำในพื้นที่ของตนเอง ใช้สารเคมีในการปลูกผัก เพราะจะทำให้ผักมีความสวยงามตามที่ผู้บริโภคต้องการ ง่ายต่อการดูแลรักษา และได้ราคาสูง แต่เมื่อใช้สารเคมีต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้แมลงศัตรูพืชทนทานต่อการใช้สารเคมี ทำให้ต้องใช้สารเคมีมากขึ้น จนตัวเกษตรกรเองได้รับผลกระทบทางด้านสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีและบริโภคผักที่มีสารเคมีตกค้าง ทำให้เริ่มมีการลดปริมาณการใช้สารเคมีลง จนกระทั่งปี พ.ศ. 2557 มีหน่วยงานของ สปก. เข้ามาส่งเสริมการปลูกผักแบบอินทรีย์ มีการอบรมทำปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้แทนเคมีภัณฑ์ ลดต้นทุนในการผลิต และเจ้าหน้าที่เกษตรตำบลเข้ามาส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อที่จะได้ขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐในการทำกิจกรรมทางการเกษตรแบ่งปันปัจจัยการผลิตร่วมกันและสามารถต่อรองกับพ่อค้าคนกลางได้ ปี พ.ศ.2558 จึงมีการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตยขึ้น จากการรวมตัวกันของสมาชิกที่ต้องการปลูกผักที่ปลอดภัยจากสารเคมี มีสมาชิก จำนวน 10 คน เป็นเครือญาติกันโดยส่วนใหญ่และเป็นคนบ้านใกล้เรือนเคียงกัน ได้ขอรับการสนับสนุนมุ้งเพื่อที่จะได้ปลูกผักได้ตลอดทั้งปีและสามารถลดปัญหาโรคแมลงทางการเกษตร และได้ทำการสร้างโรงเรือนจากมุ้งที่ได้รับการสนับสนุนมาในช่วงปลายปี จนถึงต้นปี พ.ศ. 2559 สามารถตั้งโรงเรือนได้ 3 ราย ปลูกผักใบตามความถนัดของสมาชิกแต่ละราย มีการตรวจรับรองมาตรฐานเกษตรปลอดภัยสูง (เบอร์ 8) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่รับรองจากสำนักงานเกษตรจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ผู้ว่าราชการจังหวัดมีความต้องการให้เกิดขึ้นเพื่อตอบรับนโยบายรัฐบาลในการผลิตอาหารที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร เมื่อผ่านการตรวจมาตรฐานแล้วทำให้บริษัทเลม่อนฟาร์มมีความสนใจในผลผลิตของกลุ่มวิสาหกิจ จึงมีการตกลงส่งผลผลิต คือ โหระพา ถั่วฝักยาว แตงกวา คะน้า และกวางตุ้ง ให้กับทางบริษัท แต่เมื่อบริษัทมีความต้องการผลผลิตมากขึ้น ทางวิสาหกิจจึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เนื่องด้วยพื้นที่ที่จำกัด ทำให้เกิดการยกเลิกการส่งผลผลิตให้กับทางบริษัทเลม่อนฟาร์มในช่วงกลางปี จึงทำให้การจำหน่ายผลผลิตของสมาชิกจัดจำหน่ายที่ตลาดผักปลอดภัยที่ศาลากลางจังหวัดที่จัดขึ้นทุกสัปดาห์ และจำหน่ายภายในพื้นที่บ้านอ่างเตยโดยการใช้รถมอเตอร์ไซด์พ่วงข้างขับไปรอบ ๆหมู่บ้าน ปัจจุบัน พ.ศ.2560 วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย มีจำนวนสมาชิก 12 ราย และสามารถสร้างโรงเรือนสำเร็จแล้ว 4 ราย และยังคงได้รับมาตรฐานเกษตรปลอดภัยสูง (เบอร์ 8) เช่นเดิม แต่ได้รับความสนใจจากหน่วยงานภายนอกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากคุณภาพของผลผลิตที่ผู้บริโภคได้บอกเล่ากันปากต่อปาก ทำให้กลุ่มมีโอกาสต้อนรับคณะศึกษาดูงานให้ความรู้ด้านการปลูกผักในโรงเรือนแบบอินทรีย์ และยังมีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนติดต่อเพื่อซื้อผลผลิต ได้แก่ บริษัทเลม่อนฟาร์ม โรงพยาบาลสนามชัยเขต โรงพยาบาลท่าตะเกียบ ตลาดนัดชุมชนท่าตะเกียบ งานประชุมเกษตรอินทรีย์จังหวัด งานจังหวัดเคลื่อนที่ เป็นต้น แต่ทางกลุ่มก็สามารถรับได้แค่บางงานเท่านั้น เพราะผลผลิตไม่เพียงพอต่อโอกาสที่เข้ามา (Figure 1)

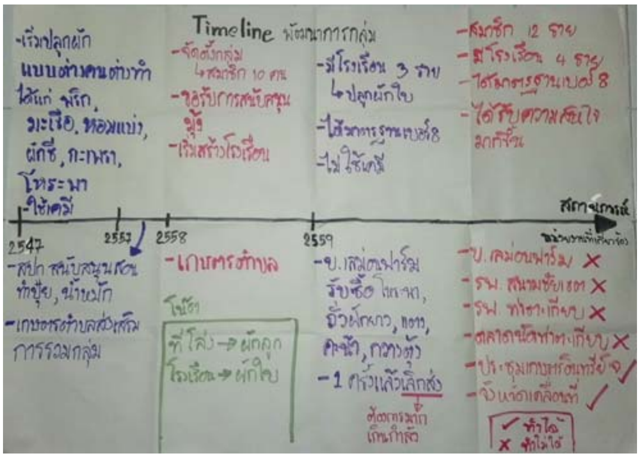


Figure 1 Timeline of group development

ในปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย มีการปลูกผัก 19 ชนิด ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาว ถั่วฝักยาว ผักชีไทย บวบ มะเขือยาว หอมแบ่ง พริกหยวก แตงกวา ถั่วพู มะนาว ข้าวโพดข้าวเหนียว หัวไชเท้า สลัด กะเพรา กระเจี๊ยบแดง และบล็อกโคลี่ โดยสมาชิกที่มีโรงเรือนจะปลูกผักที่เป็นชนิดทานใบ และสมาชิกที่สมาชิกที่ยังไม่มีโรงเรือนจะปลูกผักชนิดทานผลเนื่องจากการดูแลจะง่ายกว่าชนิดทานใบ สำหรับพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภคได้ยกตัวอย่างมา 9 ชนิด และมีฤดูการผลิตดังภาพ (Figure 2)

Figure 2 Timeline the production of vegetable

บทเรียนการดำเนินงาน

วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีเป้าหมายในการรวมกลุ่มเพื่อขอการสนับสนุนมุ้งทำโรงเรือนในการปลูกผัก และเมื่อบรรลุเป้าหมายในการขอมุ้งแล้วกลุ่มยังไม่มีการกำหนดเป้าหมายร่วมกันใหม่อีกครั้งอย่างชัดเจน

"ตอนแรกที่รวมกลุ่มกันเพราะว่าอยากได้มุ้งมาปลูกผักและหน่วยงานจะสนับสนุนถ้ารวมกลุ่ม"

(สมควร พรมจันทร์, สัมภาษณ์, 19 ตุลาคม 2560)

ด้านการบริหารจัดการ กลุ่มมีคณะกรรมการ 10 คน แต่อำนาจบริหารจัดการจะรวมอยู่ที่หัวหน้ากลุ่ม ไม่ว่าจะเป็นเรื่องบัญชีกลุ่ม การติดต่อประสานงาน การแจ้งข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพ การต้อนรับคณะศึกษาดูงาน และการเป็นวิทยากร ยังไม่มีการวางแผนงานแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน แต่กลุ่มมีการจัดประชุมประจำเดือนทุกวันที่ 10 ของเดือน เพื่อเป็นการออมเงินของสมาชิกกลุ่ม เงินออมนี้จะเป็นเงินสะสมไว้ให้สมาชิกกู้ยืมเพื่อนำไปลงทุนในการปลูกผัก เช่น การทำโรงเรือน นอกจากนั้นแล้วการประชุมประจำเดือนยังเป็น

เวทีในการแจ้งข่าวสารต่าง ๆ ให้กับสมาชิกได้รับทราบและแลกเปลี่ยนสถานการณ์ในการดำเนินงานของสมาชิกแต่ละราย

“ถ้าอยากรู้อะไรก็ถามหัวหน้ากลุ่มเลยแกเป็นคนทำทุกอย่าง” (อึ่ง แก้วมาก, สัมภาษณ์, 19 ตุลาคม 2560)

ด้านการผลิต สมาชิกจะปลูกผักตามความถนัดของตนเอง จัดหาเมล็ดพันธุ์ด้วยตนเอง

“เราจะหาพันธ์กันเองเพราะว่ารอบการปลูกของเราไม่เหมือนกัน ถ้าหาซื้อเองจะสะดวกกว่า”

(จินตนาภรณ์ แก้วไพศาล, สัมภาษณ์, 7 กันยายน 2560)

สำหรับผู้ที่มีโรงเรือนจะเน้นในการปลูกผักชนิดรับประทานใบเพราะสามารถดูแลให้ได้ผลดีตามความต้องการได้ง่าย และผู้ที่ยังไม่มีโรงเรือนจะเน้นการปลูกผักชนิดรับประทานผลเพราะดูแลง่ายกว่าชนิดรับประทานใบ แต่การปลูกนี้ถึงแม้จะมีความถนัดในผักชนิดเดียวกันสมาชิกจะพยายามไม่ปลูกในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อที่จะได้มีผลผลิตของผักชนิดนั้นหมุนเวียนตลอดทั้งปี แต่ก็ทำให้มีผลผลิตมากพอตามความต้องการของตลาดที่ติดต่อเข้ามาซื้อผลผลิต ในการวางแผนการผลิตเช่นนี้ทำให้กลุ่มมีศักยภาพในการผลิตเพียงพอต่อการขายในหมู่บ้าน ตลาดผักปลอดภัยสูงที่ศาลากลางจังหวัด และงานจังหวัดเคลื่อนที่เท่านั้น ในด้านต้นทุนการผลิต เช่น ปุ๋ย และฮอร์โมนพืช สมาชิกกลุ่มจะช่วยกันทำตามสูตรที่เคยได้รับการอบรมจากเจ้าหน้าที่ สปก. โดยจะนัดกันในวันที่สะดวกเดือนละหนึ่งครั้ง เพื่อให้มีปุ๋ยและฮอร์โมนเพียงพอต่อการแจกจ่ายให้กับสมาชิกเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และสามารจำหน่ายได้เมื่อเกินความต้องการของสมาชิก ทำให้มีเงินเข้ามาหมุนเวียนภายในกลุ่มอีกด้วย

ด้านการตลาด กลุ่มไม่มีการประชาสัมพันธ์โดยตัวกลุ่มเอง อาศัยการประชาสัมพันธ์ของผู้บริโภคแบบปากต่อปาก ป้ายประชาสัมพันธ์ของสำนักงานเกษตรอำเภอ และการที่ถูกเชิญไปออกงานตามที่จังหวัดร้องขอ ซึ่งกลุ่มมองเห็นว่าเพียงพอแล้วต่อการประชาสัมพันธ์ให้กลุ่มเป็นที่รู้จักโดยประเมินจากความต้องการผลผลิตที่กลุ่มไม่สามารถตอบรับได้เพราะมีจำนวนมากจนเกิดไป

“เราไม่ต้องโฆษณาอะไรเลย คนกินเค้าเห็นว่าดีเค้าก็พูดกันปากต่อปาก ถือว่าเป็นการโฆษณาให้เราแล้ว”

(สมควร พรมจันทร์, สัมภาษณ์, 19 ตุลาคม 2560)

แต่อีกสิ่งหนึ่งที่กลุ่มยังขาดคือบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เป็นของกลุ่ม เพื่อที่จะทำให้ผู้บริโภคจดจำและดูมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าการใช้ถุงพลาสติกอย่างในปัจจุบัน

แนวทางการพัฒนา

จากการประชุมกลุ่มย่อยโดยใช้เครื่องมือ SWOT Analysis ได้ผลการศึกษาดังนี้ จุดแข็ง คือ ความรู้ในการปลูกผัก เช่น การทำปุ๋ยและน้ำหมักชีวภาพ ความต้องการของพืชแต่ละช่วงอายุ และกลุ่มมีความน่าเชื่อถือจากการได้รับมาตรฐานและการเป็นแหล่งเรียนรู้ จุดอ่อน คือ มีพื้นโรงเรือนจำกัด แรงงานน้อย ไม่มีการวางแผนงาน และไม่มีรูแบบบรรจุภัณฑ์ โอกาส คือ มีตลาดมากมาย เช่น บริษัทเลม่อนฟาร์ม โรงพยาบาลท่าตะเกียบและสนามชัยเขต ตลาดนัดชุมชนท่าตะเกียบ งานออกบูธต่าง ๆ และได้รับการสนับสนุนความรู้จาก สปก. และเกษตรตำบล อุปสรรค คือ ฤดูกาล และโรคแมลงสำหรับผู้ที่ทำนอกโรงเรือน จึงมีแนวทางในการพัฒนา ดังนี้

ด้านการบริหารจัดการ กลุ่มควรมีการจัดองค์กรใหม่ คือ มีการเลือกตั้งคณะกรรมการ แบ่งหน้าที่การทำงานของคณะกรรมการกลุ่มแต่ละคนอย่างชัดเจนตามความถนัด ความเหมาะสม และผ่านความเห็นชอบจากเสียงส่วนใหญ่ วางกฎระเบียบร่วมกันเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างมีระบบระเบียบมากขึ้น ทำให้สามารถตรวจสอบและหาเหตุแห่งความผิดพลาดในการดำเนินงานได้ง่าย ทำให้ทุกคนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกันกลุ่มจะได้ดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านการผลิต กลุ่มควรขยายพื้นที่การผลิตโดยการสร้างโรงเรือนของสมาชิกให้ครบทุกรายเพื่อจะได้เพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้น ควรมีการจ้างแรงงานเพื่อสร้างโรงเรือนเพราะมีอุปสรรคเรื่องฤดูกาลหากอยู่ในช่วงฤดูฝนจะไม่สามารถทำการสร้างโรงเรือนได้ นอกจากนั้นกลุ่มควรมีการวางผังกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยการจัดกลุ่มของสมาชิกแต่ละรายตามความถนัดและแบ่งหน้าที่กันปลูกตามปริมาณความต้องการของตลาด

ด้านการตลาด จะเห็นได้ว่าโอกาสด้านการตลาดของกลุ่มนั้นมีมาก เช่น บริษัทเลม่อนฟาร์ม โรงพยาบาลสนามชัยเขต โรงพยาบาลท่าตะเกียบ ตลาดนัดชุมชนท่าตะเกียบ และงานออกบูธต่าง ๆ ซึ่งทุกที่มั่นใจในคุณภาพของผลผลิตของกลุ่ม แต่กลุ่มสามารถพัฒนาทางด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น เป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับกลุ่มและสร้างความประทับใจให้กับผู้บริโภค ให้มีความต้องการผลผลิตของกลุ่มอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังเป็นการสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ของกลุ่มให้ผู้บริโภคจดจำได้ง่าย

อภิปรายผลการศึกษา

วิสาหกิจชุมชนผักปลอดสาร บ้านอ่างเตย ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีสมาชิกส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงถึงร้อยละ 75 และมีอายุเฉลี่ย 54.25 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นการรวมกลุ่มกันของเหล่าแม่บ้านวัยกลางคนที่ยังสามารถทำงานได้ด้วยความถนัดที่เหมือนกันนั่นคือการปลูกผัก เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระค่าใช้จ่ายและสร้างรายได้ให้กับครอบครัว โดยสมาชิกมีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 1.93 ไร่ต่อราย ทำให้สามารถบริหารจัดการได้โดยทั่วถึง แต่ปัจจุบันกลุ่มยังปัญหาในด้านการบริหารจัดการกลุ่มที่ยังไม่เป็นระบบระเบียบที่แน่ชัด ทำให้สามารถเกิดข้อผิดพลาดในการดำเนินงานได้ง่าย ด้านการผลิตที่กลุ่มยังไม่มีการวางแผนการผลิตให้ตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ต่างคนต่างปลูกในสิ่งที่ตนเองถนัด ด้านการตลาดกลุ่มยังขาดรูปแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เป็นของตนเอง จึงมีการร่วมกันคิดหาแนวทางในการพัฒนากลุ่มผ่านเครื่องมือ SWOT โดยเน้นการแก้ปัญหาจุดอ่อนของกลุ่มและมุ่งตอบสนองความต้องการของโอกาสที่เข้ามา ได้แนวทางในการพัฒนาดังนี้ ด้านการบริหารจัดการกลุ่มควรมีการกำหนดหน้าที่กันอย่างชัดเจนและผ่านความเห็นชอบจากสมาชิก สอดคล้องกับทฤษฎีการจัดการของ ธงชัย สันติวงษ์ (2536) ในเรื่องการจัดองค์การ (Organizing) ซึ่งจะทำให้สมาชิกมีความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกันและกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นมากขึ้นเพราะสมาชิกยังไม่ค่อยกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ด้านการผลิตกลุ่มควรมีการวางผังการผลิตและขยายกำลังการผลิตโดยสร้างโรงเรือนให้สมาชิกสำเร็จทุกรายเพื่อที่จะมีปริมาณผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด สอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการผลิตของ พรทิพย์ ฤิตย์บุญครอง (2551) ด้านการตลาดกลุ่มควรระดมความคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เป็นเอกลักษณ์ของกลุ่มดังแนวคิดด้านการตลาดของ ชวนะ ภวนานันท์ (2546) ที่กล่าวถึงการการสร้างภาพลักษณ์เพื่อของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ให้เป็นรูปร่าง อาจจะเริ่มมองหาแรงบันดาลใจจากทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นและสิ่งที่สมาชิกเห็นพ้องต้องกันว่าเป็นเอกลักษณ์และสัญลักษณ์ของกลุ่ม

สรุปผลการศึกษา

กลุ่มมีพัฒนาการในด้านการเพิ่มจำนวนสมาชิกจาก 10 ราย เป็น 12 ราย การสร้างโรงเรือนสามารถสร้างได้สำเร็จเพิ่มขึ้นจาก 3 ราย เป็น 4 ราย มีการปลูกผักทั้งหมด 19 ชนิด ตามความถนัดของสมาชิกแต่ละราย ปัจจุบันกลุ่มประสบปัญหาในด้านการบริหารจัดการกลุ่มที่ยังไม่มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน ด้านการผลิตที่

ยังไม่มีการวางผังการผลิตให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด ด้านการตลาดยังขาดรูปแบบบรรจุภัณฑ์และตราสินค้าที่เป็นของกลุ่มเอง จึงมีแนวทางในการพัฒนา ดังนี้ ด้านการบริหารจัดการควรมีการแบ่งหน้าที่ของคณะกรรมการอย่างชัดเจนตามความสามารถและความเหมาะสมของแต่ละบุคคล โดยผ่านความเห็นชอบของเสียงส่วนใหญ่ มีการกำหนดกฎระเบียบของกลุ่มเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติและความเรียบร้อย และมีการเลือกตั้งคณะกรรมการในการบริหารจัดการกลุ่มเพื่อให้ทุกคนรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน ด้านการผลิตควรขยายกำลังการผลิตโดยการสร้างโรงเรือนของสมาชิกให้เสร็จครบทุกราย และควรวางผังการผลิตของกลุ่มโดยยึดความต้องการของตลาดจัดสรรให้สมาชิกผลิตตามความสามารถและความเหมาะสม ด้านการตลาดควรมีการสร้างรูปแบบบรรจุภัณฑ์และตราผลิตภัณฑ์เป็นของตนเองเพื่อสร้างภาพลักษณ์และเอกลักษณ์ให้กับสินค้า รวมทั้งยังเพิ่มความน่าเชื่อถือและง่ายต่อการจดจำของผู้บริโภคอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

จินตนาภรณ์ แก้วไพศาล. 2560. **สัมภาษณ์**, 7 กันยายน 2560.

ชวนะ ภวกานันท์. 2546. **การผลิตและการตลาดผักปลอดภัยจังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธงชัย สันติวงษ์. 2536. **หลักการบริหารจัดการ**. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ ถิตย์บุญครอง. 2551. **การจัดการการผลิตและการตลาดของเกษตรกรผู้ปลูกมันแกวในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคราม ปี 2550**. รายงานการศึกษาอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

ธุรกิจเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมควร พรมจันทร์. 2560. ประธานวิสาหกิจชุมชนผักปลอดสารบ้านอ่างเตย. **สัมภาษณ์**, 19 ตุลาคม 2560.

สุรเดช วรรณศิริ. 2555. **หมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบ : จังหวัดฉะเชิงเทรา**. แหล่งที่มา: http://sufficiency-village.blogspot.com/2012/04/blog-post_20.html, 22 สิงหาคม 2560.

อึ่ง แก้วมาก. 2560. **สัมภาษณ์**, 19 ตุลาคม 2560.

รูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างในพื้นที่ หมู่7 บ้านอ่างเสือดำ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

Pattern Of Farmer in Elephant Affected Area, Village No.7, Ban Aang Sue Dam ,Tha Takiap Sub-District,Tha Takiap District,Chachoengsao

ดาริน ลัดกรูด[1*] และพีรชัย กุลชัย[1]

Darin Ladkood[1*] and Peerachai Kullachai[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตรจากช้างและรูปแบบการปรับตัวของเกษตรกร โดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมโดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงกับเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างจำนวน 17 ราย พบว่าช้างที่เข้ามาทำลายผลผลิตของ เกษตรกรปลูกมันสำปะหลัง 9 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 35.38 เกษตรกรปลูกข้าว 8ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 84 เกษตรกรปลูกยางพารา 4 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 66.25 เกษตรกรปลูกปาล์ม 3 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 50 เกษตรกรปลูกยูคาลิปตัส 2 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 55 เกษตรกรปลูกมะละกอและขนุนอย่างละ 1ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 100 และ35 โดยการปรับตัวของเกษตรกรที่แบ่งเป็น 3 กลุ่ม 1)กลุ่มเกษตรกรปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตร 11 รายโดยปรับเปลี่ยนพันธุ์พืชหรือการเปลี่ยนชนิดพืชที่จะแต่การปรับเปลี่ยนนี้ไม่สามารถทดแทนการทำการเกษตรแบบเดิมได้ 2)กลุ่มเกษตรกรที่ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนการทำการเกษตร 4 ราย เนื่องจากไม่ทราบว่าจะทำอะไรต่อ 3)กลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนอาชีพ 2 รายโดยมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและสามารถแทนการเกษตรแบบเดิมได้

ABSTRACT

The research aimed to study situation of agricultural product destruction by elephant and pattern of farmer with mixed method and purposive sampling farmer in elephant affected area 17 people. There are 9 farmer crop cassava 35.38% damage, 8 farmer crop rice 84% damage, 4 farmer crop hevea 66.25% damage ,3 farmer crop palm 50%,2 farmer crop eucalyptus 55%, 1 farmer crop papaya 100%, 1 farmer crop jackfruit 35%. Farmer is adaptation is divided into 3 groups.1) Farmer modify agricultural activities 11 people modify plant variety or plant type but cannot replace traditional farming. 1) Farmer do not modify agricultural activities 4 people because do not know what to do. 3) Farmers with career change 2 people farmer have a better life and can replace traditional agriculture.

Key Words : Elephant affected , Pattern

* Corresponding author ; e-mail address: darinladkood@gmail.com

[1]ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[1]Department of Agricultural Development and Resource Management , Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute Technology Ladkabang , Bangkok 10520

คำนำ

ในประเทศไทยมีช้างป่าจำนวน 3,000-3,500 ตัว กระจายในป่าอนุรักษ์ทั่วประเทศและแนวโน้มช้างป่ามีจำนวนสูงขึ้น โดยเฉพาะป่ารอยต่อ 5 จังหวัดภาคตะวันออกที่มีช้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี มีมากกว่า 200 ตัว (อดิศร นุชดำรงค์, 2559) ปัจจุบันป่านั้นเสื่อมโทรมมีการบุกรุกป่าเพื่อสร้างที่อยู่อาศัยการขยายตัวของชุมชนและทำการเกษตรเพิ่มขึ้นการก่อสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานทำให้แหล่งที่อยู่อาศัยหากินของช้างลดน้อยลงจนเกิดปัญหารุนแรงขึ้นและมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงขึ้น ประเด็นของการเกิดข้อขัดแย้งส่วนมากเป็นปัญหาการแย่งใช้พื้นที่ราบริมแหล่งน้ำ แหล่งอาหารและแหล่งหลบภัยที่สำคัญของช้าง ในฤดูฝนในป่ายังมีอาหารสมบูรณ์ช้างสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่เมื่อถึงฤดูแล้งอาหารและน้ำขาดแคลน ช้างจึงต้องเข้ามาหากินผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่เกษตรกรรมของเกษตรกร ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบนี้

ปัจจุบันตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีทั้งหมด 22 หมู่บ้านประชากรทั้งสิ้น 19,135คนแยกเป็น ชาย9,780คน หญิง9,355คน มีทั้งสิ้น5,620 ครัวเรือนมีความหนาแน่นเฉลี่ย 43.19คน/ตารางกิโลเมตร (องค์การบริหารส่วนตำบลท่าตะเกียบข้อมูล, 2560) โดยประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมทำนา ,ทำสวน, ทำไร่หรือรับจ้างทั่วไป โดยพื้นที่ดังกล่าวนั้น มีบริเวณเชื่อมต่อกับผืนป่าภาคตะวันออกซึ่งมีสัตว์ป่าอุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะช้างแต่เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวนั้นทำให้พื้นที่ช้างลดลงตั้งแต่ปี 2553 มีช้างลงมาหากินผลผลิตของเกษตรกรเฉพาะหน้าแล้งโดยจำนวนครั้งที่ช้างออก2-3ครั้งต่อเดือน จนปี 2556 – 2560 นั้นช้างลงมากินผลผลิตของชาวบ้านมากยิ่งขึ้นและมีความถี่มากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะ หมู่ 7 บ้านอ่างเสือดำ เป็นพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากการที่ช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตรมากที่สุดเนื่องจากพื้นที่หมู่บ้านติดกับแนวป่ามากที่สุด โดยปี2559 หมู่ 7 บ้านอ่างเสือดำมีผู้ประสบภัยพิบัติช้างป่าทำลายพืชผลทางการเกษตรพืชที่เสียหายมากที่สุดคือข้าวเสียหายทั้งสิ้น 16ไร่รองลงมาคือ พืชสวน 10ไร่ พืชไร่ 2ไร่ ตามลำดับแต่เมื่อ มกราคาคม-มิถุนายนปี2560 เกษตรกรได้รับผลกระทบนี้มากยิ่งขึ้นโดยพืชที่เสียหายมากที่สุดคือข้าวเสียหายทั้งสิ้น13.3ไร่รองลงมาคือ พืชไร่ 12.5ไร่ พืชสวน12ไร่ (องค์การบริหารส่วนตำบลท่าตะเกียบ, 2560) จนทำให้เกษตรกรต่างเดือดร้อนอย่างมาก เนื่องจากช้างเข้ามาทำลายผลผลิตทางการเกษตร ได้รับความเสียหายทำให้ เกิดการปรับตัวของเกษตรกรในหลายรูปแบบ เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาโดยมีคำถามวิจัยคือ รูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างในพื้นที่ หมู่7 บ้านอ่างเสือดำ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาสถานการณ์การเข้าทำลายผลผลิตทางการเกษตรจากช้างในพื้นที่ หมู่ 7 บ้านอ่างเสือดำ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

2.เพื่อศึกษารูปแบบการปรับตัวของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างในพื้นที่ หมู่ 7 บ้านอ่างเสือดำ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอท่าตะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา

วิธีการศึกษา

การศึกษาผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสม(Mixed Method) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากร คือเกษตรกรที่รายงานความเสียหายจากช้างในพื้นที่ตำบลท่าตะเกียบจำนวน 44 ราย

กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรที่รายงานความเสียหายจากช้างจำนวน 17 รายในพื้นที่บ้านอ่างเสือดำ โดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงจากบ้านอ่างเสือดำซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหามากที่สุดในตำบลท่าตะเกียบ

ขั้นตอนในการศึกษา

1. ทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบเครื่องมือในการสัมภาษณ์เชิงลึกและออกแบบสัมภาษณ์เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบ
3. ตรวจสอบเครื่องมือในการสัมภาษณ์โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและเจ้าหน้าที่เกษตรตำบลท่าตะเกียบ
4. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่บ้านอ่างเสือดำที่ได้รับผลกระทบจากช้าง 17 ราย
5. เก็บรวบรวมข้อมูลเกษตรกรที่มีการปรับตัวที่ได้รับผลกระทบจากช้างในพื้นที่บ้านอ่างเสือดำโดยการสัมภาษณ์
6. นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และแบบสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์
7.สรุปผลการศึกษาและจัดทำรายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติร้อยละและค่าเฉลี่ย
2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก จดบันทึก และถ่ายภาพ โดยจัดแบ่งหมวดหมู่ในรูปแบบการพรรณนา

ระยะเวลาวิจัย ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนสิงหาคม 2560 ถึงพฤศจิกายน 2560

ผลการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร

เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบเป็นเพศชายร้อยละ 52.94 เพศหญิงร้อยละ 47.06 โดยเกษตรกรจบการศึกษาในระดับ ประถมศึกษาปีที่ 1- มัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่มีสถานะสมรส13 คนและหย่าร้าง2 คนโดยมีสมาชิกในครอบครัว 3-6 คน สมาชิกในครอบครัวจบการศึกษาในระดับประถมศึกษาปีที่ 4- ปริญญาตรี โดยเกษตรกรทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ อาชีพหลักส่วนใหญ่ของเกษตรกรที่ได้รับผลกรทบคือเกษตรกรรมจำนวน 15 คนและรับราชการและรับจ้าง2ราย อาชีพรองส่วนใหญ่คือรับจ้างจำนวน 10คนและไม่มีอาชีพรองเนื่องจากทำการเกษตรเพียงอย่างเดียว 5คน และทำการเกษตรเป็นอาชีพรอง 2คนโดยเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังจำนวน 10 รายโดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกพันธุ์ห้านาที พันธุ์ระยอง 2 เกษตรศาสตร์ 50 มีเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราจำนวน 10ราย โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกพันธุ์251และพันธุ์600เกษตรกรผู้ปลูกข้าว 9ราย โดยจะปลูกข้าวหอมมะลิ ซึ่งเกษตรกรจะปลูกเพื่อนำมารับประทานในครัวเรือนเมื่อเหลือจึงนำออกไปขาย เกษตรกรผู้ปลูกยูคาลิปตัส 4 รายโดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกพันธุ์ K7 เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด 2 รายเกษตรกรโดยจะปลูกพันธุ์แปซิฟิค 999 และ888 เกษตรกรผู้ปลูกปาล์ม 2ราย และเกษตรกรผู้ปลูกผักสวนครัว(พริก,มะเขือ),มะละกอ ,ถั่วเหลือง,ขนุน,อ้อย 1รายโดยเกษตรกรจะนำผลผลิตไปขายที่ตลาดรับซื้อผลผลิตโดยผ่านพ่อค้าคนกลาง เป็นส่วนมากโดยประสบการณ์ในการทำการเกษตรของเกษตรกร 7-40ปี โดนส่วนมากนั้นเกษตรกรจะทำเกษตรมาตั้งแต่แรกเริมจากรุ่นสู่รุ่นสืบต่อกันมา พื้นที่ในการทำการเกษตรของเกษตรกรนั้นมีพื้นที่ประมาณ 20 ไร่ ขึ้นไป

พื้นที่ส่วนมากจะเป็นเอกสารสิทธิ ส.ป.ก.(เป็นที่ดินที่ทางภาครัฐยกให้แก่เกษตรกรเพื่อสำหรับเป็นที่ดินในการทำอาชีพด้านการเกษตร) และเป็นพื้นที่ ภบท.5รองลงมา

สถานการณ์ช้างที่เข้ามาทำลายผลผลิตของเกษตรกร

ช้างที่เข้ามาทำลายผลผลิตของเกษตรกรโดยเข้ามาเหยียบผลผลิต เดินชนต้นผลผลิตหัก กินผลผลิตของชาวบ้านผลผลิตของเกษตรกรที่ได้รับความเสียหายมากที่สุดจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 8 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 84 ช้างจะเข้ามากินเฉพาะตอนที่ข้าวนั้นออกรวงก่อนเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิต 1-2 เดือนโดยช้างจะกินแต่ส่วนรวงข้าว ต้นข้าวนั้นก็จะยืนต้นตาย รองลงมาคือมันสำปะหลังจากเกษตรกร 8 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 35.38

"มันสำปะหลังส่วนมากที่ช้างชอบกินคือ พันธ์พันธุ์ห้านาที และ พันธุ์ระยอง 2 มากกว่าพันธ์เกษตรศาสตร์50 ช้างไม่ค่อยกินเพราะพันธ์พันธุ์ห้านาที และ พันธุ์ระยอง 2 อาจจะมีไซยาไนด์มากกว่าช้างเลยไม่กินส่วนมากช้างก็จะถอนออกมาเล่นมากกว่าในช่วง 2 ปีเราไม่สามารถบอกได้ว่าช้างเข้ามากี่ครั้งเพราะช้างเขามาอยู่เรื่อยๆโดยทุกปีจะเริ่มเดือนตุลาคม-มกราคมที่ผ่านมานี้" (ดวงพร วรรณคำ, สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2560)

เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา 4 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 66.25เกษตรกรโดยช้างได้ไปทำลายต้นไม้หักโค้นและกินยอดอ่อน และกิผู้ปลูกยูคาลิปตัส 4 รายร้อยละ 55 เกษตรกรผู้ปลูกปาล์ม 3ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 50 และเกษตรกรผู้ปลูกมะละกอและขนุน 1ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 100และ35 ตามลำดับ โดยการเข้ามาของช้างจะเข้ามาในช่วงเดือนมกราคม 1-2ครั้งและจะเข้าอีกครั้งในช่วงเดือนเมษายน1-2ครั้ง และช้างจะเข้าอีกครั้งเดือนกรกฎาคมและจะหายไป2-3เดือนและมาครั้งใหญ่ในเดือนตุลาคมจนถึงธันวาคม ซึ่งช่วงเวลานี้เป็นช่วงที่ข้าวออกรวงและเกษตรกรกำลังจะเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้ได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก โดยพืชที่เกษตรกรปลูกนั้นส่วนมากเป็นพืชที่ไม่สามารถฟื้นฟูได้โดยความคิดเห็นของเกษตรกรถึงสาเหตุที่ช้างเข้ามาคือ อาหาร แหล่งน้ำในป่าไม่เพียงพอทำให้ช้างต้องลงมาหาอาหารนอกพื้นที่ป่าโดยเกษตรกรแสดงความคิดเห็นว่า การแก้ไขควรปลูกอาหารช้างไว้ในป่าค่าชดเชยที่เกษตรกรได้โดยเฉลี่ยพืชสวนจะได้ค่าชดเชย 1600 บาท ต่อ1ไร่โดยพืชไร่และข้าวจะได้ค่าชดเชย 1100 บาท ต่อ 1ไร่ โดยต้นทุนที่เกษตรกรลงทุนในการทำการเกษตรเฉลี่ย 5000-10000 บาทต่อ 1ไร่ ซึ่งไม่สามารถทดแทนกันได้ (Table1)

"ถ้าถามถึงเรื่องความพึงพอใจต่อค่าชดเชยนั้นไม่มีเกษตรกรคนไหนที่จะพึงพอใจเพราะเกษตรกรนั้นทั้งต้องลงทุน ลงแรงและเวลาในการทำการเกษตรแต่การให้ค่าชดเชยนั้นเป็นเหมือนการเยียวยามากกว่า ดีกว่าได้รับความเสียหายแล้วไม่ได้อะไรเลย" (สมบูรณ์ แซ่โก, สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2560)

เกษตรกรไม่เพียงจะเสียหายด้านผลผลิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เกษตรกรยังได้รับความเสียหายทางด้าน อุปกรณ์การเกษตร เช่น ท่อน้ำ อุปกรณ์ให้น้ำ หรือแม้กระทั่งการยกร่อง ต่างๆซึ่ง ค่าใช้จ่ายในบางส่วนค่อนข้างสูงในการซ่อมแซมหรือทำใหม่ และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้ก็ไม่สามารถนำไปประเมินมูลค่าความเสียหายได้

การปรับตัวของเกษตรกร

จากการศึกษาเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างจำนวน 17 ราย พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับตัวโดยการปรับกิจกรรมทางการเกษตรจำนวน 11 ราย กลุ่มเกษตรกรที่มีการ

ปรับตัวโดยการเปลี่ยนอาชีพจากการเกษตรไปรับจ้างจำนวน 2 ราย และกลุ่มเกษตรกรที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนยังคงทำกิจกรรมการเกษตรเหมือนเดิมจำนวน 4 ราย

Table1 Situation of elephant in area

Order	Name	crop damage	Damage (%)	Regeneration		Compensation (Baht /Rai)
				Can	Can not	
1	Mr. Prasert Sukhkylek	rice	100%		X	4400/4
2	Mrs. Usa Arjharn	rice	100%		X	2200/2
3	Mrs. Nida Ngamlert	rice	100%		X	30000/3
	jariyakul	cassava	8%		X	-
4	Mrs. Villay Nanam	rice	25%		X	1100/1
		cassava	6%		X	-
5	Mr. Somboon Saego	rice	50%		X	-
		cassava	21%		X	5000/5
6	Mr. Somsiang Yuamai	rice	100%		X	-
		vegetable	50%		X	1600/1
7	Mr. Chotiwat Ratanawan	vegetable	66%	X		3200/2
8	Mr. comepong	rice	60%		X	11000/10
	Thiasaengchan	cassava	100%		X	4000/4
		hevea	26%	X		-
9	Mrs. Pannee Phodam	rice	100%		X	-
		cassava	100%		X	3300/3
		hevea	100%		X	1600/1
		eucalyptus	100%		X	-
10	Mr. Singkan	cassava	50%		X	-
	Sakulsanticharoen	hevea	10%		X	1600/1
11	Mrs. Wan Sukhvijit	cassava	16%		X	3300/3ไร่
11	Mr. Somchai Tharwon	cassava	100%	X		1600/1
		hevea	5%	X		-
		eucalyptus	10%	X		-
12	Mrs. Duangpon Vankham	cassava	60%		X	6000/6
		jackfruit	35%		X	11000/7
13	Mrs. Tongbi Khwathai	oil palm	20%		X	14000/9
14	Mr. Yuttasak	oil palm	40%		X	33000/10
	Trumrattanananth					

15	Mr. Phusit Saetae	oil palm	90%	X	16000/10
16	Mrs. Sope Pimpikuxchai	papaya	100%	X	20000/12

กลุ่มเกษตรกรที่ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนการทำการเกษตร 4 ราย เนื่องจากไม่ทราบว่าจะทำอะไรต่อดีที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีอยู่และมีรายได้ที่เหมาะสมโดยในอนาคตเกษตรกรอาจจะดูตลาดว่าต้องการผลผลิตอะไรแล้วเหมาะกับพื้นที่ตนหรือไม่ โดยยังคงทำกิจกรรมทางการเกษตรเหมือนเดิมได้แก่ การปลูกยูคาลิปตัส ยางพารา มันสัมปะหลัง (Figure 1)

Figure 1 Interview farmer in elephant affected area

“ตอนนี้ช้างเข้ามาจนแทบไม่เหลือผลผลิตอะไรแล้วแต่ก็ไม่รู้ว่าจะทำอะไรต่อเราทำเกษตรแบบนี้มาตั้งแต่พ่อแม่เรารอให้ช้างเขาเข้ามาน้อยลงแล้วค่อยทำใหม่อีกรอบ” (ดวงพร วรรณคำ, สัมภาษณ์, 16 กันยายน 2560)

กลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนอาชีพ 2 รายที่เดิมปลูก ข้าว มันสัมปะหลัง ไปเป็นการไปรับจ้างต่างๆ เช่น รับเหมาก่อสร้างและเป็นช่างโดยมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น เกษตรกรสามารถแทนการเกษตรแบบเดิมได้ สาเหตุการปรับเปลี่ยนนั้นเนื่องจากไม่คุ้มกับการลงทุนและไม่พอต่อค่าใช้จ่ายในปัจจุบันแต่ในอนาคตเกษตรกรคิดว่าจะทำอาชีพอื่นและทำการเกษตรควบคู่กันไปเพราะการทำเกษตรครอบครัวทำมาตั้งแต่ต้นแต่อาจจะไปปลูกพืชที่ช้างไม่กิน

“ในเมื่อช้างเขายังต้องกินต้องหาอาหารเราก็เหมือนกันก็ต้องหาเงินใช้จ่ายจะให้เกษตรแบบเดิมเดียวเขาก็เขามาอีกเราจะไปหาทุนที่ไหนมาทำต่อโชคดีที่ทำบ้านซ่อมบ้านเป็นเลยหันมารับเหมาแทน”
(สิงคาน สกุลสันติเจริญ, สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2560)

กลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตรจำนวน 11 รายโดยเกษตรกรปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตรมากที่สุดโดยการเปลี่ยนชนิดของพืชที่ช้างกินเป็นพืชชนิดอื่นจำนวน 6 ราย เช่น เปลี่ยนจากการปลูกข้าวเป็นปลูกยางพาราและปลูกยูคาลิปตัส เป็นต้นซึ่งสาเหตุที่ปรับเปลี่ยนนั้นเนื่องจากไม่คุ้มกับการลงทุน เมื่อช้างเข้ามาได้รับความเสียหายน้อยกว่าแต่ช้างก็ยังเข้ามาทำลายผลผลิตเช่นเดิม ส่วนเกษตรกร 5 รายจากการปลูกข้าว ปาล์ม มันสัมปะหลัง ยางพาราหันไปปลูกพืชผสมผสาน เช่น หันไปปลูกยูคาลิปตัส ยางพาราและปลูกผักสวนครัว จำพวก พริก มะเขือ กระเพรา แซมรอบๆพื้นที่ เนื่องจากผักสวนครัวนั้นโตง่ายและเร็วและสามารถใช้ในครัวเรือนได้ แต่ผลเมื่อเกษตรกรปรับเปลี่ยนแล้วมีรายได้เพิ่มขึ้นกว่าการทำเกษตรแบบเดิมแต่ ไม่สามารถทดแทนรายได้จากการทำเกษตรได้โดยในอนาคตเกษตรกรคิดว่าจะหาอาชีพเสริมนอกเหนือกิจกรรมทางการเกษตร

“เราเปลี่ยนไปปลูกยางพาราหรืออะไรแม้เขาจะกินไม่ได้แต่พื้นที่ที่ของเราเป็นทางที่เขาเดินอยู่ตลอดยังไงเขาก็เขามาเหยียบ ไม่ก็หักล้มลงบ้าง ยิ่งเขาตกใจเขาก็จะเดินแตกแถวของเขายิ่งเสียหายเพิ่มขึ้นอีก”
(คำพอง เทียมแสงจันทร์, สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2560)

วิจารณ์ผลการศึกษา

โดยการวิจัยครั้งนี้พบว่าเกษตรกรได้รับความเสียหายจากการเข้ามาทำลายผลผลิตจากช้างอย่างมาก ถึงแม้ทางรัฐบาลจะมีเงินกองทุนช่วยเหลืออาหารช้างป่า แก่เกษตรที่ได้รับความเสียหายแต่นั้นก็ไม่สามารถทดแทนกับผลผลิตที่เสียหายไปได้เมื่อเกษตรกรหาทางรับมือกับปัญหาด้วยตัวเองโดยการปรับตัวของเกษตรกร การสร้างความหลากหลายผลผลิตทางการทำการเกษตร (วิทยา เต่าสา, 2552)และการเปลี่ยนแปลงของพืช เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (วารินทร์ วงษ์วรรณ, 2546) คือกลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตร แต่ยังไม่สามารถทดแทนการทำเกษตรแบบเดิมได้ แต่การหารายได้ทำกิจกรรมนอกจากภาคการเกษตรไปอีกงานหนึ่ง (มณีมัย ทองอยู่, 2546) คือกลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนอาชีพนั้นสามารถทดแทนการทำการเกษตรแบบเดิมได้แต่เกษตรกรหลายๆคนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอาชีพได้เพราะต่างก็มีพื้นที่ของตนเองเดิมอยู่ไม่อยากปล่อยให้ที่นั้นทิ้งร้างอีกทั้งแต่การปรับเปลี่ยนอาชีพของเกษตรกรต้องอาศัยความรู้ความสามารถเฉพาะทางในการทำงาน ทำให้เกษตรกรบางรายไม่สามารถปรับเปลี่ยนอาชีพได้

สรุปผลการศึษา

จากการศึกษาสรุปได้ดังนี้ของ เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง 9 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 35.38 เกษตรกรผู้ปลูกข้าว 8 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 84เกษตรกรผู้ปลูกยางพารา 4ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 66.25 เกษตรกรผู้ปลูกปาล์ม 3 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 50 เกษตรกรผู้ปลูกยูคาลิปตัส 2 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 55 เกษตรกรผู้ปลูกมะละกอและขนุน 1 ราย ได้รับความเสียหายร้อยละ 100และ35 ตามลำดับ สาเหตุที่ช้างเข้ามาทำลายผลผลิตของเกษตรกรเนื่องจากอาหารในป่านั้นไม่เพียงพอ เกษตรกรนั้นต่างได้รับความเดือดร้อนถึงแม้ว่าทางเกษตรอำเภอจะมีการให้ค่าชดเชยแก่เกษตรกรแต่ค่าชดเชยนั้นไม่คุ้มค่าต่อราคาผลผลิตและค่าชดเชยนั้นได้น้อยไม่สามารถไปทำเกษตรกรรมในรอบต่อไปได้โดยเกษตรกรจึงต้องหาทางในการเพิ่มรายได้ เพื่อนดำรงค์ชีวิตต่อไปได้

โดยการปรับตัวของเกษตรกรนั้นส่วนใหญ่คือกลุ่มเกษตรกรปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตรมากที่สุด จำนวน 11 ราย โดยเฉพาะ การปรับเปลี่ยนพันธุ์พืชหรือการเปลี่ยนชนิดพืชที่จะปลูก เช่นการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 2 เป็นพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ,การปลูกข้าว ปาล์ม ขนุน และอื่นๆที่ช้างชอบกินเป็นยูคาลิปตัส หรือยางพาราแทนปลูกพืชผสมผสาน เช่น หันไปปลูกยูคาลิปตัส ยางพารา และปลูกผักสวนครัวแซมรอบๆพื้นที่เดิม แต่การปรับเปลี่ยนนี้ก็ยังไม่สามารถทดแทนการทำการเกษตรแบบเดิมได้โดยในอนาคตเกษตรกรนั้นคิดว่าจะหาอาชีพเสริมนอกเหนือกิจกรรมทางการเกษตร รองลงมาของการปรับตัวคือกลุ่มเกษตรกรที่ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรจำนวน 4 ราย เนื่องจากไม่ทราบว่าจะทำอะไรต่อโดยในอนาคตเกษตรกรอาจจะดูตลาดว่าต้องการผลผลิตอะไรแล้วเหมาะกับพื้นที่ตน และกลุ่มเกษตรกรที่มีการปรับเปลี่ยนอาชีพจำนวน 2 ราย โดยการไปรับจ้างต่างๆ เช่น รับเหมาก่อสร้างและเป็นช่าง แต่จะต้องอาศัยประสบการณ์ ความรู้ความสามารถเฉพาะทาง โดยมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นและสามารถแทนการเกษตรแบบเดิมได้

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

1. ควรมีการจัดโครงการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะและการพัฒนาด้านอาชีพให้กับเกษตรกรโดยเน้นการนำความรู้ความชำนาญและทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ที่สุดเช่น การทำปศุสัตว์

2. ควรมีการประชุมจัดเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความคิดเห็นในการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อนเป็นข้อมูลและทางให้กับเกษตรกรรายอื่นๆและเพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดต่อไป

3. เกษตรกรควรมีการทำเกษตรกรรมที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นโดยอาจจะลองหันมาเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่ หมู เป็นต้นหรือหันมาปลูกพืชที่สามารถฟื้นฟูได้หลังจากได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของช้าง เช่นมะนาว ตะไคร้ กระเพราเป็นต้น

4. ควรมีการฟื้นฟูป่าให้อุดมสมบูรณ์ และควรปลูกอาหารช้างไว้ในป่าเพื่อลดปัญหาช้างเข้ามา

เอกสารอ้างอิง

คำพอง เทียมแสงจันทร์. 2560. **สัมภาษณ์**, 17 กันยายน 2560.

ดวงพร วรรณคำ. 2560. **สัมภาษณ์**, 16 กันยายน 2560.

มณีมัย ทองอยู่. 2546. **การปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจชาวนาอีสาน**. สำนักพิมพ์สร้างสรรค์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ วงษ์วรรณ. 2546. **พัฒนาการของเกษตรกรรมเพื่อการค้า กรณีศึกษาการผลิตไผ่ตรงในตำบลเนินหอม อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาภูมิศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิทยา เต่าสา. 2552. **การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและการปรับตัวของเกษตรกร กรณีศึกษาบ้านทรายมูล ตำบลหนองปรือ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมบูรณ์ แซ่โก. 2560. **สัมภาษณ์**, 17 กันยายน 2560.

สิงคาน สกุลสันติเจริญ. 2560. **สัมภาษณ์**, 17 กันยายน 2560

องค์การบริหารส่วนตำบลท่าตะเกียบ. 2560. **ประวัติความเป็นมาบ้านท่าตะเกียบ**. แหล่งที่มา: http://www.thatakieb.go.th/content/generalInformation, 16 สิงหาคม 2560.

อดิศร นุชดำรงค์. 2559. **ช้างป่าไทยประชากรเพิ่มร้อยละ 5-10**.แหล่งที่มา:http://www.nationtv.tv/main/content/social/378493505/, 18 สิงหาคม 2560.

Perception of and Preference for Agricultural Extension Services in Cambodia: The Case Study of Rice Farmers in Kampong Thom Province

Heng Chou Long[1*], Penporn Janekarnkij[1] and Prapinwadee Sirisupluxana[1]

ABSTRACT

This study was conducted to determine the perception of rice farmers in Kampong Thom province on the benefits and appropriateness of agricultural extension services (AES). It further evaluated their preference regarding the services. A multi-stage sampling was adopted to purposively select the most abundant rice production area with at least two years of extension services, namely Kampong Svay district. The simple random sampling was used to select rice farmers, making a sample size of 197 households, 99 from Ta Ream village, Tbaeng commune and 98 from Team Chas village, Kampong Svay commune. The results revealed that among the different extension delivery mechanisms, farmers experienced the use of training/workshop/meeting the most, followed by TV/radio/videos, and publication. About 82% of farmers had no experience on the use of website, 67% had never visited to the AE office, and 64% had never made a phone call to an agent. For the evaluation of perceived benefits from AES, yield increasing ranked highest, followed by irrigation improvement, and soil quality improvement. When the appropriateness of extension package was evaluated, the highest scores were given to “AES agent is knowledgeable”, followed by “information is relevant”, and “information delivery is timely”. When asked about the overall preference for AES received during the past two years, 81% of farmers preferred the services. This may imply that they evaluated AES as significant and useful for their rice production.

Key words: agricultural extension service, perceived benefit, appropriateness, preference, delivery mechanism

* Corresponding author; e-mail address: hchoulong@gmail.com

[1]Department of Agriculture and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok, 10900

INTRODUCTION

In 2010, the Royal Government of Cambodia set out an agricultural policy for "Promotion of Rice Production and Export" by issuing significant policy measures on paddy-rice production, collection and processing, logistics, and marketing. To achieve the policy goal, the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) prepared the operational plans to improve public agricultural extension services (AES), which is responsible by Department of Agricultural Extension (DAE) in order to transfer appropriate information, invented technologies, and applicable techniques to farmers. In 2015, MAFF successfully formulated the "Policy on Agricultural Extension" as an effective direction in response to the national agricultural policy, aimed at enhancing farmers' well-being, international competition, and agricultural sustainability of Cambodia (MAFF, 2015).

The policy strategies for the national agricultural extension system have been geared towards demand-driven concept. Being demand-driven of AES, appropriated contents/information and delivery channel are designed to meet and satisfy the needs of farmers (consumer) rather than the needs of organization (producer) (WorldBank, 2008). Public AES is recognized as an important indicator to help farmers solving problem of and improving agricultural productivity by developing the extension programs and activities to bump into the needs and priorities of farmers (MAFF, 2015).

Israel and Wilson (2006) suggested that it is a prerequisite for efficient AES to develop an understanding of extension sources and channels used by farmers. Therefore, the study examines the uses of AES by rice farmers, their perception of the AE system provided in the study area. Specifically, the study identifies how rice farmers perceive the benefits and appropriateness of AES. It also investigated the preference for each delivery mechanism and overall. It is noted that the study is scoped to the AES provided by DAE, MAFF (hereafter called public AES).

MATERIALS AND METHODS

Data used in this study were from rice-based farm household survey. The study area was selected based on two criteria, being the major rice production area, and being the service area of AES for at least two years. Two villages in Kampong Svay district were purposively selected namely, Ta Ream village in Tbaeng commune, and Team Chas village in Kampong Svay commune. The survey was conducted in September 2017 on 197 rice farmers. Map of the study area is shown in Figure 1.

In the survey, data on farm demographic characteristics and the use of AES were collected. The types of information and delivery mechanisms channeled to farmers during the past two years were also reported. Farmers were interviewed on their perceived benefits from AES and appropriateness of extension package, given the scores ranking from least (1) to most (10). The study determined the farmers' preference on each delivery mechanism they used, followed by the overall preference for AES using Likert-scale ranked from 1 (least preferred) to 5 (most preferred).

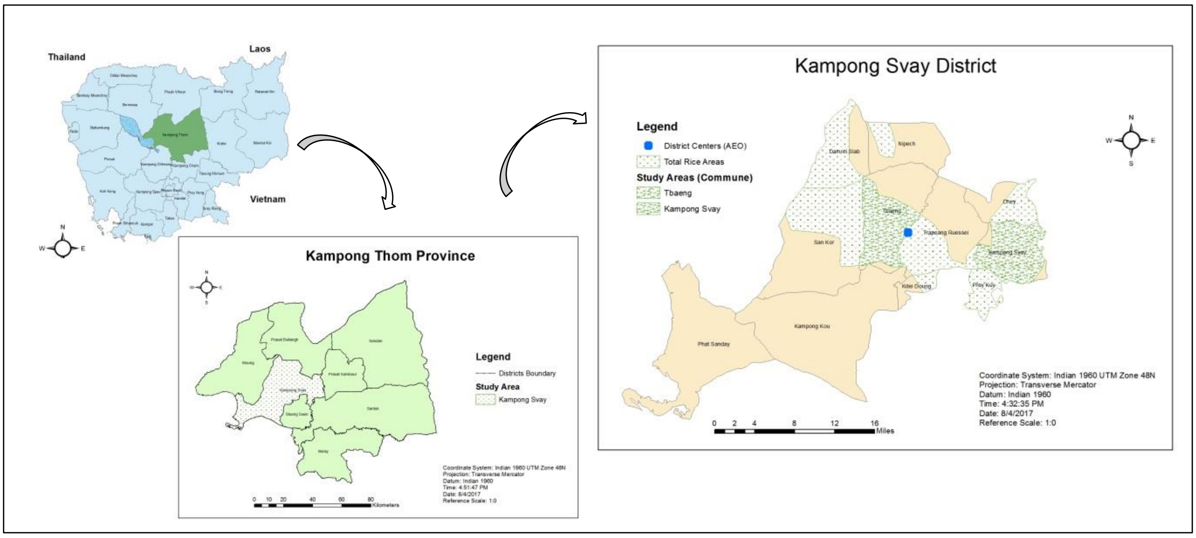


Figure 1 Map of the study area, located in Kampong Svay district, Kampong Thom province.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Demographic characteristics of farmers

Of the total sampled rice farmers interviewed, 55% were male with the average age of 42 years old. About 80% of farmers were 30-60 years old. Only 61% of the farmers were reportedly literate, which was below the national literacy level (78%) (MOP, 2015). About 53% of the farmers were experienced in producing rice over ten years.

The average holding of rice production area is 1.92 ha similarly to country average (USAID, 2014). The minimum and maximum of rice production area are 0.2 ha, and 7 ha respectively. Only 18% of farmers have rice production area greater than 3 ha. The average annual rice yield of 2.89 ton/ha is noticeably lower than that of the national level (3.09 ton/ha) (MAFF, 2015). About 86% of farmers could produce rice at 2-4 ton/ha and only 18% obtain the average rice yield greater than 4 ton/ha. The majority of farmers (82%) produce rice for both home consumption and sale.

As the irrigation system is available in some part of the study area, about 47% of farmers have accessibility to the irrigation canals. About 34% of farmers use rain as source of water for rice production. About 77% have bicycle and 67% have moto-bicycle as owned source of transportation. None of them have four-wheel vehicle. Almost every respondent (99%) have mobile phone but only 47% have smart phone. About 84% of them have TV and 43% have radio. None of them obtain computer (Table 1). There is only one AE office in the study area located in the district center. The average distance of the AE office to the farmers' residence is about 11 km.

Table 1 Demographic characteristic of farmers (n=197)

Item	Frequency	Percentage
Gender (male)	109	55.33
Age in year per head (average= 42.43; min= 24; max = 65)		
15-29	27	13.71
30-45	91	46.19
46-60	65	32.99
> 60	14	7.11
Literacy rate (literate)	120	60.91
Farming experience (year)		
< 5	55	27.92
6-10	38	19.29
>10	104	52.79
Rice production area (average=1.94ha; min=0.2ha; max=7ha)		
<1	46	23.35
1-3	115	58.38
>3	36	18.27
Annual rice yield (average=2.89 ton/ha; min=1 ton/ha; max=6 ton/ha)		
< 2	10	5.08
2 - 4	170	86.29
> 4	17	8.63
Production purpose		
Consumption only	36	18.27
Consumption and sale	161	81.73
Accessibility of irrigation*		
None (rain only)	67	34.01
Natural pond and lake	49	24.87
Irrigation canal	93	47.21
River	21	10.66
Availability of transportation*		
None	10	5.08
Bicycle	151	76.65
Moto-bicycle	131	66.50
Availability of media device*		
TV	165	83.76
Radio	84	42.64
Mobile phone	195	98.98
Smartphone	93	47.21
Computer	0	0
Distance from home to AE office (average 10.89 km, S.D.=9.34)		

* Question is answered with more than one choice.

2. Accessibility and use of AES

All farmers admitted that they have used public AES. Farmers also used AES from different sources such as non-government organizations (40%), private firms (39%), and farmer based organization and cooperative (28%) (Table 2).

Table 2 Percentage distribution of AES source accessed by farmers (n=197)

AES Source*	Frequency	Percentage
Public sector (DAE, MAFF)	197	100
Private firms	76	38.58
NGOs	79	40.10
Farmer based organizations and cooperatives	55	27.92

* Question is answered with more than one choice.

Of the total seven categories of AES delivery mechanisms provided in the study area, the farmers were asked about how frequently they have used the various mechanisms during the past two years (Figure 2). To obtain the agricultural information, of the total farmers, the most popular AES mechanism was training/workshop/meeting (90%), followed by TV/radio/videos (75%), and publication such as booklet, leaflet, or newspaper (71%). The farmers who reported that they always used these top three popular mechanisms were at 27%, 16%, and 10%, respectively.

About 82% of the farmers revealed no experience (never) of using website, although almost 50% of them obtain smart phone. This might be owing to the limited knowledge of the information and communication technologies (ICTs) and low literacy. The farmers rarely visited the AE office and 67% of them have never experienced the office visit. This might be due to the far distance (average of 10km) from AE office to farmers' residence and the limited availability of transportation. The rarely use to never use of phone call (71%) could be due to lack of AES facilities such as contact person or point where farmers could reach the source of information, Yet, about 68% of the farmers admitted that they used to receive the AES services provided by agents in their farm during the past two years. About 80% of farmers admitted that they experienced the use of publication. Special designed materials for farmers with low literacy to be easily understood is challenging.

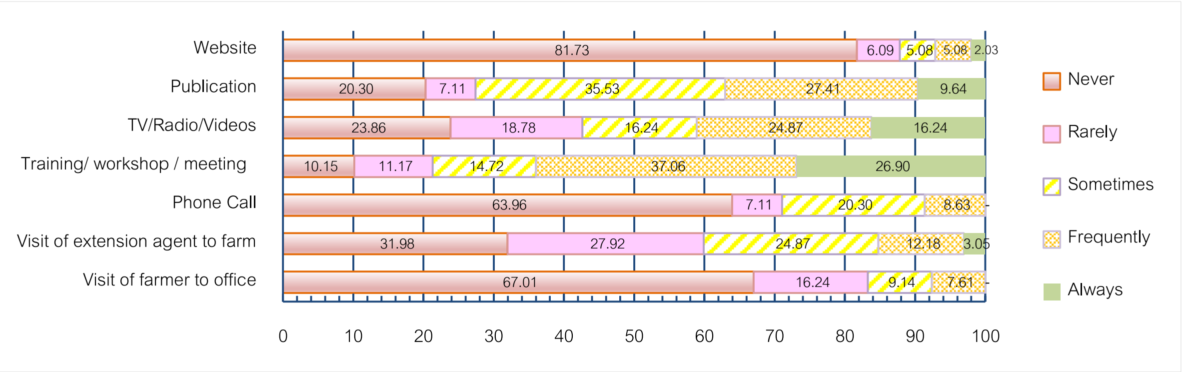


Figure 2 Use of AES delivery mechanisms in the past two year

With regards to content/information of rice production provided by AES, most of farmers (85%) received the information on soil and fertilizer, followed by the information on seed (75%) and irrigation (74%). About 30% of farmers received information on market (Table 3).

Table 3 Content/information of rice production obtained from AES. (n=197)

Content/information*	Frequency	Percentage
Soil	168	85.28
Seed	148	75.13
Fertilizer	169	85.79
Irrigation	145	73.60
Pesticide and herbicide	109	55.33
Harvesting and post-harvesting	123	62.44
Market and marketing	60	30.46

* Question is answered with more than one choice.

4. Perception of the farmers on AES

4.1 Perceived benefits from AES

Farmers were asked to value the perceived benefits from AES by scoring. The benefits on yield increasing was the highest mean score (7.31), followed by irrigation improving (7.08). The score below five was given to damage control improving which perceived the least (4.26) (Figure 3).

4.2 Perceived appropriateness of extension package

Likewise, with 10-scaled bases, farmers valued the appropriateness of extension package by giving the highest score (7.40) on relevancy of information, followed by being timely of delivery (6.78), and reliability of information (6.45). On the issue of personnel, the mean score for being knowledgeable and adequate were given at 7.57 and 6.32, respectively (Figure 4).

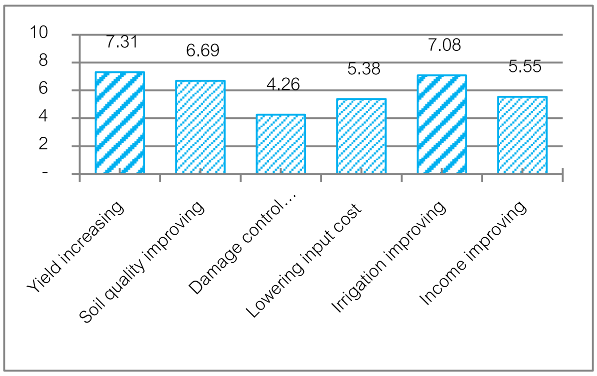


Figure 3 Farmers' perception on benefits from AES

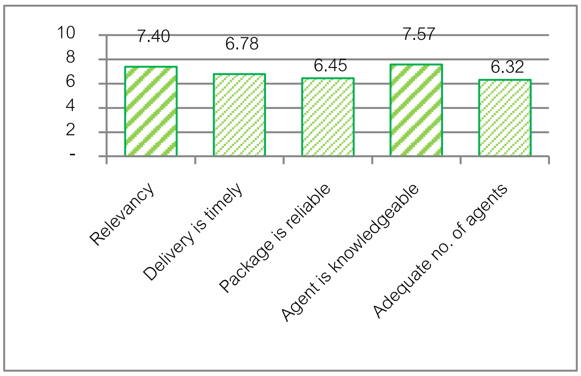


Figure 4 Farmers' perception on appropriateness of extension package

5. Farmers' preference for and expectation on AES

5.1 Preference for AES

Farmers were asked to rate their preference for each category of AES delivery mechanism they have used during the past two years. The strong to most preference were given to

training/workshop/meeting (79%), followed by visit of agent to farm (49%), publication (49%), and TV/radio/video (42%). Using the same evaluation criteria, the website ranked last (10%), followed by visit of farmer to office (15%) and phone call (25%).

When asked about the overall preference for AES received during the past two years, about 81% of farmers preferred the services. This may imply that farmers evaluated AES as significant and useful for their rice production (Table 4).

Table 4 Farmers' preference for different AES delivery mechanisms

AES delivery mechanism	Least prefer	Somewhat prefer	Moderately prefer	Strongly prefer	Most prefer	Total users (%)
Visit of farmer to office	3.55	14.21	4.06	5.08	9.64	36.55
Visit of extension agent to farm	0	2.03	13.20	24.37	24.87	64.47
Phone call	0	5.08	8.12	11.68	13.20	38.07
Training/ workshop / meeting	0	1.02	10.15	31.98	47.21	90.36
TV/Radio/Videos	8.12	8.63	15.23	27.92	14.72	74.62
Publication	1.52	5.58	14.21	31.98	17.26	70.56
Website	3.55	1.02	2.54	7.11	2.54	16.75
Overall preference						
#farmers	1	9	28	51	108	197
Percentage	0.51	4.57	14.21	25.89	54.82	100.00

5.2 Expectation on AES

The question on farmers' expectation on content/information to be received from AES was given in the open-ended form. The top three issues expressed by farmers were soil management (85%), fertilizer application (70%), and pest control (63%) (Table 5). This indicates the needs of farmers for AES supports.

Table 5 Percentage distribution of content/information needed by farmers (n=197)

Content/information*	Frequency	Percentage
Soil management	167	84.77
Fertilizer application (e.g., type, amount, and how to)	137	69.54
Pest control (e.g., how to control, use of pesticide)	124	62.94
Seed management (e.g., selection, storing)	110	55.84
Irrigation management (e.g., water use in field)	98	49.75
Harvesting and post-harvesting technologies	83	42.13
Market and marketing (e.g., where and when to sell, price information)	68	34.52

* Question is answered with more than one choice.

Given the choices of AES delivery mechanism available in the study area, farmers were asked which one (s) they expect to use for obtaining agricultural information. The training/workshop/meeting was the priority they preferred mostly (94%), followed by visiting of an agent to farm (53%). Website was preferred the least to receive the agricultural information (4%) (Table 6).

Table 6 Percentage distribution of each AES delivery mechanism needed by farmers (n=197)

Delivery mechanism of AES*	Frequency	Percentage	Rank
Training/ workshop / meeting	185	93.91	1
Visit of extension agent to farm	104	52.79	2
Publication	60	30.46	3
Visit of farmer to office	42	21.32	4
Phone call	35	17.77	5
TV/Radio/Videos	34	17.26	6
Website	8	4.06	7

* Question is answered with more than one choice.

CONCLUSION

Results showed that the existing AES is important to rice farmers in study area. The low literacy of farmers could make the AES more challenged. Effectiveness of AES requires not only the agents' technical knowledge but also the knowledge and skill that enhance the delivery effectively. Almost every household obtained mobile phone but the phone call was not a popular mechanism available. It is suggested that regular phone call or short message from AE agents can be another alternative for information delivery. With this less costly option, the AES office should have contact number or hotline available to increase responsiveness of farmers' needs. Further, the national agricultural extension policy has promoted the use of information and communication technologies (ICTs) as an innovative approach for delivering AES (MAFF, 2015). To the extent that not many farmers in the study area have smart phones and none of them have computer, this may limit the use of ICTs as the practical communication tool for AES, despite the availability of internet in the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support from the Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA) were gratefully acknowledged.

REFERENCES

Elias, A., M. Nohmi, K. Yasunobu and A. Ishida. 2015. Farmers' satisfaction with agricultural extension service and its influencing factors. **A Case Study in North West Ethiopia. Journal of Agricultural Science Technology.** 17: 39-53.

Israel, G. D. and Wilson, K. M. 2006. Sources and channels of information used by educational program clients. **Journal of Applied Communications**. 90: 55-78.

MAFF. 2015. Policy on Agricultural Extension in Cambodia 2015. **Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Cambodia.** 1-15.

MOP. 2014. Cambodia Socio-Economic Survey 2014. **National Institute of Statistics, Ministry of Planning, Cambodia.** 48-50.

USAID. 2014. Helping Address Rural Vulnerabilities and Ecosystem stability (HARVEST) in Cambodia. **HARVEST Baseline Study Report.** 24-25.

Worldbank. 2008. Strengthening Agricultural Extension and Advisory Systems. **Procedures for Assessing, Transforming, and Evaluating Extension Systems.** 20-30.

สมบัติทางกายภาพของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน

Physical Properties of Corn Husk Fiber Bundles from Animal Feed Corn Husks and Sweet Corn Husks

ธัญชนิต ทับสวัสดิ์[1*] ปวีณา ขำสงค์[1] ศรัณย์พร จุลเจิมศักดิ์[1] วัลภา แต้มทอง[1] และ สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ[1]

Thanchanit Tubsawat[1*], Paweena Khamsong, Sarunporn Juljermsak,

Walapa Tamthong[1] and Suteeluk Kraisuwan[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน โดยใช้เปลือกข้าวโพด 2 ชนิด คือ เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ซีพี 888 นิว และเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 และชั้นเปลือกข้าวโพด 2 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน ตามแผนการทดลองแบบ 2 × 2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ผลการวิจัย พบว่าเส้นใยมีลักษณะเป็นกลุ่มเส้นใย ปริมาณกลุ่มเส้นใยที่ได้อยู่ระหว่างร้อยละ 60.25-83.00 ของปริมาณเปลือกข้าวโพด เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ปริมาณกลุ่มเส้นใยสูงกว่าเปลือกข้าวโพดหวาน ($p \leq .01$) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและชั้นเปลือกข้าวโพดมีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย ($p \leq .01$) ความยาวของกลุ่มเส้นใยอยู่ระหว่าง 105.36-137.87 มิลลิเมตร เปลือกข้าวโพดหวานมีความยาวกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ($p \leq .01$) ขนาดของกลุ่มเส้นใยอยู่ระหว่าง 9.17-15.31 เท็กซ์ เปลือกข้าวโพดหวานมีขนาดกลุ่มเส้นใยเล็กกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ($p \leq .01$)

ABSTRACT

The objective of this research was to study the physical properties of corn husk fiber bundles from animal feed corn husks and sweet corn husks by using two varieties of corn husk: animal feed corn husks, CP 888 New and sweet corn husks, Insee 2 and two layers of corn husk: outer and inner corn husks. The experimental design used was 2 × 2 factorial experiment in completely randomized design. The results showed that the characteristic of fiber was fiber bundles. The quantities of fiber bundles obtained were between 60.25-83.00 percent of the corn husk. Animal feed corn husks yielded higher quantity of fiber bundles than sweet corn husks ($p \leq .01$) and interaction between varieties and layer of corn husk yielded higher quantity of fiber bundles ($p \leq .01$). The fiber bundles lengths were between 105.36-137.87 millimeter. Sweet corn husks yielded higher length of fiber bundles than animal feed corn husks ($p \leq .01$). The fiber bundles fineness were between 9.17-15.31 texs. Sweet corn husks yielded higher fineness of fiber bundles than animal feed corn husks ($p \leq .01$).

Key Words: animal feed corn husk, sweet corn husk, physical properties

* Corresponding author; e-mail address: **t.tubsawat@gmail.com**

---

[1] ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ปลูกง่าย มีความทนทานในสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทย ให้ผลผลิตสูงและสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีผลผลิตรวม 5,056,867 ตัน ในปี 2559 โดยแบ่งเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 4,569,710 ตัน (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) และข้าวโพดฝักสด 487,157 ตัน (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) นิยมปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ ตาก เลย และสงขลา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ผลผลิตข้าวโพดร้อยละ 94 จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศ และมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี (นิรนาม, 2551) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเก็บเกี่ยวได้เมื่อข้าวโพดแห้งในแปลงโดยเปลือกหุ้มฝักจะมีสีเหลืองหรือสีฟาง เมื่อหักฝักที่แห้งแล้วจากต้นแกะเปลือกหุ้มฝักออกหรือจะแกะเปลือกออกทีหลังก็ได้ สำหรับข้าวโพดฝักสด หมายถึงข้าวโพดที่ใช้เป็นอาหารก่อนที่เมล็ดข้าวโพดจะแก่ มีหลายชนิดได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดเทียน ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดแป้ง และข้าวโพดหวาน โดยข้าวโพดหวานจะนิยมนำมารับประทานมากที่สุดเนื่องจากให้ความหวานสูง ไขมันต่ำ สามารถนำไปประกอบอาหารคาวหวานได้หลายรูปแบบ รวมถึงการนิยมรับประทานเป็นอาหารโดยการนำไปต้มหรือนำไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การทำซุปข้าวโพด ข้าวโพดอบเนย น้ำนมข้าวโพด ตะโก้ข้าวโพด การเก็บเกี่ยวข้าวโพดฝักสดจะเก็บเกี่ยวฝักเมื่อฝักยังสดโดยสังเกตจากสีของไหมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และเก็บเกี่ยวโดยการใช้มือหักฝักสดให้ถึงบริเวณก้านฝักที่ติดลำต้น

จากการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการบริโภคข้าวโพดฝักสด ทำให้มีเปลือกข้าวโพดเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น การทำปุ๋ย การใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนผสมกับหญ้าสดในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ หรือการนำไปเพาะเห็ด เป็นต้น จากการศึกษาของภัทรานันท์ และคณะ (2560) ที่แยกเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดหวานโดยใช้กระบวนการกำจัดลิกนินในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่า เส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ได้เป็นเส้นใยสั้นมีความละเอียดและความยาวแตกต่างกัน โดยนำเส้นใยเปลือกข้าวโพดผลิตเป็นแผ่นเส้นใย ดังนั้นการศึกษาวิธีการแช่หมักเปลือกข้าวโพดเพื่อให้ได้กลุ่มเส้นใยก่อนนำไปกำจัดลิกนินเพื่อแยกเส้นใยด้วยวิธีการต่าง ๆ จะทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์สิ่งทอ และเป็นแนวทางสำหรับการต่อยอดและพัฒนาเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยต่อไป การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เฉพาะเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ปริมาณ ความยาวและขนาดของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุที่ใช้คือ เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ซีพี 888 นิว จากอำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ และเปลือกข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับแยกกลุ่มเส้นใยคือ เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ยี่ห้อ Cuizimate รุ่น EK 12 น้ำหนักสูงสุด 5 กิโลกรัม ความละเอียด 1 กรัม เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น SI-234 น้ำหนักสูงสุด 230 กรัม ความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม และถาดพลาสติกสี่เหลี่ยมก้นลึก

วิธีการ

การวิจัยนี้ใช้การทดลองแบบ 2 × 2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2 × 2 factorial experiment in completely randomized design) โดยมี 2 ปัจจัย คือ ชนิดเปลือกข้าวโพด 2 ชนิด ได้แก่ เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน และชั้นเปลือกข้าวโพด 2 ชั้น ได้แก่ เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน รวมทั้งสิ้น 4 สิ่งทดลอง ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมเปลือกข้าวโพด

1.1 ลอกเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวานออกจากฝักทีละชั้น คัดเปลือกที่อยู่ด้านในสุดเป็นชั้นที่ 1 และ 2 ออก แบ่งเปลือกข้าวโพดชั้นที่ 3 – 5 เป็นเปลือกชั้นใน และชั้นที่ 6 – 8 เป็นเปลือกชั้นนอก เปลือกข้าวโพดด้านนอกที่เหลือคัดออก

1.2 นำเปลือกข้าวโพดทั้งหมด ตากแห้งในสภาพแวดล้อมปกติเป็นเวลา 6 วัน (144 ชั่วโมง) ซึ่งน้ำหนักของเปลือกข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง ตัดส่วนล่าง (ส่วนที่ติดกับก้านฝัก) และส่วนบนของเปลือกข้าวโพดแต่ละใบออกข้างละ 1 นิ้ว เตรียมเปลือกข้าวโพดน้ำหนักชุดละ 100 กรัม

2. การแยกกลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพด

แช่เปลือกข้าวโพดในน้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้อัตราส่วนเปลือกข้าวโพดต่อน้ำเท่ากับ 1 : 50 ใช้ก้อนหินทับเปลือกข้าวโพดให้จมน้ำ เปลี่ยนน้ำทุก 7 วัน เป็นเวลา 30 วัน นำเปลือกข้าวโพดขึ้นจากน้ำ แยกส่วนเส้นใยหนาและเส้นใยบางออกจากกันโดยใช้มือแยกกลุ่มเส้นใยออกจากเยื่อที่เปื่อยยุ่ย เอาเฉพาะส่วนเส้นใยหนาไว้ ล้างกลุ่มเส้นใยด้วยน้ำประปา และตากแห้งในสภาพแวดล้อมปกติ จนน้ำหนักกลุ่มเส้นใยไม่เปลี่ยนแปลง

3. การทดสอบกลุ่มเส้นใย

ทดสอบโดยการหาน้ำหนักและปริมาณกลุ่มเส้นใย โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง ทดสอบความยาวกลุ่มเส้นใยตามมาตรฐาน ASTM designation: D 5103-01 standard test method for length and length distribution of manufactured staple fibers (single-fiber test) ทดสอบขนาดกลุ่มเส้นใยตามมาตรฐาน ASTM designation: D 1577-01 standard test methods for linear density of textile fibers

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนัก ปริมาณ ความยาว และขนาดกลุ่มเส้นใย โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง (two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้ Least Significant Difference (LSD)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณกลุ่มเส้นใย

ผลการทดสอบปริมาณกลุ่มเส้นใย ได้ผลดังตารางที่ 1

Table 1 Means of quantity of fiber bundles from animal feed corn husks and sweet corn husks using different layers

corn varieties and layers of corn husk	weight of dried corn husks (gram)	quantity of dried fiber bundles (gram)	percentage of fiber bundles	
		($\bar{X}$)	($\bar{X}$)	(S.D.)
animal feed corn husk-outer layer	100	73.25	73.25	12.02
animal feed corn husk-inner layer	100	83.00	83.00	1.83
sweet corn husk-outer layer	100	71.00	71.00	6.06
sweet corn husk-inner layer	100	60.25	60.25	2.62

จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน พบว่า เปลือกข้าวโพดแห้ง 100 กรัม ให้เปอร์เซ็นต์กลุ่มเส้นใยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.25 ถึง 83.00 เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นในให้เปอร์เซ็นต์กลุ่มเส้นใยมากที่สุด (83.00%) และเปลือกข้าวโพดหวานชั้นในให้เปอร์เซ็นต์กลุ่มเส้นใยน้อยที่สุด (60.25%) เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้เปอร์เซ็นต์กลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดหวาน (78.13 และ 65.63 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาชั้นของเปลือกข้าวโพด พบว่า เปลือกข้าวโพดชั้นนอกให้เปอร์เซ็นต์กลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดชั้นในเล็กน้อย (72.13 และ 71.63 ตามลำดับ)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย ($p \leq .01$) ชั้นเปลือกข้าวโพดไม่มีผลต่อปริมาณของกลุ่มเส้นใย ($p \geq .05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Yilmaz *et al.* (2016) ที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่แยกเส้นใยด้วยวิธีการแช่หมักในน้ำ พบว่าชั้นเปลือกข้าวโพดไม่มีผลต่อปริมาณของกลุ่มเส้นใย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเปลือกข้าวโพดกับชั้นเปลือกข้าวโพดมีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย ($p \leq .01$)

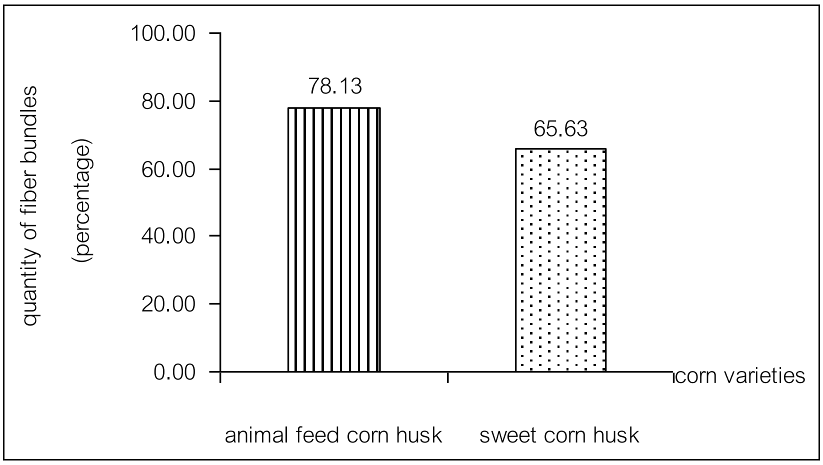


Chart 1 Means of quantity of fiber bundles from animal feed corn husks and sweet corn husks

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย จากแผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน จะเห็นว่า เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าเฉลี่ยปริมาณกลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดหวานอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เพราะกลุ่มเส้นใยจาก

เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแผ่นเส้นใยบาง ๆ เกาะติดที่กลุ่มเส้นใยหนาค่อนข้างมาก ไม่สามารถแยกออกได้ด้วยการใช้มือ ส่งผลให้น้ำหนักและปริมาณของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่าเปลือกข้าวโพดหวาน

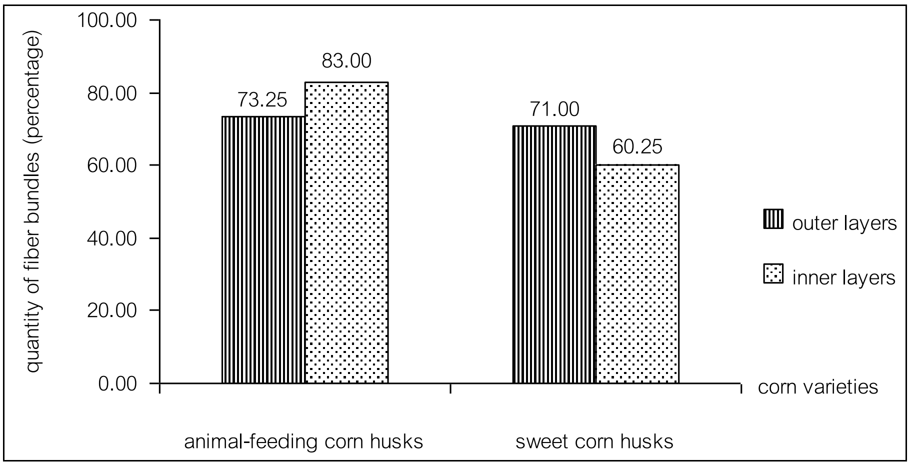


Chart 2 Means of quantity of fiber bundles from animal feed corn husks and sweet corn husks using different layers

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดและชั้นเปลือกข้าวโพดมีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานที่มีชั้นเปลือกข้าวโพดต่างกัน พบว่า เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกให้ปริมาณกลุ่มเส้นใยน้อยกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นใน ($p \leq .05$) ในขณะที่เปลือกข้าวโพดหวานชั้นนอกให้ปริมาณกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดหวานชั้นใน จากการศึกษา พบว่า เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะมีผิวของเปลือกค่อนข้างหยาบกว่าเปลือกข้าวโพดหวานและเห็นเส้นใยหนาได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะเปลือกชั้นนอกสุด และจะค่อย ๆ มีความละเอียดขึ้นตามลำดับชั้นของเปลือกข้าวโพดเข้าไปด้านใน เมื่อนำมาแยกกลุ่มเส้นใย เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกจึงได้เฉพาะเส้นใยหนา ในขณะที่เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นในมีเส้นใยละเอียดจึงแยกกลุ่มเส้นใยได้ในปริมาณที่มากกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอก นอกจากนี้เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นในยังมีปริมาณกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดหวานชั้นใน ($p \leq .01$)

ความยาวกลุ่มเส้นใย

ผลการทดสอบความยาวกลุ่มเส้นใย ได้ผลดังตารางที่ 2

Table 2 Means of fiber bundle lengths from animal feed corn husks and sweet corn husks using different layers

corn varieties and layers of corn husk	length (millimeter)	
	($\bar{X}$)	(S.D.)
animal feed corn husk-outer layer	105.36	30.32
animal feed corn husk-inner layer	109.98	30.21
sweet corn husk-outer layer	136.25	25.98
sweet corn husk-inner layer	137.87	24.16

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานที่มีชั้นเปลือกข้าวโพดต่างกัน พบว่า กลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีค่าเฉลี่ยความยาวอยู่ระหว่าง 105.36 ถึง 137.87 มิลลิเมตร จัดเป็นเส้นใยสั้นแบบยาว (long staple fibers) ซึ่งมีความยาวตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ขึ้นไป ตามเกณฑ์การแบ่งประเภทเส้นใยสั้นของ Goswami *et al.* (2004) กลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดหวานชั้นในมีค่าเฉลี่ยความยาวมากที่สุด (137.87 มิลลิเมตร) และกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกมีค่าเฉลี่ยความยาวน้อยที่สุด (105.36 มิลลิเมตร) เปลือกข้าวโพดหวานให้ค่าเฉลี่ยความยาวของกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (137.06 มิลลิเมตร และ 107.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาชั้นเปลือกข้าวโพด พบว่า เปลือกข้าวโพดชั้นในให้ค่าเฉลี่ยความยาวของกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดชั้นนอก (123.92 มิลลิเมตร และ 120.80 มิลลิเมตร ตามลำดับ)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อความยาวกลุ่มเส้นใย ($p \leq .01$) ชั้นเปลือกข้าวโพด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเปลือกข้าวโพดกับชั้นเปลือกข้าวโพดไม่มีผลต่อความยาวของกลุ่มเส้นใย ($p \geq .05$)

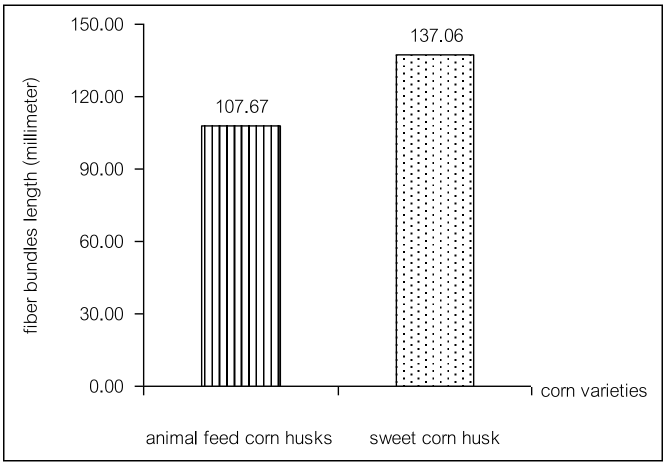


Chart 3 Means of fiber bundles length from animal feed corn husks and sweet corn husks

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อความยาวกลุ่มเส้นใย แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน จะเห็นว่า เปลือกข้าวโพดหวานมีค่าเฉลี่ยความยาว 137.06 มิลลิเมตร ในขณะที่เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าเฉลี่ยความยาว 107.67 มิลลิเมตร ทั้งนี้ จากการวัดความยาวฝักข้าวโพดก่อนนำมาแยกกลุ่มเส้นใย พบว่า ความยาวเฉลี่ยของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่ากับ 207.00 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ยของฝักข้าวโพดหวานเท่ากับ 278.20 มิลลิเมตร จึงส่งผลต่อความยาวของกลุ่มเส้นใย ทั้งนี้ความยาวของเส้นใยมีผลต่อการปั่นและสมบัติของเส้นด้าย ได้แก่ ความเหนียว ความมันเงา และความเรียบสม่ำเสมอ (เข็มชัย, 2553) ดังนั้น หากต้องการนำกลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดไปแยกเส้นใยสำหรับปั่นเป็นเส้นด้าย ควรใช้เปลือกข้าวโพดหวาน

ขนาดกลุ่มเส้นใย

ผลการทดสอบขนาดกลุ่มเส้นใย ได้ผลดังตารางที่ 3

Table 3 Means of fiber bundle fineness from animal feed corn husks and sweet corn husks using different layers

corn varieties and layers of corn husk	fineness (tex)	
	($\bar{X}$)	(S.D.)
animal feed corn husk-outer layer	15.31	2.82
animal feed corn husk-inner layer	14.88	1.93
sweet corn husk-outer layer	10.83	1.55
sweet corn husk-inner layer	9.17	0.29

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานที่มีชั้นเปลือกข้าวโพดต่างกัน พบว่า กลุ่มเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ได้มีขนาดเฉลี่ยระหว่าง 9.17 ถึง 15.31 เท็กซ์ จัดเป็นเส้นใยหยาบมาก ตามเกณฑ์การจำแนกขนาดของเส้นใยฝ้ายซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากเมล็ดของ Cook (2001) ที่กำหนดว่าเส้นใยหยาบจะมีขนาด 1.5 ถึง 2.9 เท็กซ์ กลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกมีค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มเส้นใยใหญ่ที่สุด (15.31 เท็กซ์) และเปลือกข้าวโพดหวานชั้นในมีขนาดกลุ่มเส้นใยเล็กที่สุด (9.17 เท็กซ์) โดยเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีขนาดกลุ่มเส้นใยใหญ่กว่าเปลือกข้าวโพดหวาน (15.10 เท็กซ์ และ 10.00 เท็กซ์ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาชั้นเปลือกข้าวโพด พบว่า เปลือกข้าวโพดชั้นนอกมีขนาดของกลุ่มเส้นใยใหญ่กว่าเปลือกข้าวโพดชั้นในเล็กน้อย (13.07 เท็กซ์ และ 12.02 เท็กซ์ ตามลำดับ) ซึ่ง Yilmaz *et al.* (2016) กล่าวว่า เปลือกข้าวโพดชั้นนอกมีความแก่และหยาบกว่าเปลือกข้าวโพดชั้นใน จึงส่งผลให้มีขนาดใหญ่

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อขนาดของกลุ่มเส้นใย ($p \leq .01$) ชั้นเปลือกข้าวโพด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเปลือกข้าวโพดกับชั้นเปลือกข้าวโพดไม่มีผลต่อขนาดของกลุ่มเส้นใย ($p \geq .05$) ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Yilmaz *et al.* (2016) พบว่าเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดชั้นนอกมีขนาดใหญ่กว่าเปลือกข้าวโพดชั้นใน และเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดส่วนล่างมีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดส่วนบน

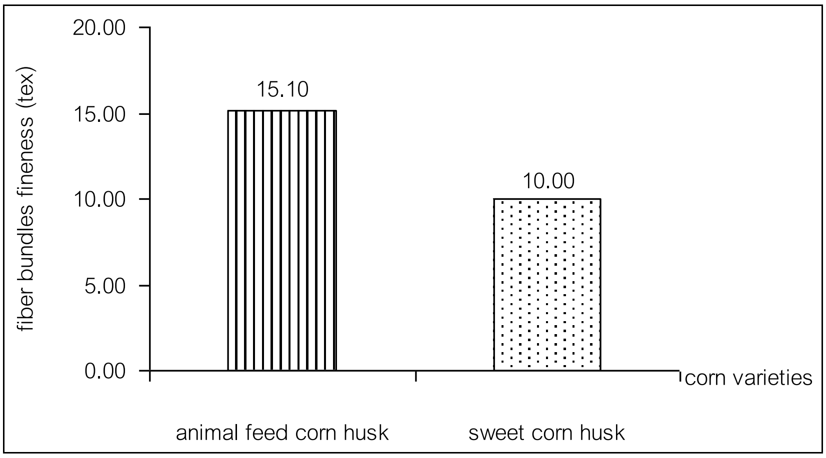


Chart 4 Means of fiber bundles fineness from animal feed corn husks and sweet corn husks

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อขนาดของกลุ่มเส้นใย แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน จะเห็นว่า เปลือกข้าวโพดเลี้ยง

สัตว์มีค่าเฉลี่ยขนาดกลุ่มเส้นใยสูงกว่าเปลือกข้าวโพดหวาน หรือมีขนาดใหญ่กว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเก็บผลผลิตขณะที่ฝักข้าวโพดแห้ง เปลือกข้าวโพดแก่เป็นสีเหลืองและหนากว่าเปลือกข้าวโพดหวาน ที่เก็บเกี่ยวขณะที่เปลือกยังเขียวสดอยู่ กลุ่มเส้นใยจึงมีขนาดใหญ่กว่าเปลือกข้าวโพดหวาน

สรุป

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของกลุ่มเส้นใยจากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปลือกข้าวโพดหวาน พบว่า 1) ด้านปริมาณกลุ่มเส้นใย เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นในให้ปริมาณกลุ่มเส้นใยมากที่สุด และเปลือกข้าวโพดหวานชั้นในให้ปริมาณกลุ่มเส้นใยน้อยที่สุด ชนิดเปลือกข้าวโพด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเปลือกข้าวโพดกับชั้นเปลือกข้าวโพด มีผลต่อปริมาณกลุ่มเส้นใย 2) ด้านความยาวกลุ่มเส้นใย พบว่า เปลือกข้าวโพดหวานชั้นในให้ความยาวกลุ่มเส้นใยมากที่สุด และเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกให้ความยาวกลุ่มเส้นใยน้อยที่สุด ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อความยาวกลุ่มเส้นใย และ 3) ด้านขนาดกลุ่มเส้นใย พบว่า เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชั้นนอกให้ขนาดกลุ่มเส้นใยใหญ่ที่สุด และเปลือกข้าวโพดหวานชั้นในให้ขนาดกลุ่มเส้นใยเล็กที่สุด ชนิดเปลือกข้าวโพดมีผลต่อขนาดกลุ่มเส้นใย ผลการศึกษาชี้แนะว่า เปลือกข้าวโพดที่เหมาะสมสำหรับการนำไปศึกษาวิธีการแยกเส้นใยต่อไปคือเปลือกข้าวโพดหวาน จะเป็นเปลือกชั้นนอกหรือชั้นในก็ได้ เนื่องจากมีความยาวของกลุ่มเส้นใยมากกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และมีขนาดกลุ่มเส้นใยเล็กกว่าเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นสมบัติที่จำเป็นสำหรับการใช้ประโยชน์ด้านสิ่งทอ

เอกสารอ้างอิง

เข็มชัย เหมะจันทร. 2553. เส้นใยสิ่งทอ (ตอนจบ). **คัลเลอร์เวย์** 16 (88): 34-37.

นิรนาม. 2551. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** รักบ้านเกิด. แหล่งที่มา http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=41&s=tblplant, 24 สิงหาคม 2560.

ภัทรานันท์ แวงวรรณ, วัลภา แต้มทอง และ สุธิลักษณ์ ไกรสุวรรณ. 2560. แผ่นเส้นใยจากเปลือก ข้าวโพด, น. 969-976. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55 (สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** แหล่งที่มา: http://www.agriinfo.doae.go.th/year59/plant/sep59/short/maize.pdf, 11 พฤศจิกายน 2560.

________. 2560. **สถานการณ์การปลูกพืชผัก ปี 2559.** แหล่งที่มา: www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/veget/veget1.pdf, 11 พฤศจิกายน 2560.

Cook, J. G. 2001. **Handbook of textile fibers vol.1 natural fibres.** 6th ed. Replika Press Pvt Ltd., Delhi.

Goswami, B. C., R. D. Anandjiwala and D. M. Hall. 2004. **Textile sizing**. Marcel Dekker, Inc., New York.

Yilmaz, N. D., M. Sulak, K. Yilmaz and F. Kalin. 2016. Physical and chemical properties of water-retted fibers extracted from different locations in corn husks. **Journal of Natural Fibers** 13 (4): 397-409.

การตกแต่งผ้าเรยอนด้วยชันสนเพื่อต้านน้ำและสิ่งสกปรก

Rayon Finishing with Rosin for Water and Soils Resistance

มินตรา มูลทรัพย์[1] และ ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต[1*]

Mintra Mullsap[1] and Saisprapha Rattanadilok na Phuket[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของความเข้มข้นชันสนต่อน้ำหนักผ้าเรยอน และการต้านน้ำและการต้านสิ่งสกปรกของผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายสารส้มและชันสน โดยแช่ผ้าเรยอนในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 4.0 และแช่ในสารละลายชันสนความเข้มข้นร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 นาที แล้วนำเข้าเครื่องบีบอัดสารเคมี และอบทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลการศึกษา พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าเรยอนลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายชันสนเพิ่มขึ้น ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีค่าเฉลี่ยการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอยู่ที่ระดับ 2 และมีความต้านน้ำกาแฟสูงกว่าผ้าเรยอนก่อนการตกแต่ง ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีความต้านน้ำกาแฟปรุงสำเร็จสูงกว่าน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ABSTRACT

The objectives of this study were to study on effect of rosin concentrations on weight, and water and soils resistances of the rayon fabric finished with potassium aluminum sulfate dodecahydrate ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) and rosin solutions by soaking the rayon fabric in $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ solution 4.0% and soaking in rosin solution 1.0 2.0 and 3.0% at room temperature for 45 min. and then padding and drying at 90°C for 10 min. The study results found that the weight of rayon fabric after finishing decreased when the rosin concentration increased. The rayon fabric after finishing had an average standard spray test rating scale at the level of 2 and had the coffee resistance higher than the rayon fabric before finishing. The rayon fabric after finishing had a 3-in-1 coffee resistance higher than an instant coffee resistance. Analysis of variance results found that the rosin concentration significantly affected on average time and diameter of an instant coffee stain at .01 level, and significantly affected on average time and diameter of a 3-in-1 coffee stain at .05 level.

Key Words: rayon, finishing, dammar, water resistance, soils resistance

* Corresponding author; e-mail address: agrsspp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาคหกรรมสาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

เรยอน (rayon) เป็นเส้นใยเซลลูโลสประดิษฐ์ที่มนุษย์ผลิตขึ้นโดยการเปลี่ยนเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีอยู่มากในธรรมชาติและเป็นองค์ประกอบหลักในพืชชนิดต่าง ๆ ให้เป็นโซเดียมเซลลูโลสแซนเทต (sodium cellulose xanthate) ซึ่งสามารถละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ แล้วนำไปปั่นเป็นเส้นใยด้วยวิธีการปั่นแบบเปียก (wet spinning) เส้นใยเรยอนชนิดธรรมดา (regular rayon) ดูดซึมความชื้นได้ดีกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ ไม่เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิต จึงทำให้สวมใส่สบาย ผ้าเรยอนมีหลายชนิดมีตั้งแต่ความเหนียวและความแข็งแรงปานกลางจนถึงความเหนียวและความแข็งแรงสูงมาก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้ผลิตเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม และเคหะสิ่งทอ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการปรับปรุงให้ผ้าเรยอนมีสมบัติพิเศษ เช่น ต้านน้ำและสิ่งสกปรก จะทำให้สามารถนำผ้าเรยอนไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น นำไปใช้ในการผลิตผ้าคลุมศีรษะของผู้หญิงมุสลิม (ฮิญาบ) ซึ่งจำเป็นต้องสวมใส่อยู่ตลอดเวลาเมื่อออกนอกบริเวณบ้านหรือพบเจอกับเพศตรงข้าม การใส่ฮิญาบเป็นเวลานานอาจทำให้รู้สึกอับชื้นและสกปรกง่าย เนื่องจากโดยทั่วไปนิยมใช้เส้นใยพอลิเอสเตอร์ที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำในการผลิตฮิญาบ ส่งผลให้การระบายอากาศไม่ดี สวมใส่ไม่สบาย เรยอนที่มีสมบัติต้านน้ำและสิ่งสกปรกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการผลิตฮิญาบเพื่อให้มีสมบัติดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี ระบายอากาศได้ดี ทำให้สวมใส่สบาย และสามารถต้านน้ำและสิ่งสกปรกได้ ทำให้เปียกน้ำน้อยลงเมื่อฝนตก และสกปรกน้อยลงเมื่อเปื้อนสิ่งสกปรก และทำให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น การตกแต่งผ้าเพื่อให้มีสมบัติต้านน้ำสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเคลือบผิวเส้นใยด้วยสารเคมีประเภท พาราฟินแวกซ์ (paraffin wax) ซิลิโคน (silicone) และฟลูออร์โรคาร์บอน เป็นต้น ซึ่งสารเคมีดังกล่าวมีสารตั้งต้นมาจากปิโตรเลียมซึ่งเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถทดแทนได้ ปัจจุบันจึงมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อนำวัตถุดิบธรรมชาติมาประยุกต์ใช้แทนสารเคมีที่กล่าวมาข้างต้น เช่น มาโนช และวิมล (2553) ศึกษาการตกแต่งผ้าฝ้ายกันน้ำโดยใช้สารละลายชันสนและสารส้ม วิภาวี (2559) ศึกษาการตกแต่งผ้าลินินเพื่อต้านน้ำและน้ำกาแฟโดยใช้สารละลายชันสนและสารส้ม และณัฐพร (2559) ศึกษาการตกแต่งผ้าป่านมัสลินเพื่อต้านน้ำและน้ำกาแฟโดยใช้สารละลายชันสนและสารส้ม ชันสนเป็นสารสกัดจากธรรมชาติได้จากการกลั่นน้ำมันสนออกจากยางด้วยไอน้ำ ชันสนมีลักษณะเป็นน้ำมันและเมื่อน้ำมันระเหยออกไป สารที่เหลือจะมีสมบัติในการกันน้ำ ชันสนจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเครื่องดนตรี อุตสาหกรรมการแพทย์ และอุตสาหกรรมประมง

การศึกษานี้จึงสนใจศึกษาวิธีการตกแต่งผ้าเรยอนให้มีสมบัติต้านน้ำและสิ่งสกปรกด้วยสารละลายสารส้มและชันสน โดยศึกษาผลของความเข้มข้นชันสนต่อน้ำหนักผ้าเรยอน และศึกษาผลของความเข้มข้นชันสนต่อการต้านน้ำและการต้านสิ่งสกปรกของผ้าเรยอน ซึ่งผ้าเรยอนที่เตรียมได้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการทำฮิญาบที่สามารถต้านน้ำและสิ่งสกปรกได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การตกแต่งผ้าเรยอนด้วยสารละลายสารส้มและชันสน

ทำความสะอาดผ้าเรยอน ด้วยสารละลายผสมของ wetting agent (ร้อยละ 0.01) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (ร้อยละ 0.01) โดยมวลต่อปริมาตร ใช้อัตราส่วนสารละลายผสมต่อผ้าเรยอน 30:1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ล้างผ้าด้วยน้ำสะอาดและผึ่งให้แห้ง แช่ผ้าเรยอนในสารละลายสารส้ม (alum or potassium aluminum sulfate dodecahydrate, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) ความเข้มข้นร้อยละ 4.0 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 45 นาที โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อปริมาตรสารละลายสารส้ม 1:20 แล้วนำเข้าเครื่องบีบอัดสารเคมีโดยใช้ wet pick up ร้อยละ 93.30 แช่ผ้าในสารละลายชันสน (rosin) ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 45 นาที โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักผ้าก่อนการตกแต่งต่อปริมาตรสารละลายชันสน 1:20 แล้วนำเข้าเครื่องบีบอัดสารเคมีโดยใช้ wet pick up ร้อยละ 80.57 อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักผ้าหลังการตกแต่ง

การวิเคราะห์น้ำหนักผ้าเรยอน

วิเคราะห์น้ำหนักของผ้าก่อนและหลังตกแต่ง โดยดัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM Designation: D3776 - 85 (reapproved 1990) Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (weight) of Woven Fabric ซึ่งมีวิธีการดังนี้ ตัดผ้าทดสอบจำนวน 9 ชิ้น จากส่วนต่าง ๆ ของผืนผ้า ซึ่งประกอบด้วยด้ายยืน และด้ายพุ่งต่างชุด ชั่งน้ำหนักผ้าแต่ละชิ้นด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกผล คำนวณหาน้ำหนักของผืนผ้าจากสมการน้ำหนักต่อพื้นที่ (mass per unit area) (g/m^2) = 106 G/LsW โดย G คือ น้ำหนักผ้าเรยอน (กรัม) Ls คือ ความยาวผ้าเรยอน (มิลลิเมตร) และ W คือ ความกว้างผ้าเรยอน (มิลลิเมตร)

การทดสอบการต้านน้ำของผ้าเรยอน

การทดสอบการสะท้อนน้ำของผ้าเรยอนหลังการตกแต่ง ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เล่มที่ 22 วิธีทดสอบความสามารถสะท้อนน้ำของผืนผ้าที่ผ่านหรือไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จมาก่อนให้ต้านทานต่อการเปียกน้ำหรือความสะท้อนน้ำ โดยการทดสอบแบบพ่น (spray test) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ตัดผ้าทดสอบให้มีขนาด 180 มิลลิเมตร x 180 มิลลิเมตร โดยตัดผ้าทดสอบจากตำแหน่งต่าง ๆ ของผ้า ห้ามใช้ชิ้นทดสอบจากตำแหน่งที่มีรอยยับหรือรอยพับ ขึงผ้าทดสอบให้ตึงด้วยสะดึง แล้ววางบนที่รองรับโดยให้ผิวผ้าด้านใช้งานอยู่ด้านบน จัดผ้าทดสอบให้ทิศทางของด้ายยืนขนานกับทิศทางการไหลของน้ำที่ตกลงบนผ้าทดสอบ เทน้ำกลั่นปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในกรวยอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอให้หมดภายในเวลา 25 ถึง 30 วินาที เพื่อให้น้ำพ่นออกมาต่อเนื่องกัน ทันทีที่การพ่นน้ำหยุดลง ให้นำสะดึงออกจากเครื่องทดสอบกลับให้ผิวผ้าด้านการใช้งานอยู่ด้านล่างและขนานกับแนวราบ แล้วเคาะขอบสะดึงเบา ๆ กับของแข็งด้านตรงข้ามที่มือจับ1 ครั้ง หมุนสะดึงไป 180 องศา และเคาะอีก 1 ครั้ง ให้ประเมินค่าการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าทดสอบ Figure 1 โดย ระดับที่ 1 คือ พื้นผิวด้านที่ถูกน้ำพ่น เปียกทั้งหมด ระดับที่ 2 คือ พื้นผิวด้านที่ถูกน้ำพ่น เปียกครึ่งหนึ่งซึ่งเกิดจากพื้นผิวส่วนที่เปียกเป็นหย่อม ๆ เล็ก ๆ ซึมมารวมกัน ระดับที่ 3 คือ พื้นผิวด้านที่ถูกน้ำพ่น เปียกเป็นหย่อม

เล็ก ๆ ระดับที่ 4 คือ พื้นผิวด้านที่ถูกน้ำพ่น ไม่มีรอยเปียก แต่มีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่ และระดับที่ 5 คือ พื้นผิวด้านที่ถูกน้ำพ่น ไม่มีรอยเปียก และไม่มีหยดน้ำเล็ก ๆ เกาะอยู่

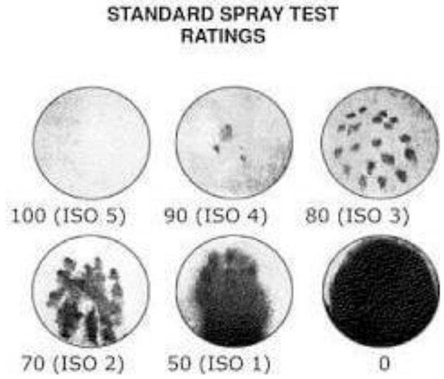


Figure 1 Standard spray test rating

การทดสอบการต้านสิ่งสกปรกของผ้าเรยอน

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% และน้ำกาแฟปรุงสำเร็จเป็นตัวแทนของสิ่งสกปรกในการทดสอบสมบัติการต้านสิ่งสกปรกของผ้าเรยอน โดยละลายกาแฟสำเร็จรูป 100% และกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผงในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อัตราส่วน 1:5 กรัมต่อมิลลิลิตร ตัดผ้าทดสอบขนาด 5 x 10 เซนติเมตร วางผ้าทดสอบบนแผ่นโฟม และตรึงผ้าให้เรียบ โดยใช้เข็มหมุด หยดน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% และน้ำกาแฟปรุงสำเร็จลงบนผ้าทดสอบ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน ตำแหน่งละ 10 ไมโครลิตร จับเวลา และหาค่าเฉลี่ยเวลาที่น้ำกาแฟซึมลงบนผ้าเรอน และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังจากน้ำกาแฟซึมหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของความเข้มข้นของสารละลายชันสนต่อน้ำหนักผ้าเรยอนที่เปลี่ยนแปลงไปหลังการตกแต่ง

Table 1 Average weight of rayon fabric before and after finishing with alum and rosin solution

Samples	Concentration of alum (%)	Concentration of rosin (%)	average weight (g/m^2) ± SD		
			Before finishing (W_1)	After finishing (W_2)	ΔW [1/] (%)
1RA4	4.0	1.0	285.66±4.91	291.64±5.26	2.09±0.11
2RA4	4.0	2.0	280.50±3.71	281.88±2.23	0.49±2.06
3RA4	4.0	3.0	284.65±6.32	285.87±5.98	0.43±0.26

[1/] ΔW (%) = $[(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$

จาก Table 1 ซึ่งแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยผลต่างของน้ำหนักผ้าเรยอนก่อนและหลังการตกแต่งด้วยสารละลายสารส้มและชันสน พบว่า การใช้สารละลายชันสนความเข้มข้นร้อยละ 1 ทำให้ผ้าเรยอน

หลังการตกแต่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด (ร้อยละ 2.09) และการใช้สารละลายชันสนความเข้มข้นร้อยละ 3 ทำให้ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.43)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way Anova พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยผลต่างของน้ำหนักผ้าเรยอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลของความเข้มข้นของสารละลายชันสนต่อการต้านน้ำ

Table 2 Average Spray test rating scale of rayon fabric after finishing

Samples	Concentration of alum (%)	Concentration of rosin (%)	Average spray test rating ± SD
1RA4	4.0	1.0	2±0.00
2RA4	4.0	2.0	2±0.00
3RA4	4.0	3.0	2±0.00

จาก Table 2 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยระดับการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าเรยอนหลังการตกแต่ง พบว่า ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนทุกความเข้มข้น มีค่าเฉลี่ยการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอยู่ที่ระดับ 2 กล่าวคือ ผิวผ้าด้านหน้ารอบบริเวณที่ถูกน้ำพ่นเปียกบางส่วน ซึ่งมีค่ามากกว่าผ้าเรยอนก่อนการตกแต่ง ที่มีค่าเฉลี่ยการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอยู่ที่ระดับ 0 และจากการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า ผ้าเรยอนที่ผ่านการทดสอบการต้านน้ำจะเปียกเฉพาะด้านที่สัมผัสน้ำเท่านั้น ทั้งนี้จึงอาจกล่าวได้ว่า ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีสมบัติต้านน้ำดีกว่าผ้าเรยอนก่อนการตกแต่ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way Anova พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยระดับการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลของความเข้มข้นของสารละลายชันสนต่อการต้านสิ่งสกปรก

Table 3 Average time and diameter of coffee penetrated into rayon fabric after finishing

Samples	Concentration of alum (%)	Concentration of rosin (%)	Instant Coffee		3 in 1 Coffee	
			Average time (min) ± SD	Average diameter (cm) ± SD	Average time (min) ± SD	Average diameter (cm) ± SD
1RA4	4.0	1.0	40.80±25.32	1.71±0.08	113.69±13.80	1.66±0.01
2RA4	4.0	2.0	114.27±10.75	1.67±0.01	227.92±0.56	1.73±0.02
3RA4	4.0	3.0	166.92±0.30	1.63±0.02	223.69±0.01	1.71±0.03

จาก Table 3 ซึ่งแสดงเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% และน้ำกาแฟปรุงสำเร็จที่ซึมลงบนผ้าเรยอนหลังการตกแต่ง พบว่า ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 3 มีเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้ามากที่สุด (166.92 นาที) และผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 1 มีเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้าน้อยที่สุด (40.80 นาที) ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ที่ซึมลงบนผ้ามากที่สุด (1.71 เซนติเมตร) และผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ที่ซึมลงบนผ้าน้อยที่สุด (1.63 เซนติเมตร) จึงอาจกล่าวได้ว่า ระยะเวลาที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้าเพิ่มขึ้น และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ที่ซึมลงบนผ้าลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายชันสนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อใช้สารละลายชันสนที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ชันสนจะสามารถเคลือบหรือซึมเข้าสู่เส้นใยเรยอนได้ดีขึ้น ทำให้ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีความไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการต้านน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% เพิ่มขึ้น จึงต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นกว่าน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% จะซึมลงบนผ้าเรยอน และน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายชันสนเพิ่มขึ้น เนื่องจากชันสนที่เคลือบเส้นใยเรยอนมีความไม่ชอบน้ำในขณะที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% มีความชอบน้ำ จึงทำให้น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% รวมตัวเป็นหยด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way Anova พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ที่ซึมลงบนผ้าเรยอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิเคราะห์ LSD (Least Significant Difference) เพื่อหาความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% พบว่า การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 1.0 ให้ค่าเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้าเรยอนต่ำกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 และ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 ให้ค่าเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้าเรยอนต่ำกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 1.0 ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% มากกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 1.0 ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% มากกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% มากกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 2 มีเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้ามากที่สุด (227.92 นาที) และผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 1 มีเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้าน้อยที่สุด (113.69 นาที) ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จที่ซึมลงบนผ้ามากที่สุด (1.73 เซนติเมตร) และผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนร้อยละ 1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จที่ซึมลงบนผ้าน้อยที่สุด (1.66 เซนติเมตร)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way Anova พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จที่ซึมลงบนผ้าเรยอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ LSD เพื่อหาความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จ พบว่า การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 1.0 ให้เวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้าเรยอนน้อยกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 และ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 ให้เวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้าเรยอนไม่แตกต่างจากการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 1.0 ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จ น้อยกว่าการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 และ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การใช้สารละลายชันสนร้อยละ 2.0 ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จไม่แตกต่างจากการใช้สารละลายชันสนร้อยละ 3.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ที่สภาวะการตกแต่งเดียวกัน พบว่า เวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้า มีค่ามากกว่าเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ซึมลงบนผ้า และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จ มีแนวโน้มมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก น้ำกาแฟปรุงสำเร็จมีครีมเทียมเป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% จึงทำให้ระยะเวลาเฉลี่ยที่น้ำกาแฟปรุงสำเร็จซึมลงบนผ้าช้ากว่าน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% และเนื่องจากส่วนผสมของน้ำกาแฟปรุงสำเร็จเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วเหมือนชันสน จึงแพร่ได้ดีเมื่อหยดลงบนผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยชันสน ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จมีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% สภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าเรยอนในการศึกษาครั้งนี้ คือ ใช้สารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 4.0 และใช้สารละลายชันสนความเข้มข้นร้อยละ 3.0 เนื่องจากสามารถต้านการซึมของน้ำกาแฟได้นานที่สุด ทำให้มีเวลามากในการเช็ดน้ำกาแฟออกจากผ้าเรยอน และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% น้อยที่สุด

สรุป

ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งมีผลต่างน้ำหนักเฉลี่ยลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายชันสนเพิ่มขึ้น ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนทุกความเข้มข้น มีค่าเฉลี่ยการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอยู่ที่ระดับ 2 (ผิวผ้าด้านหน้า รอบบริเวณที่ถูกน้ำพ่น เปียกบางส่วน) ซึ่งมีค่ามากกว่าผ้าเรยอนก่อนการตกแต่งที่มีค่าเฉลี่ยการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอยู่ที่ระดับที่ 0 ผ้าเรยอนหลังการตกแต่งสามารถต้านสิ่งสกปรก (น้ำกาแฟ) ดีกว่าผ้าเรยอนก่อนการตกแต่ง ผ้าเรยอนที่ตกแต่งด้วยสารละลายชันสนที่ความเข้มข้นระดับเดียวกันสามารถต้านการซึมของน้ำกาแฟปรุงสำเร็จได้ดีกว่าน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way Anova พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายชันสนไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยผลต่างของน้ำหนักผ้าเรยอนและค่าเฉลี่ยระดับการต้านการเปียกน้ำของผิวผ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความเข้มข้นของสารละลายชันสนมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความเข้มข้นของสารละลายชันสนมีผลต่อเวลาเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของคราบ

น้ำกาแฟปรุงสำเร็จ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สภาวะที่เหมาะสมในการตกแต่งผ้าเรยอนในการศึกษาครั้งนี้ คือ ใช้สารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 4.0 และใช้สารละลายชันสนความเข้มข้นร้อยละ 3.0

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องทดสอบแบบพ่น (spray test) และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ทิพย์ เศรษฐยานนท์ ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องบีบอัดสารเคมี และตู้อบลมร้อน และ อาจารย์ ดร. พรทิพย์ แซ่แบ๊ ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องทดสอบแบบพ่น (spray test)

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพร ศรีราชา. 2559. **การตกแต่งผ้าป่านมัสลินด้วยชันสนเพื่อต้านสิ่งสกปรก.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาโนช นาคสาทา และ วิมล นาคสาทา. 2553. **การตกแต่งผ้าฝ้ายกันน้ำ**. อนุสิทธิบัตร เลขที่ 7450.

วิภาวี สุขไพบูลย์. 2559. **การตกแต่งผ้าลินินด้วยชันสนเพื่อต้านสิ่งสกปรก.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2553. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสิ่งทอ.** มอก. 121-2552.

ASTM Designation: D3776-85 (reapproved 1990) Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (weight) of Woven Fabric.

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

Subject: Agricultural Extension and Home Economics

ภาคโปสเตอร์

Poster Presentation

การจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรกรณีศึกษาตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี

Weed Management in Sugarcane Fields by Farmers: A Case Study in Wang Phai Sub-District, HuaiKrachao District, Kanchanaburi Province

กฤตเมธ แตงวงษ์[1] กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์[1]และ ธำรงเจต พัฒมุข[1*]

Krittamed Tangwong[1], Krisana Rungrojwanich[1]and Thamrongjet Puttamuk[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (questionnaire) ทำการศึกษาจากประชากร 211 ราย พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 53.4 ปี มีประสบการณ์ในการปลูกอ้อยเฉลี่ย23.84 ปี มีผลผลิตจากอ้อยปลูกใหม่และอ้อยไว้ตอเฉลี่ย 10.39 และ 5.91 ตันต่อไร่ มีรายได้จากการปลูกอ้อยปลูกใหม่และอ้อยไว้ตอเฉลี่ย 8,379 และ 4,695.44 บาทต่อไร่ เกษตรกรมีความรู้ในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยและทราบชนิดของวัชพืช โดยวัชพืชที่เกษตรกรพบมากที่สุดในพื้นที่ปลูกอ้อยคือ ผักเบี้ยหิน หญ้าตีนนก หญ้าแพรก แห้วหมู และผักโขม เกษตรกรมีการจัดการวัชพืชตั้งแต่การเตรียมแปลงก่อนปลูก โดยการใช้เครื่องจักรกลด้วยวิธีการไถดะ การไถแปร และการตากดิน การจัดการวัชพืชหลังปลูกโดยการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช การใช้เครื่องจักรไถพรวนระหว่างร่อง และการใช้แรงงานคนด้วยวิธี ถาก ตัด หรือขุด และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บผลผลิต โดยการใช้มีสารเคมีกำจัดวัชพืชการใช้เครื่องจักรไถพรวนระหว่างร่อง ในกรณีวัชพืชมีปริมาณไม่มาก จะใช้แรงงานคนในการจัดการวัชพืช เกษตรกรส่วนใหญ่พบปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับ การส่งเสริมความรู้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในเรื่องการปลูกอ้อยให้กับเกษตรกรไม่ทั่วถึง การใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืชทำได้ล่าช้า และควรมีการวางแผนในการจัดการวัชพืชให้ถูกช่วงเวลา

ABSTRACT

The study on Weed Management in Sugarcane Fields by Farmers in Wang Phai Sub-District, HuaiKrachao District, Kanchanaburi Province was conducted. From the population of 211 sugarcane farmers, the research findings are: The average age of farmers was 53.4 years old. The farmers had been growing sugarcane for 23.84 years. The yields of plant crop and ratoon crop were approximately 10.39 and 5.91 ton per rai (1 rai = 1600 m^2). The farmers earn money from newly grown and existing sugarcane trees about 8,379 and 4,695.44 baht per rai. The farmers were knowledgeable about weed management in sugarcane fields and knew the weed types. The most common weeds in the sugarcane fields were House purslane, Finger grass, Bermuda grass, Nut grass, and Amaranth. Farmers had been managing weeds since the field preparation steps by using the machine sedimentation, shifting, and soil drying. Besides, farmers had also managed weeds in the field pre-planting steps by chemicals, tillage machines, and workforce for weeding by cutting or digging. In addition, farmers had managed weeds since the field post-harvest steps by chemicals, tillage machines, and in the case of weeds is not much to use workers to manage weeds. Most farmers complained about the improper knowledge transfer related to the use of chemicals from the government agencies. Hand weeding was time-consuming and slow, and the weed management plan should be timely executed.

Key Words: Weed management, Sugarcane farmer, HuaiKrachao District, Kanchanaburi Province

* Corresponding author; e-mail address: **Thamrongjet.Put@stou.ac.th**

[1]แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[1]Agricultural Management, School of Agriculture and Cooperatives, SukhothaiThammathirat Open University, Nonthaburi 11120

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลและพลังงานทดแทน การสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในปี การผลิต 2558/2559 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศ จำนวน 11,012,839 ไร่ ปริมาณอ้อยทั้งหมด 100,784,554 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 9.15 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559) โดยจังหวัดกาญจนบุรีมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชและมีจำนวนไร่ต่อการเพาะปลูกมากได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง และ ข้าวนาปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี, 2556) ซึ่งในปีการผลิต 2558/2559 จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่การเพาะปลูกอ้อยมากเป็นอันดับต้นๆ ในประเทศไทยจำนวน 730,863 ไร่ ปริมาณอ้อยทั้งหมด 6,628,927 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 9.07 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559) ในการปลูกอ้อยนั้น วัชพืชนับว่าเป็นศัตรูสำคัญของอ้อย หากไม่มีการจัดการวัชพืชตลอดฤดูปลูกในเขตชลประทานจะสูญเสียผลผลิตร้อยละ 84.6 และในเขตน้ำฝนจะสูญเสียผลผลิตร้อยละ 87.7 นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าวัชพืชทำให้ผลผลิตอ้อยทั่วโลกลดลงร้อยละ 15 คิดเป็นมูลค่า 1,500 ล้านเหรียญสหรัฐ และมีปริมาณน้ำตาลลดลงมากกว่าร้อยละ 60 (รังสิต, 2553) สำหรับในประเทศไทยความเสียหายที่เกิดจากวัชพืชจะส่งผลเสียผลผลิตร้อยละ 25 - 80 ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและการเบียดเบียนของวัชพืชในไร่อ้อย (กรมวิชาการเกษตร, 2559) วัชพืชเป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในการปลูกอ้อยตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ จนถึงหลังการเก็บผลผลิต ถ้าเกษตรกรมีการจัดการที่ไม่ดีอาจส่งผลให้ผลผลิตหรือปริมาณของอ้อยลดต่ำลงและอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย รวมถึงต้นทุนในการจัดการการปลูกอ้อยที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการกำจัดวัชพืชไม่ทันเวลา โดยความเสียหายอาจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัชพืชและอายุของอ้อยในช่วงเวลานั้น วัชพืชที่พบในไร่อ้อยมีหลากหลายชนิด ทั้งวัชพืชใบเลี้ยงคู่ เช่น หญ้าสาบแร้งสาบกา ผักเป็ด ผักโขม ผักปราบ ตดหมูตดหมา โคกกระสุน เป็นต้น และวัชพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น หญ้ารังนก หญ้าปากควาย หญ้าตีนนก หญ้าดอกขาว แห้วหมู เป็นต้น สำหรับอ้อยตอนั้นปัญหาเรื่องวัชพืชอาจน้อยลงเนื่องจากมีใบอ้อยปกคลุมผิวดินอยู่ ทั้งนี้การที่จะผลิตอ้อยให้ได้ผลดีนั้น จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการวัชพืชให้มีประสิทธิภาพ ความสำเร็จของการบริหารจัดการวัชพืชนั้นก็ขึ้นอยู่กับวิธีการปลูกอ้อย ช่วงเวลาหรือฤดูกาลของการปลูกอ้อย และสภาพพื้นที่ปลูกอ้อยด้วย ควรมีการกำจัดวัชพืชตั้งแต่ยังมีขนาดเล็กอยู่ เพราะยิ่งวัชพืชอายุมากขึ้น ต้นทุนในการกำจัดก็เพิ่มสูงขึ้น โดยผลผลิตของอ้อยที่ได้ก็จะลดลง การกำจัดวัชพืชมีหลายวิธี เช่น การใช้แรงงานคนและสัตว์ การใช้เครื่องจักรกล การใช้สารกำจัดวัชพืช และการกำจัดวัชพืชแบบผสมผสาน (ธวัช, 2543)

อย่างไรก็ตามวัชพืชจึงเป็นปัญหาที่สำคัญของการปลูกอ้อย และมีวิธีการจัดการกับวัชพืชที่หลากหลาย หรืออาจนำแต่ละวิธีมาใช้ควบคู่กัน อย่างไรก็ตามเกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืช ซึ่งการใช้สารกำจัดวัชพืชนั้นมีข้อดีข้อเสียหลายด้านต่อตัวเกษตรกรเองและสภาพแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในเรื่องการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี เนื่องจากในตำบลวังไผ่ มีพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นจำนวนมาก อีกทั้งอ้อยยังเป็นพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรในตำบลวังไผ่และจังหวัดกาญจนบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคม ความรู้เกี่ยวกับวัชพืชในไร่อ้อยและการป้องกันกำจัดวัชพืช วิธีการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย และปัญหาอุปสรรคในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี การศึกษาในครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาองค์ความรู้ในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย และพัฒนาต่อยอดกระบวนการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย ให้มีประสิทธิภาพและได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ามากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่อง "การจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกร กรณีศึกษาตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี" ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังนี้

ประชากรในการวิจัย

ศึกษาจากประชากรทั้งหมด ที่ผู้ปลูกอ้อยในฤดูการผลิต 2559/2560 ในตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 211 ราย ที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานเกษตรอำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (questionnaire) ประกอบด้วยคำถามปลายปิดและคำถามปลายเปิด ซึ่งเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ ประสบการณ์การปลูกอ้อยของเกษตรกร การเป็นสมาชิกกับสถาบันการเกษตร ภาระหนี้สิน แหล่งเงินกู้ เขตพื้นที่ในการปลูกอ้อยจำนวนพื้นที่ที่ใช้ปลูกอ้อย ประเภทอ้อยที่ปลูก พันธุ์อ้อยที่ปลูก จำนวนแรงงานที่ใช้ในการปลูกอ้อย แหล่งข้อมูลข่าวสารที่เกษตรกรได้รับ การเก็บผลผลิตอ้อยของเกษตรกร ผลผลิตอ้อย และรายได้จากการผลิตอ้อย

ตอนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับวัชพืชในไร่อ้อยและการป้องกันกำจัดของเกษตรกร ประกอบด้วยคำถาม 20 ข้อ โดยให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยพิจารณาจากรูปภาพตัวอย่างวัชพืชที่พบในไร่อ้อย แล้วตอบคำถามโดยการระบุชื่อเรียกของวัชพืช ให้ระบุพบหรือไม่พบในไร่อ้อย และเมื่อพบเกษตรกรมีวิธีการจัดการอย่างไร และคำถามแบบปลายปิด (Close ended question) จำนวน 20 ข้อ ให้เลือกตอบเพื่อใช้ทดสอบความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการป้องกันกำจัดวัชพืช

ตอนที่ 3 วิธีการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกร ประกอบด้วยคำถามปลายปิด ได้แก่ วิธีการจัดการวัชพืชในขั้นตอนการเตรียมแปลง วิธีการจัดการวัชพืชหลังปลูก และวิธีการจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในไร่อ้อย โดยในแต่ละประเด็นก็จะมีคำถามย่อยให้เกษตรกรได้ตอบในแต่ละข้อคำถาม และมีคำถามปลายเปิด เกี่ยวกับอัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย โดยแยกออกเป็น 4 ข้อ ได้แก่ การจัดการวัชพืชในขั้นตอนการเตรียมแปลง การจัดการวัชพืชหลังปลูก การจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการไว้ตออ้อย และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการปลูกใหม่ โดยในแต่ละข้อ ต้องระบุสารเคมีที่ใช้ อัตราที่ใช้ต่อไร่ และวิธีใช้สารเคมี

ตอนที่ 4 ความเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับระดับของปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย ปัญหาอุปสรรคประกอบด้วยคำถามปลายปิดให้เลือกตอบ จำนวน 14 ข้อ โดยเกษตรกรจะเลือกจากระดับความสำคัญของปัญหาว่ามีความสำคัญมากน้อยเพียงใด และในส่วนข้อเสนอแนะในการจัดการวัชพืชของเกษตรกร ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดที่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยสามารถแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยในทุกๆ ด้าน

การตรวจสอบแก้ไขและปรับปรุงเครื่องมือ

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามโดยการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้แบบสอบถามมีความถูกต้องสมบูรณ์ เที่ยงตรงตามเนื้อหา และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จากนั้นทำการทดสอบแบบสอบถาม โดยสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีของ (Cronbach's alpha) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.847 และปรับปรุงแก้ไขในเรื่องสำนวนและภาษา ก่อนจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปเก็บข้อมูลต่อไป

การเก็บรวมรวมข้อมูล

ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี เพื่ออนุเคราะห์ข้อมูลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี และติดต่อไปยังผู้นำทั้ง 11 หมู่บ้านของตำบลวังไผ่ เพื่อประสานงานกับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย จากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม รวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างวันที่ 18 เมษายน ถึง 15 มิถุนายน พ.ศ. 2560 จนครบ 211 ราย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และจัดทำรายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด มาทำการตรวจสอบความครบถ้วน แล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปวิเคราะห์และประมวลผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาคือ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลของแบบสอบถามในแต่ละตอน

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย

เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีอายุเฉลี่ย 53.4 ปี โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มอายุ 51 – 60 ปี จะเห็นได้ว่าเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในตำบลวังไผ่ มีช่วงอายุที่สูง เนื่องจากสมาชิกในครอบครัว เช่น บุตร หลาน ไปประกอบอาชีพอื่นๆ ต่างถิ่น เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา เกษตรกรทุกรายมีอาชีพอื่นนอกจากการปลูกอ้อย เช่น การปลูกมันสำปะหลัง และรับจ้าง ส่วนใหญ่กู้เงินจาก ธกส. และกองทุนหมู่บ้าน เกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ปลูกอ้อยเฉลี่ย 23.84 ปี มีพื้นที่ปลูกอ้อยเฉลี่ย 20.32 ไร่ โดยเกษตรกรมีพื้นที่ของตนเอง และเช่าพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่ม ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยต้องการมีรายได้เพิ่ม จึงต้องเช่าพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มเติมจึงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งพื้นที่ปลูกอ้อยในบางจุดไม่มีแหล่งน้ำเมื่อเกิดฝนแล้งก็ยิ่งทำให้เกษตรกรขาดทุนเพิ่มมากขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกอ้อยในพื้นที่เขตน้ำฝน เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีแรงงานในครัวเรือน คือ เจ้าของไร่เอง คู่สามีภรรยา บุตร หลาน และพี่น้อง แต่แรงงานอาจไม่เพียงพอจึงต้องจ้างแรงงานเพิ่มเติมมาช่วยในกระบวนการผลิตอ้อย ทั้งแรงงานคน เครื่องจักรกล และการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืช เกษตรกรมีผลผลิตอ้อยปลูกใหม่เฉลี่ย 10.39 ตันต่อไร่ และมีผลผลิตอ้อยไว้ตอเฉลี่ย 5.91 ตันต่อไร่ เกษตรกรมีรายได้จากอ้อยปลูกใหม่เฉลี่ย 8,379 บาทต่อไร่ และมีรายได้จากอ้อยไว้ต่อเฉลี่ย 4,695.44 บาทต่อไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยจากเพื่อนบ้านหรือญาติพี่น้อง โปสเตอร์โฆษณาสารเคมี และวิทยุชุมชนท้องถิ่นทางด้านการเกษตร สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรพรรณ (2556) ที่พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในจังหวัดกาญจนบุรี ส่วนใหญ่ มีอายุมากกว่า 45 ปีขึ้นไป เกษตรกรส่วนมากมีระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น ส่วนมากมีอาชีพเสริมนอกเหนือจากการปลูกอ้อย เช่น รับจ้าง ปลูกมันสำปะหลัง ทำนา เลี้ยงสัตว์ และค้าขาย ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ปลูกอ้อยมากกว่า 15 ปี ลักษณะการถือครองที่ดิน เกษตรกรส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตนเอง และเช่าที่ปลูกเพิ่มเติม ส่วนใหญ่มีแหล่งเงินทุนที่กู้ยืมจาก ธกส. เกษตรกรส่วนมากมีแรงงานในครัวเรือนที่ช่วยในการปลูกอ้อย และมีการจ้างแรงงานเพิ่มเติม

ผลการศึกษาความรู้เกี่ยวกับวัชพืชในไร่อ้อยและการป้องกันกำจัดของเกษตรกร

จากการสำรวจระดับความรู้ของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย พบว่าเกษตรกรส่วนมาก มีความรู้ในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยระดับมากที่สุด เป็นเพราะเกษตรกรได้รับความรู้จากแหล่งต่างๆ และการถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นของเกษตรกรเอง วัชพืชที่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยพบมากที่สุดในพื้นที่ปลูกอ้อย คือ ผักเบี้ยหิน (*Trianthema portulacastrum* L.) หญ้าตีนนก (*Digitatia adscendense* (H.B.K.) Henr.) หญ้าแพรก (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) แห้วหมู (*Cyperus rotundus* Linn.) ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) หญ้ารังนก (*Chloris barbata* Sw.) หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* (L.)P.Beauv.)หญ้าดอกขาว(*Leptochloa chinensis* (L.) Nees.) ผักเป็ดขาว (*Alternanthera sessilis* (L) DC.) น้ำนมราชสีห์ (*Euphorbia hirta* L.) ผักยาง (*Euphorbia heterophylla* L.) หญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn) กระทกรกป่า (*Passiflora foetida* L.) ขี้กาแดง (*Gymnopetalum integrifolim* (Roxb.)) สาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides* L.) โคกกระสุน (*Tribulus terrestris* L.) ครอบจักรวาล (*Abutilon indicum* (L.) Sweet) ตดหมูตดหมา (*Paederia foetida* L.) ผักปลาบ (*Commelina diffusa* Burm.f.) และ โทงเทง (*Physalis minima* L.) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัช (2559) ที่พบว่า วัชพืชที่เกิดขึ้นในไร่อ้อยมีทั้งวัชพืชใบแคบ เช่น หญ้ารังนก หญ้าปากควาย และวัชพืชใบกว้าง เช่น ผักโขม น้ำนมราชสีห์ เป็นต้น

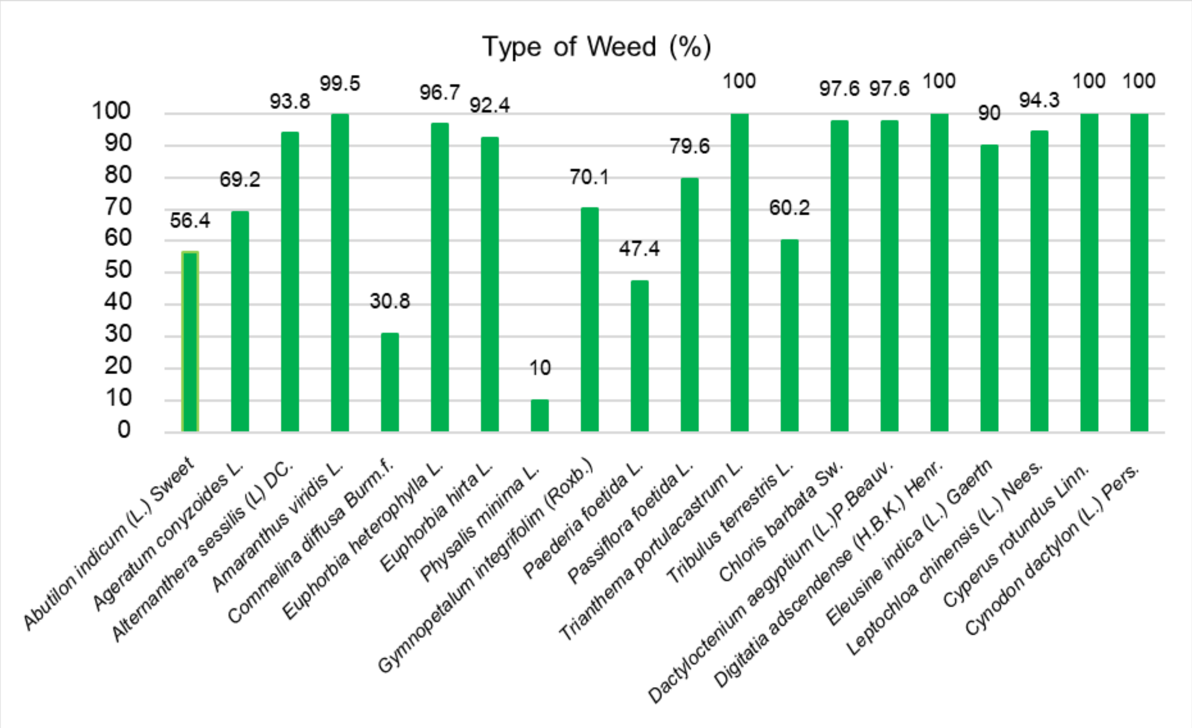


Figure 1 Percentage of weeds found in Sugarcane Fields by Farmers in Wang Phai Sub-District, Huai Krachao District, Kanchanaburi Province.

ผลการศึกษาวิธีการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกร

จากการสำรวจการจัดการวัชพืชของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีการจัดการวัชพืชในทุกขั้นตอนของการปลูกอ้อย โดยมีวิธีการจัดการวัชพืชด้วยสารเคมี การใช้เครื่องจักรกล การใช้แรงงานคน และวิธีผสมผสาน ในขั้นตอนการเตรียมแปลงก่อนปลูก เกษตรกรใช้เครื่องจักรกล โดยการไถดะ และไถแปร เมื่อไถแปรแล้วเกษตรกรปลูกอ้อยทันทีเพื่อลดการแข่งขันกับวัชพืช เมื่อปลูกอ้อยแล้วเกษตรกรใช้แรงงานคน และเครื่องจักรกลร่วมกับการใช้สารเคมีในการควบคุมและกำจัดวัชพืช โดยเกษตรกรใช้สารเคมีควบคุมและกำจัดวัชพืชพร้อมกัน สารเคมีที่ใช้ คือ อาทราซีน อามีทรีน พาราควอต และ 2,4-D ผสมน้ำฉีดพ่น และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยโดยการไว้ตอ เกษตรกรใช้เครื่องจักรกลร่วมกับการใช้สารเคมีในการควบคุมและกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นหลังแต่งตอหรือหลังปลูก ก่อนวัชพืชงอกหรือหลังวัชพืชงอก เช่นเดียวกับอ้อยปลูกใหม่ โดยมีการผสมผสานวิธีการกำจัดวัชพืชในแต่ละวิธีเข้าด้วยกันตามความเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลา และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการปลูกใหม่ พบว่า เกษตรกรทั้งหมดไม่ใช้สารเคมี ใช้การเผาเศษใบอ้อย จากนั้นทำการไถดะ ไถแปร และตากดิน แล้วทำการปลูกใหม่

โดยเกษตรกรทั้งหมดมีการเลือกใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชให้เหมาะสมกับชนิดของวัชพืช และปฏิบัติตามหลักการใช้สารเคมี ในกรณีวัชพืชมีปริมาณไม่มากจะใช้แรงงานคน เช่น ถอน ถาก ตัด หรือไม่ปฏิบัติเลย และเกษตรกรไม่มีการคลุมดินโดยใช้เศษใบอ้อย เนื่องจากเกษตรกรใช้การเผาเศษใบอ้อยในการเก็บเกี่ยว และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยการปลูกใหม่ พบว่า เกษตรกรทั้งหมดไม่ใช้สารเคมี ใช้การเผาเศษใบอ้อย หรือปล่อยสัตว์เข้ากินเศษซากอ้อย จากนั้นทำการไถดะ ไถแปร และตากดิน แล้วทำการปลูกใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ รังสิต (2553) และธวัช (2543) ที่พบว่า พื้นที่ปลูกควรมีการไถเตรียมดิน ควรได้รับการไถพลิก คราด ให้วัชพืชหลุดจากดิน จากนั้นจึงไถพรวนเพื่อทำให้วัชพืชที่เกิดขึ้นใหม่ถูกทำลาย เป็นการไถเตรียมดินและกำจัดวัชพืชไปพร้อมกัน และการผสมผสานวิธีการกำจัดวัชพืช คือการใช้สารเคมีร่วมกับการจัดการวัชพืชด้วยวิธีอื่น จะทำให้การจัดการวัชพืชในไร่อ้อยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และ ศักรินทร์ (2554) ที่พบว่า เกษตรกรส่วนมากนิยมใช้วิธีการเผาอ้อยในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ผลการศึกษาความเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับระดับของปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย

ปัญหาและอุปสรรค จากการสำรวจเกษตรกรมีความเห็นเกี่ยวกับระดับของปัญหาและอุปสรรคในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยระดับมาก เฉลี่ย 3.84 คะแนน ประเด็นที่เกษตรกรมีปัญหาและอุปสรรคอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ การส่งเสริมสนับสนุนการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมี ในการจัดการวัชพืชจากหน่วยงานต่างๆ ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยไม่ทั่วถึง การใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืชทำได้ล่าช้าไม่ทันเวลา และไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีจำนวนมาก เกษตรกรไม่มีวัสดุคลุมดินเนื่องจากใช้วิธีการเผาในการเก็บเกี่ยว และเกษตรกรไม่ได้ปลูกพืชที่หลากหลาย การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชร่วม เพื่อลดการระบาดของวัชพืช รองลงมาเป็นประเด็นที่เกษตรกรมีปัญหาและอุปสรรคอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ข้อมูลบนฉลากของสารเคมีไม่ชัดเจน ทำความเข้าใจได้ยาก ราคาของสารเคมีที่แพงขึ้น ค่าจ้างแรงงานที่มีราคาสูง สารเคมีกำจัดวัชพืชที่ใช้ทำให้พืชปลูกหรือพืชที่ปลูกใกล้เคียงเป็นพิษ ไม่เจริญเติบโตหรือแห้งตาย และสารเคมีกำจัดวัชพืชที่ซื้อไปใช้ไม่ได้ผลในการกำจัดวัชพืชตามที่โฆษณา สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวนุช (2555) ที่พบว่า ปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย คือการส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันกำจัดโรคและศัตรูของอ้อย การเลือกพื้นที่ในการปลูกอ้อย การคัดเลือกพันธุ์และการเตรียมท่อนพันธุ์ และเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีต้นทุนการผลิตที่มีแนวโน้ม

สูงขึ้นทุกๆ ปี เนื่องจากการปรับราคาขึ้นของ น้ำมัน ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และค่าแรงงาน รวมทั้งการแข่งขันทางการค้าในกลุ่มสมาชิกในอาเซียน

ข้อเสนอแนะ เกษตรกรมีข้อเสนอแนะ คือ ในส่วนของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย เกษตรกรไม่ควรเว้นพื้นที่ปลูกให้ว่าง เพราะจะทำให้วัชพืชเจริญเติบโตแล้วลุกลาม ไม่ควรให้วัชพืชเกิดขึ้นจนควบคุมไม่ได้ เกษตรกรควรเอาใจใส่ในการดูแลอ้อยให้ทั่วถึง ไม่ควรให้วัชพืชขึ้นปกคลุมอ้อย เพราะจะทำให้กำจัดยากขึ้นและได้ผลผลิตน้อยลง เกษตรกรควรมีการวางแผนในการจัดการกับวัชพืช ให้ถูกช่วง ถูกเวลา และควรศึกษาเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ๆ อย่างสม่ำเสมอ และในส่วนของภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรควบคุมราคาสารเคมี มีการจัดตั้งกองทุนประจำชุมชน มีมาตรการกับเกษตรกรในเรื่องการเผาอ้อย มีระบบชลประทานในการทำการเกษตร และควรมีการให้ความรู้หรือจัดอบรมแลกเปลี่ยนความรู้ในการผลิตอ้อยและการจัดการวัชพืชในไร่อ้อย เพื่อพัฒนาการปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิรมณ (2556) และ อนุสร (2558) ที่พบว่า เกษตรกรต้องการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาส่งเสริมและสนับสนุนการปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตที่ดี การให้ความรู้กับเกษตรกรเพื่อพัฒนาการผลิตอ้อย มีการให้แหล่งเงินทุนที่ดอกเบี้ยต่ำ มีการจำหน่ายอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตอ้อยที่ราคาถูก การจัดคิวอ้อยและการจ่ายเงินของโรงงานน้ำตาลควรรวดเร็วขึ้น พัฒนาหาแหล่งน้ำ และการช่วยเหลือในเรื่องราคาอ้อยจากรัฐบาล

สรุป

การจัดการวัชพืชในไร่อ้อยของเกษตรกรตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุ 53.4 ปี มีผลผลิตอ้อยปลูกใหม่เฉลี่ย 10.39 ตันต่อไร่ และมีผลผลิตอ้อยไว้ตอเฉลี่ย 5.91 ตันต่อไร่ เกษตรกรมีความรู้และทราบถึงวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่เกิดขึ้นในกระบวนการปลูกอ้อย เกษตรกรมีการจัดการวัชพืชตั้งแต่การเตรียมแปลงก่อนปลูก โดยการใช้เครื่องจักรกลด้วยวิธีการไถดะ การไถแปร และการตากดิน การจัดการวัชพืชหลังปลูกโดยการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช การใช้เครื่องจักรไถพรวนระหว่างร่อง และการใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืชด้วยวิธี ถาก ตัด หรือขุด และการจัดการวัชพืชหลังการเก็บผลผลิต โดยการใช้มีสารเคมีกำจัดวัชพืช การใช้เครื่องจักรไถพรวนระหว่างร่อง ในกรณีวัชพืชมีปริมาณไม่มาก จะใช้แรงงานคนในการจัดการวัชพืช เกษตรกรมีความเห็นเกี่ยวกับระดับของปัญหาและอุปสรรคในการจัดการวัชพืชในไร่อ้อยระดับมาก เช่น การเข้าถึงของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ทั่วถึง การใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืชทำได้ล่าช้าไม่ทันเวลา และไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีจำนวนมาก การไม่มีวัสดุคลุมดินเนื่องจากใช้วิธีการเผาในการเก็บเกี่ยว ข้อมูลบนฉลากของสารเคมีไม่ชัดเจน ทำความเข้าใจได้ยาก ราคาของสารเคมีที่แพงขึ้น ค่าจ้างแรงงานที่มีราคาสูง เกษตรกรมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติของตัวเกษตรกรเอง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาช่วยเหลือเมื่อประสบปัญหาในการผลผลิตอ้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ แขนงวิชาการจัดการการเกษตร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี ที่ช่วยเหลืออนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในตำบลวังไผ่ อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2559. **การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตอ้อยในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก,** สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ชัยนาท.

ธวัช ตินนังวัฒนะ. 2543. **การทำไร่อ้อยยุคใหม่.** ศูนย์เกษตรอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

รังสิต สุวรรณมรรคา. 2553. **การจัดการวัชพืชในไร่อ้อย.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

วิรมณ ปรางทอง. 2556. **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปลูกอ้อยโรงงานของเกษตรกรในอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย.** การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 3, นนทบุรี.

ศักรินทร์ เทศแก้ว. 2554. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาอ้อยของเกษตรกร กรณีศึกษาบ้านวังน้ำโจน ตำบลหนองมะค่าโมง อำเภอด่างช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี.** ค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี. 2556. **แผนพัฒนาจังหวัดกาญจนบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 – พ.ศ.2561.** สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี, กาญจนบุรี.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2559. **รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2558/59.** กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

เสาวนุช ศรีวรขันธ์. 2555. **การผลิตอ้อยส่งโรงงานและความต้องการสนับสนุนปัจจัยการผลิตของเกษตรกรในอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม.** การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 2, นนทบุรี.

อนุสร วงศ์ประเทศ. 2558. **การจัดการการผลิตอ้อยในพื้นที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี.** การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5, นนทบุรี.

อรพรรณ วัลลา. 2556. **การประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานของผู้ประกอบการไร่อ้อยในจังหวัดกาญจนบุรี.** ค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร.

การผลิตยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภค

Production of Ready-to-Eat Spicy Banana Chips Salad with Chili Paste

วัลลภา โพธาสินธ์[1*] อำพร แจ่มผล[1] ทิพากร ม่วงถึก[1] สุวรรณา เผ่ากุม[1] และ วัจนี ชีวพันธ์[1]

Wanlapa Potasin[1*], Amporn Jamphon[1], Tipakorn Maungteuk[1], Suwanna Phaokum[1] and Watjanee Cheewapun[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบ การเก็บรักษา และการผลิตน้ำยำพริกเผาสำหรับผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบพริกเผา ผลการศึกษาการผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทอด คือ ทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 160±5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กล้วยไข่ทอดที่เก็บรักษานาน 2 เดือน พบว่า มีค่าสี (L*a*b*) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื้อสัมผัสมีความกรอบลดลง ปริมาณร้อยละไขมัน ปริมาณ peroxide value ปริมาณร้อยละความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Aw) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำยำพริกเผาที่มีปริมาณหอมแดง และปริมาณน้ำมะขามเปียกแตกต่างกัน พบว่า น้ำยำพริกเผาที่ผลิตจากพริกเผา 120 กรัม น้ำปลา 54 กรัม น้ำตาลปี๊บ 120 กรัม และน้ำมะขามเปียก 90 กรัม เป็นตำรับที่ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านรสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมมากที่สุด

ABSTRACT

The objective of this research was to study the processing for crispy fried banana chips, storage time and processing chili paste for spicy banana chips salad with chili paste. The appropriate frying and drying condition was then studied. It was found that frying at 160±5 °C for 10 min and drying at 60 °C for 10 min. From this study after 2 months storage of banana chips, it was shown that the color (L*a*b*) slightly changed, banana crisps tended to decrease whereas fat content, peroxide value, moisture content and water activity (Aw) were increased ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation score of chili paste salad were varieties with the ratio of shallots and tamarind juice. It was found that chili paste salad produced from 120 g chili paste, 54 g fish sauce, 120 g coconut palm sugar and 90 g tamarind juice was the best formula of the product accepted by panelists, as in the highest sensory score of flavor, viscosity and overall acceptance.

Key Words: banana chips, frying, chili paste, ready-to-eat,

*Corresponding author; e-mail address: fagrwpp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

กล้วยไข่ (Pisang Mas) เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งในตระกูลกล้วย เป็นพืชเขตร้อน สามารถปลูกได้ทุกภาคของไทยพบได้มากสุดที่จังหวัดกำแพงเพชร กล้วยไข่เป็นผลไม้และพืชสมุนไพรจำพวกต้น กล้วยไข่เป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ทุกส่วน ได้แก่ ผลดิบให้รสฝาด ใช้ชงกับน้ำร้อนหรือบดเป็นผงรับประทาน ช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหาร แก้ท้องเสียเรื้อรังที่ทำให้อาหารไม่ย่อย ผลกล้วยดิบทั้งเปลือกใช้โรยรักษาแผลเรื้อรัง แผลเน่าเปื่อย แผลติดเชื้อต่างๆ ผลสุกให้รสหวาน ช่วยบำรุงกำลัง เป็นยาระบาย และรักษาแผลในกระเพาะอาหาร หัวปลีให้รสฝาด ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดแก้โรคกระเพาะอาหาร ลำไส้ และโรคโลหิตจาง เป็นต้น

โภชนาการของกล้วยไข่มีมากมาย พบว่ากล้วยไข่ 100 กรัม ให้พลังงาน 140 kcal โปรตีน 1.5 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 32.9 กรัม และเส้นใย 0.4 กรัม นอกจากนี้ยังมีวิตามินและเกลือแร่ต่างๆ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี ไนอะซีน (มนตรี, 2557) กล้วยมีโซเดียมเพียงเล็กน้อยแต่มีโพแทสเซียมสูง การมีโพแทสเซียมสูงนั้นจะช่วยลดความดันโลหิตลงได้ กล้วยยังเป็นผลไม้ที่เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารและท้องเสียบ่อย เพราะสามารถช่วยลดแก๊สในกระเพาะอาหารได้ (มะลิวัลย์, 2554)

จากการที่กล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงมีการนำกล้วยไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกล้วย การแปรรูปจากกล้วยแบ่งได้ 2 ประเภท คือ การแปรรูปจากกล้วยดิบ ได้แก่ การทำกล้วยอบเนย กล้วยฉาบหรือกล้วยกรอบแก้ว แป้งกล้วย และการแปรรูปอีกประเภท คือ การแปรรูปจากกล้วยสุก ได้แก่ น้ำผลไม้ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ กล้วยตาก กล้วยกวน ทอฟฟี่กล้วย และข้าวเกรียบกล้วย เป็นต้น

การแปรรูปกล้วยด้วยวิธีการทอดเป็นทางเลือกหนึ่งในวิธีการถนอมอาหาร ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากความร้อนจากกระบวนการจะทำให้ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระในอาหารมีปริมาณลดลง ยับยั้งการทำเสื่อมเสียที่มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ อีกทั้งยังสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆในอาหาร (Ricardo *et al.*, 2016)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปกล้วยไข่ดิบทอดกรอบและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาการผลิตน้ำยำพริกเผาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบและการเก็บรักษา

การผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบโดยดัดแปลงวิธีการจากวรพรรณและคณะ (2552) โดยคัดเลือกกล้วยไข่ดิบที่มีขนาดเท่าๆ กัน ล้างทำความสะอาดจากนั้นนำไปสไลด์เป็นแว่นทั้งเปลือกให้มีความหนา 0.40 ± 0.02 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทอดในน้ำมันปาล์ม อัตราส่วนระหว่างน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดต่อกล้วยไข่ดิบ คือ น้ำมันปาล์ม 2 ลิตร

ต่อกล้วยไข่ดิบสไลด์ 500 กรัม ทำการทอดที่อุณหภูมิ 160±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำกล้วยไข่ดิบที่ผ่านการทอดเสร็จแล้ว เข้าอบในตู้อบลมร้อน (Tray Dry) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปประเมินคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี

นำกล้วยไข่ทอดกรอบไปบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์ ขนาด 6x9 นิ้ว ถุงละ 100 กรัม จากนั้นเติมก๊าซไนโตรเจน และซิลิกาเจล ถุงละ 2 ซอง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 เดือน ทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพทุก 1 สัปดาห์ ประเมินคุณภาพทางเคมีทุก 1 เดือน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 เดือน

การศึกษาการผลิตน้ำยำพริกเผาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภค

นำสูตรต้นแบบของน้ำพริกเผาตามตำรับน้ำพริกของจำลองลักษณ์ (2553) และครัวบ้านพิม (2553) โดยมีส่วนประกอบดังนี้ พริกชี้ฟ้าแห้ง 10 กรัม พริกขี้หนูแห้ง 3 กรัม หอมแดง 90 กรัม กระเทียม 75 กรัม น้ำปลา 54 กรัม น้ำตาลปี๊บ 120 กรัม และน้ำมะขามเปียก 90 กรัม ไปศึกษาอัตราส่วนของหอมแดง : กระเทียม 2 ระดับ คือ 90 : 75 กรัม และ 75 : 75 กรัม และศึกษาปริมาณน้ำมะขามเปียกที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ 75, 90 และ 105 กรัม นำตำรับน้ำยำพริกเผาจำนวน 6 สูตร ที่ได้ไปทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมร่วมกับกล้วยไข่ทอด

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสี (L*a*b*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (ColorFlex) และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TAXT Plus) ด้วยหัววัด Ball probe stainless P/0.25S

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน และปริมาณเส้นใยหยาบ ตามวิธีของ AOAC (2000) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ด้วยเครื่อง Aqualab (4TE) และวิเคราะห์ค่า Peroxide value ตามวิธี AOCS (1997)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) รสชาติ (flavor) กลิ่นรส (order) เนื้อสัมผัส (texture) และการยอมรับรวม (overall liking) โดยวิธี 9-Point hedonic scale โดยที่คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และความแตกต่างทางสถิติ Duncan’s multiple range test ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบและการเก็บรักษา

การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบหลังการทอดพบว่า มีปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 2.23 ± 0.08 ปริมาณไขมันร้อยละ 31.08 ± 0.82 ปริมาณ Peroxide value 6.083 Meq/kg fat extracted ปริมาณความชื้นร้อยละ 5.07 ± 0.34 และปริมาณน้ำอิสระ (Aw) 0.32 ± 0.01 ซึ่งผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบที่ผลิตมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 111/2546 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยทอดกรอบที่ระบุให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 และปริมาณ Peroxide value ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูล

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของกล้วยไข่ทอดกรอบหลังการทอดและเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (Table 1) พบว่า ค่าความสว่าง (L*) มีค่าอยู่ในช่วง 39.16 – 44.76 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของกล้วยไข่ทอดกรอบไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากระยะความสุกของผลกล้วยดิบแต่ละหวีไม่สม่ำเสมอกันทุกหวี และการทอดที่ใช้น้ำมันทอดซ้ำ โดยการทอดครั้งแรกจะให้ค่าความสว่างมากที่สุด และมีค่าลดลงตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนสูงเป็นเวลานาน จะทำให้น้ำมันเกิดสีคล้ำ ซึ่งส่งผลต่อลักษณะปรากฏด้านสีของผลิตภัณฑ์ได้ (เบ็ญจรัก, 2550) ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบในถุงอลูมิเนียมฟลอยด์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L*, a*, b*) ของผลิตภัณฑ์

Table 1 Physical properties of banana chips.

Storage time (week)	Color L*	Color a*	Color b*	Hardness (g)
0	43.47 ± 3.64^{ab}	9.55 ± 2.09^{ab}	27.92 ± 2.94^{abc}	404.56 ± 13.24^{e}
1	41.72 ± 4.92^{abc}	9.90 ± 1.40^{ab}	28.25 ± 4.14^{ab}	577.02 ± 32.23^{cd}
2	39.16 ± 3.88^{c}	8.98 ± 0.95^{bc}	26.33 ± 3.41^{abc}	638.17 ± 35.66^{ab}
3	39.58 ± 2.73^{bc}	9.31 ± 1.41^{b}	26.67 ± 2.50^{abc}	555.14 ± 39.65^{d}
4	43.00 ± 4.44^{abc}	9.96 ± 1.87^{ab}	29.38 ± 2.27^{a}	601.97 ± 145.14^{abcd}
5	40.91 ± 3.59^{abc}	7.77 ± 1.08^{c}	25.48 ± 3.52^{bc}	656.45 ± 23.62^{a}
6	44.76 ± 2.95^{a}	9.19 ± 1.81^{bc}	28.60 ± 2.81^{ab}	611.63 ± 38.43^{abcd}
8	40.07 ± 6.37^{bc}	8.87 ± 1.70^{bc}	24.75 ± 4.71^{c}	622.98 ± 46.55^{abc}

$^{a-d}$ Values with different letters in the same column are significant ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาจากค่า Hardness พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) เมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบหลังการทอดไปวัดเนื้อสัมผัส พบว่า มีค่าความกรอบมากที่สุด (Hardness เท่ากับ 404.56 ± 13.24 g) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกล้วยไข่ทอดกรอบที่เก็บรักษามีปริมาณน้ำหรือความความชื้นใน

ตัวผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความกรอบ (Hardness) ที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น (Nuttapong and Thatchapol, 2015)

การประเมินคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบทุกเดือนเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Aw) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) โดยผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบ เมื่อเก็บรักษาครบ 2 เดือน มีปริมาณร้อยละความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Aw) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.20 ± 0.38 และ 0.41 ± 0.01 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการทอดกล้วยไข่ทำให้น้ำมันซึมผ่านเข้าไปแทนที่น้ำในเซลล์ได้มากขึ้นจึงมีผลทำให้ปริมาณน้ำในเซลล์ลดลง ส่งผลให้ปริมาณร้อยละความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (Aw) มีค่าลดลง (วิไล, 2547) แต่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบดูดความชื้นกลับเข้าไปในตัวของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทำให้มีปริมาณร้อยละความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (Aw) เพิ่มขึ้น

ปริมาณร้อยละไขมันที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องมาจากคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันเปลี่ยนไปตามระยะเวลาของการทอด การเสื่อมของน้ำมันจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำเป็นระยะเวลานานทำให้น้ำมันเกิดการออกซิเดชัน และเกิดสารระเหยประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโต และกรดอีพอกซี โมเลกุลของน้ำมันเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันในสภาพไม่มีออกซิเจน และให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูงหรือให้สารประกอบไซคลิกทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงซึ่งมีผลไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างการทอด (นิธิยา, 2545) ส่งผลให้กล้วยไข่ทอดที่ผ่านการใช้น้ำมันทอดซ้ำมีการดูดซับน้ำมันมากขึ้น และเกิดจากความไม่สม่ำเสมอในการเก็บตัวอย่างกล้วยไข่ทอดไปศึกษาอายุการเก็บรักษา และความไม่สม่ำเสมอของระยะแก่อ่อนของวัตถุดิบ ส่วนค่า Peroxide value ที่ลดลงในเดือนที่ 1 และเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณร้อยละความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (Aw)

Table 2 Chemical properties of banana chips.

Storage time (month)	Fat content (%)	Peroxide value (Meq/kg Fat extracted)	Moisture content (%)	Water activity (Aw)
0	31.08 ± 0.82^{c}	6.083 ± 0.31^{b}	5.07 ± 0.34^{b}	0.32 ± 0.01^{b}
1	34.83 ± 0.52^{b}	1.077 ± 0.03^{c}	4.77 ± 0.09^{b}	0.31 ± 0.01^{b}
2	36.39 ± 1.18^{a}	8.693 ± 0.33^{a}	6.20 ± 0.38^{a}	0.41 ± 0.01^{a}

$^{a-c}$ Values with different letters in the same column are significant ($p \leq 0.05$)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหืน รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ของกล้วยไข่ทอดกรอบใหม่กับกล้วยไข่ทอดกรอบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ และสี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 3) โดยกล้วยไข่ทอดกรอบใหม่มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสีมากกว่ากล้วยไข่ทอดกรอบที่เก็บรักษาไว้ ส่วนด้าน

กลิ่นหืน รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) และกล้วยไข่ทอดกรอบใหม่มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่นหืน และความชอบโดยรวมมากกว่ากล้วยไข่ทอดกรอบที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน เนื่องจากอาหารที่มีการทอดจะมีน้ำมันสะสมในอาหาร เมื่อมีการเก็บรักษาเป็นเวลานานน้ำมันที่สะสมในอาหารเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น (Ram *et al*., 20111) มีผลให้กล้วยไข่ทอดกรอบใหม่มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า

Table 3 Sensory scores of banana chips after fried and banana chips storage for 2 month.

Sensory evaluation	Banana chips after fried	Banana chips storage for 2 month
Appearance	6.76 ± 1.51[a]	5.80 ± 1.77[b]
Color	6.86 ± 1.43[a]	5.70 ± 1.90[b]
Rancid[ns]	6.06 ± 1.58	5.94 ± 2.06
Taste[ns]	6.14 ± 1.60	6.64 ± 1.71
Crispness[ns]	6.90 ± 1.53	7.24 ± 1.32
Overall liking[ns]	6.86 ± 1.26	6.66 ± 1.53

[a – b] Values with different letters in the same row are significant (p≤0.05)

[ns] Values in the same row are not significant (p>0.05)

ผลการศึกษาการผลิตน้ำยำพริกเผาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภค

การพัฒนาตำรับน้ำยำพริกเผาโดยศึกษาอัตราส่วนของปริมาณหอมแดง 2 ระดับ คือ 90 กรัม และ 75 กรัม และปริมาณน้ำมะขามเปียก (เตรียมจากมะขามเปียก : น้ำ เท่ากับ 1:1.5) 3 ระดับ คือ 75, 90 และ 105 กรัม ทำให้ได้น้ำยำ 6 ตำรับ (Table 4)

Table 4 Recipes of chili paste varieties ratio of shallots and tamarind juice.

Recipes	Shallots (g)	Tamarind juice (g)
A1	90	75
A2	90	90
A3	90	105
B1	75	75
B2	75	90
B3	75	105

จากนั้นนำน้ำยำพริกเผาทั้ง 6 ตำรับไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่า คุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมของทั้ง 6 ตำรับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 5) โดยด้านลักษณะปรากฏ พบว่า ตำรับ B3 มีคะแนนสูงที่สุด (7.38 ± 1.28) ด้านสี ตำรับ A1 มีคะแนนสูงที่สุด (7.68 ± 1.13) ส่วนตำรับ B2 มีคะแนนด้านรสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (7.28 ± 1.37, 7.34 ±1.36 และ 7.34 ± 1.33 ตามลำดับ) ดังนั้น ตำรับ B2 จึงเป็นตำรับที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด จึงเหมาะสำหรับการนำไปทำผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภคต่อไป

Table 5 Sensory scores of spicy banana chips salad with chili paste.

Sensory Evaluation	Chili paste					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Appearance[ns]	7.36 ± 1.05	7.36 ± 1.17	7.26 ± 1.23	7.24 ± 1.19	7.22 ± 1.11	7.38 ± 1.28
Color[ns]	7.68 ± 1.13	7.48 ± 1.20	7.54 ± 1.23	7.46 ± 1.21	7.54 ± 1.30	7.34 ± 1.21
Flavor[ns]	7.14 ± 1.36	6.98 ± 1.42	6.86 ± 1.67	7.12 ± 1.44	7.28 ± 1.37	6.98 ± 1.44
Viscosity[ns]	6.98 ± 1.41	6.96 ± 1.37	7.12 ± 1.35	7.18 ± 1.27	7.34 ± 1.36	7.12 ± 1.17
Overall liking[ns]	7.30 ± 1.34	7.08 ± 1.32	6.96 ± 1.43	7.22 ± 1.45	7.34 ± 1.33	7.08 ± 1.23

[ns] Values in the same row are not significant ($p>0.05$)

สรุป

การผลิตกล้วยไข่ทอดกรอบและเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ทอดกรอบที่เก็บรักษา มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ไม่แตกต่างกัน ค่าความกรอบซึ่งพิจารณาจากค่า Hardness มีแนวโน้มลดลงเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ปริมาณไขมัน และปริมาณ Peroxide value มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) การพัฒนาตำรับน้ำยำพริกเผาจากตำรับต้นแบบโดยการศึกษาปริมาณหอมแดง 2 ระดับ และปริมาณน้ำมะขามเปียก 3 ระดับ และนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ตำรับ B2 ที่มีอัตราส่วนปริมาณหอมแดง 75 กรัม และน้ำมะขามเปียก 90 กรัม เป็นตำรับที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวมสูงที่สุด (7.28±1.37, 7.34 ±1.36 และ 7.34±1.33 ตามลำดับ) ดังนั้น ตำรับ B2 จึงเป็นตำรับที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ยำกล้วยกรอบน้ำพริกเผาพร้อมบริโภคต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จำลองลักษณ์ หุ้นชิ้น. 2553. **ตำ (รับ) น้ำพริก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เบ็ญจรัก วายุภาพ, วราพร ลักษณลม้าย, ชลธิชา เอี่ยมชื่น, ศศิวิมล สุจริต และ วรรัตน์ ใจเจริญธรรมกุล. 2550. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันที่ใช้ทอดซ้ำสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารทอดประเภทต่างๆ. **วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต** 10 (1): น. 38-46.

พิม (ครัวบ้านพิม). 2553. **น้ำพริกเผาอย่างง่าย.** แหล่งที่มา: https://www.pim.in.th/thai-dipping-and-sauce/291-nampric-pao, 14 กุมภาพันธ์ 2560.

มนตรี แสนสุข. 2557. **กล้วยไข่ส่งออก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. นานาสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มะลิวัลย์ ไชยโย. 2554. **การเปรียบเทียบคุณภาพไซรัปกล้วยที่ผลิตจากน้ำตาลทรายและน้ำตาลอ้อย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วรพรรณ บัญชาจารุรัตน์, วรางคณา สมพงษ์ และ สมโภช พจนพิมล. 2552. การศึกษากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบ, น. 297-304. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. **กล้วยทอดกรอบ, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน**. มผช 111/2546, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17thed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

AOCS. 1997. **Official and Tentative Method of American Oil Chemist's Society**. 3rd ed., Illinois.

Nuttapong, R. and C. Thatchapol. 2015. Effect of temperature and Time on the physical properties of banana by vacuum frying technique. *In* **International Conference on Advances in Agricultural, Biological & Environmental Sciences (AABES-2015)**. 22-23 July 2015, London, UK.

Ram, Y., A. Thaworn. And P. Kulchanat. 2011. Effect of vacuum frying on structural changes of bananas. **Journal of Food Engineering** 106 : pp. 298-305.

Ricardo L. M., A.M. Bruno. L. B. Joao. 2016. A microwave multi-flash drying producing crispy bananas. **Journal of Food Engineering** 178 : pp.1-11.

ผลของชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวต่อคุณภาพของขนมเทียน

Effect of Type and Quantity of Luem Pua Glutinous Rice Flour on Qualities of Khanom Thien

วชิรพงศ์ เยาว์ฤทธิกร[1] **ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์**[1*] และ อบเชย วงศ์ทอง[1]

Vachirapong Yaoridthikorn[1], Parisut Chalermchaiwat[1*] and Obcheuy Wongtong[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เริ่มจากคัดเลือกสูตรมาตรฐานขนมเทียนที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัว ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของขนมเทียน จัดสิ่งทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD ศึกษาแป้งข้าวเหนียวลืมผัว 2 ชนิด (แป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และ แป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก) และปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัว 3 ระดับ (ร้อยละ 10, 30 และ 50) ผลการศึกษาพบว่า ขนมเทียนสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียว : กะทิ : น้ำตาลมะพร้าว เท่ากับ 1:0.96:0.5 ชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของขนมเทียน โดยเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง และค่าการเกาะติดผิวเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าการเกาะติดผิวของขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกนั้นมีมากกว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของขนมเทียน พบว่า ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกมีคะแนนความชอบสูงกว่าขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก โดยขนมเทียนที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอก ปริมาณร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่พัฒนาได้ มีปริมาณสารกาบ้า และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ซึ่งมากกว่าขนมเทียนสูตรพื้นฐาน 1.38 เท่า และ 8.73 เท่า ตามลำดับ ในขณะที่ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกนั้นมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่พัฒนาได้นี้จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ

ABSTRACT

This research started with the selection of Khanom Thien standard recipe to be accepted by consumers. The type and quantity of Luem Pua glutinous rice flour (LPF) were investigated on physical chemical and sensory qualities of Khanom Thien. A 2x3 factorial in CRD with 2 types of LPF (Germinated Luem Pua glutinous rice flour; GLPF and Non-Germinated Luem Pua glutinous rice flour; NGLPF) and 3 levels of LPF (10%, 30% and 50%) were used. The result showed that Khanom Thien standard recipe which got the highest liking scores, was consisted of glutinous rice flour: coconut milk: coconut sugar as 1:0.96:0.5. The different type and quantity of LPF had effect on qualities of Khanom Thien. Increasing the quantity of GLPF and NGLPF decreased of lightness (L*) and yellowness (b*), but an increase in redness (a*) of product. The result showed that increasing of GLPF content decreased the hardness and increased the adhesiveness of product. The adhesiveness of Khanom Thien from GLPF higher than that of NGLPF. The result of sensory evaluation showed that Khanom Thien from NGLPF had higher liking score than that of GLPF. Khanom Thien made from 10% of GLPF and NGLPF had the highest liking score. The developed Khanom Thien from GLPF contained the highest GABA and total phenolic content, which was higher than standard recipe about 1.38 fold and 8.73 fold, respectively. While, Khanom Thien from NGLPF gave the highest anthocyanin content. Therefore, the developed Khanom Thien from LPF was suitable choice for consumers who are concern about health.

Key Words: Khanom Thien, Luem Pua glutinous rice, Germinated, GABA, Texture

[*] Corresponding author, e-mail: fagrpsch@ku.ac.th

[1] สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ขนมเทียน หรือขนมนมสาว เป็นขนมไทยที่ใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต นิยมใช้ในเทศกาลหรืองานประเพณีท้องถิ่น เช่น ภาคเหนือ นิยมทำในช่วงเทศกาลสงกรานต์ (มณี, 2548) อีกทั้งคนไทยเชื้อสายจีนนิยมใช้ในการไหว้บรรพบุรุษในวันสำคัญ (อรัญญา, 2552) ขนมเทียน จึงเป็นขนมที่ผู้บริโภคให้ความนิยมและสามารถผลิตจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี แต่ขนมเทียนที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดยังไม่มีความหลากหลายมากนัก อีกทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเทียนยังคงมีอยู่น้อย เช่น การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของแป้งขนมเทียน (มยุรี, 2537) การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป (อรัญญา, 2552) เป็นต้น การผลิตขนมเทียนมีการใช้วัตถุดิบหลักคือแป้งข้าวเหนียว น้ำตาล และไขมัน ซึ่งเป็นสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและไขมัน อาจตอบสนองกับความต้องการของผู้บริโภคได้น้อยลง เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการใช้วัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีส่วนสัมพันธ์กับสุขภาพมากขึ้น การนำข้าวเหนียวลืมผัวมาประยุกต์ใช้ในการผลิตขนมเทียนจึงมีความน่าสนใจ เนื่องจากเป็นข้าวที่มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพสูง โดยเฉพาะแอนโทไซยานิน และพบว่าเมื่อนำไปผ่านการเพาะงอกเป็นข้าวเหนียวลืมผัวงอกจะมีสารอาหารเพิ่มขึ้น ได้แก่ สารแกมมาแอมิโนบิวทิริก หรือสารกาบ้า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (วชิรพงศ์ และคณะ, 2559) แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการเพาะงอกก็มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งด้วย เนื่องแป้งข้าวกล้องงอกจะมีค่าความหนืด และค่าการคืนตัวลดลง (จักรพงษ์ และคณะ, 2554) จึงส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคได้ ดังนั้นการเลือกใช้ปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัวให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จึงมีความจำเป็น งานวิจัยนี้เป็นการนำแป้งข้าวเหนียวลืมผัวมาประยุกต์ใช้ในการผลิตขนมเทียน เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวเหนียวลืมผัว และให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่มีคุณภาพซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวต่อคุณภาพของขนมเทียน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมเทียนที่เหมาะสม

คัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมเทียนไส้เค็ม 3 สูตร ซึ่งเป็นสูตรขนมเทียนที่ได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือที่มีจำหน่ายในร้านหนังสือชั้นนำ และเป็นสูตรขนมเทียนที่มีการใช้วัตถุดิบ และปริมาณในการผลิตแป้งและไส้ขนมเทียนที่แตกต่างกัน แสดงดัง Table 1 และ Table 2 ดังนี้ สูตรที่ 1 (ทัศนา, 2550) สูตรที่ 2 (พุดน้ำบุตย์, 2552) และสูตรที่ 3 (รัมภา, 2552) โดยนำส่วนแป้งขนมเทียน ไส้ขนมเทียน และแป้งขนมเทียนที่มีการบรรจุไส้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9- point hedonic scaling กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

Table 1 Standard recipe ingredient of Khanom Thien dough

Ingredient (g)	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
Glutinous rice flour	500	500	500
Coconut milk	500	750	480
Coconut sugar	-	320	250
Sucrose	500	-	-

Table 2 Standard recipe ingredient of Khanom Thien filling

Ingredient (g)	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
Steamed Split yellow mung beans	500	500	500
Garlic	100	100	-
Shallots	100	100	70
Soybean oil	150	38	100
Coconut sugar	-	30	-
Sucrose	23	185	175
Salt	4	4	5
White Pepper Powder	4	4	7.50

2. การศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกและไม่ผ่านการเพาะงอกในขนมเทียน

นำขนมเทียนสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในข้อที่ 1 มาศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวในการผลิตขนมเทียน จัดสิ่งทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัยที่ศึกษา ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของแป้งข้าวเหนียวลืมผัว คือ แป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอก โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้ แป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก เตรียมโดยนำข้าวเปลือกข้าวเหนียวลืมผัว จากจังหวัดเลยที่เก็บรักษาในตู้เย็น (8°C) เป็นระยะเวลา 5 เดือน มาสีให้เป็นข้าวกล้อง และคัดเลือกเฉพาะเมล็ดข้าวที่มีความสมบูรณ์ ล้างทำความสะอาดและทำการฆ่าเชื้อ ตามวิธีการของ Donkor *et al.* (2012) และนำมาเพาะงอกบนผ้าขาวบางเปียกน้ำ เป็นเวลา 40 ชั่วโมง และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง 30 นาที (วชิรพงศ์ และคณะ, 2559) และบดด้วยเครื่องบด Pin mill ให้มีขนาดแป้ง 149 ไมครอน ในขณะที่การเตรียมแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกก็ใช้วิธีการเตรียมเช่นเดียวกัน เพียงแต่หลังจากนำมาสีให้เป็นข้าวกล้องแล้วจะไม่นำไปผ่านการเพาะงอก

ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวในการผลิตขนมเทียน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10, 30 และ 50 โดยได้ขนมเทียนทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง ดังนี้

T1 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก ร้อยละ 10
T2 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก ร้อยละ 30
T3 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก ร้อยละ 50
T4 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ร้อยละ 10
T5 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ร้อยละ 30
T6 = ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ร้อยละ 50

จากนั้นนำขนมเทียนทั้ง 6 สิ่งทดลอง มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสภายใน 8 ชั่วโมงหลังจากการผลิต ทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Hunter Lab แสดงค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จำนวน 10 ซ้ำ และวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วย Texture analyzer แบบ Texture profile analysis (TPA) ใช้หัวกดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 เซนติเมตร (P50) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตร ต่อ วินาทีโดยมีระยะทางที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปร้อยละ 75 ตัวอย่างแป้งที่จะทำการวัดค่าเนื้อสัมผัสจะไม่มีการบรรจุไส้ มีเฉพาะส่วนแป้งเท่านั้น โดยปั้นแป้งขนมเทียนเป็นทรงกลมน้ำหนัก 20 กรัม ต่อชิ้น และวัดค่าตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง รายงานค่าความแข็ง หน่วยเป็น นิวตัน (N) และค่าการเกาะติดผิว หน่วยเป็น จูล (J) ดัดแปลงตามวิธีการของ ชนิษฎา (2553) จำนวน 10 ซ้ำ

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ขนมเทียนที่ใช้ในการทดสอบ 1 ชิ้น ประกอบด้วยส่วนของแป้ง 20 กรัม และส่วนของไส้ 10 กรัม ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 - point hedonic scaling กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3. การศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่พัฒนาได้

นำผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอกที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้ วิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาแอมิโนบิวทิริก หรือ สารกาบ้า ตามวิธีการของ Varanyanond *et al.* (2005) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Chalermchaiwat *et al.* (2015) และปริมาณแอนโทไซยานิน ตามวิธีการของ Lee *et al.* (2005) โดยวัดค่าจำนวน 3 ซ้ำ รายงานในฐานน้ำหนักแห้ง (Dry basis)

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกขนมเทียนสูตรพื้นฐาน แล้วจัดสิ่งทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD สำหรับการศึกษาชนิดและปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัว และวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) สำหรับการศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนที่พัฒนาได้ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) โดยหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานขนมเทียน

จากการนำสูตรพื้นฐานขนมเทียนที่แตกต่างกัน 3 สูตร มาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดัง Table 3 พบว่า แป้งขนมเทียน และไส้ขนมเทียนสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ซึ่งเป็นผลมาจากสูตรของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแป้งและไส้ขนมเทียน โดยเมื่อพิจารณาวัตถุดิบที่ใช้ พบว่า อัตราส่วนของแป้ง กะทิและน้ำตาลมีผลต่อคะแนนความชอบของแป้งขนมเทียน โดยสูตรที่ 3 มีอัตราส่วนของแป้ง กะทิและน้ำตาล เท่ากับ 1:0.96:0.5 ในขณะที่สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีอัตราส่วนของแป้ง กะทิ และ

น้ำตาล เท่ากับ 1:1:1 และ 1:1.5:0.64 ตามลำดับ ส่วนของไส้ขนมเทียน พบว่า สูตรที่ 3 ไม่มีส่วนประกอบของกระเทียม และน้ำตาลมะพร้าว แต่มีการใช้ปริมาณพริกไทยป่นสูงสุด ซึ่งชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ล้วนส่งผลให้กลิ่น และรสชาติของขนมเทียนทั้ง 3 สูตรให้มีความแตกต่างกัน และทำให้แป้งขนมเทียน และไส้ขนมเทียนสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อทดสอบชิมแป้งและไส้ของขนมเทียนพร้อมกัน พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของขนมเทียนสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบสูงสุด และอยู่ในระดับชอบมาก ดังนั้นจึงเลือกสูตรพื้นฐานของขนมเทียน สูตรที่ 3 มาศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวต่อไป

Table 3 Sensory attributes of Khanom Thien from difference recipe

Sensory attributes	Khanom Thien Dough		
	Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
Color	6.54±1.20[b]	7.44±1.09[a]	7.06±1.45[a]
Texture	6.06±1.43[c]	7.72±0.57[b]	8.16±0.91[a]
Taste	6.22±1.35[c]	7.52±0.99[b]	8.10±0.91[a]
Overall liking	6.34±1.23[c]	7.54±091[b]	8.42±0.73[a]
Sensory attributes	**Khanom Thien Filling**		
Color[ns]	7.00±1.20	6.94±1.54	6.93±1.38
Odor	6.18±1.22[b]	6.28±1.21[b]	8.38±0.73[a]
Texture	5.86±1.31[b]	6.12±1.45[b]	7.50±1.07[a]
Taste	5.86±1.31[c]	6.80±1.25[b]	8.54±0.58[a]
Overall liking	6.38±1.32[c]	7.06±1.38[b]	8.48±0.74[a]
Sensory attributes	**Khanom Thien**		
Overall liking	6.16±1.39[c]	6.94±1.28[b]	8.32±0.82[a]

[a-c] Means within the same row with different letters are significant difference ($p \leq 0.05$), [ns] Means within the same row are not significantly difference ($p > 0.05$).

2. ผลการศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวขาวด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกและไม่ผ่านการเพาะงอกในขนมเทียน

จากการศึกษาในเบื้องต้นด้วยการใช้แป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกร้อยละ 100 เป็นส่วนผสมโดยไม่ใส่แป้งข้าวเหนียวขาวในการผลิตส่วนแป้งผลิตภัณฑ์ พบว่า เมื่อนำแป้งข้าวเหนียวลืมผัวไปนวดกับส่วนผสมที่เป็นของเหลว แป้งมีความเหลวและไม่สามารถปั้นขึ้นรูปขนมเทียนได้ ดังนั้นจึงเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเหนียวขาวเพื่อช่วยให้แป้งสามารถคงรูปได้ โดยปริมาณแป้งข้าวเหนียวขาวที่สามารถช่วยให้ส่วนแป้งผลิตภัณฑ์สามารถขึ้นรูปได้ คือ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป ซึ่งผลการศึกษาในเบื้องต้นครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิษฎา (2553) ที่รายงานว่าปริมาณแป้งข้าวเหนียวกล้องงอกมีผลต่อลักษณะของแป้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งการใช้แป้งข้าวเหนียวกล้องงอกเป็นส่วนผสมโดยไม่ใส่แป้งมันสำปะหลังในขนมไดฟูกุ ส่งผลให้แป้งของผลิตภัณฑ์ไม่สามารถคงรูปได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดปริมาณการทดแทนแป้งข้าวเหนียวด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอกที่ร้อยละ 10, 30 และ 50 และนำไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัสได้ผลดังนี้

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัว มีผลต่อคุณภาพด้านสีและเนื้อสัมผัสของขนมเทียน แสดงดัง Table 4 เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอกในการผลิตแป้งขนมเทียนเพิ่มขึ้น คุณภาพด้านสี มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากสีของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกและไม่ผ่านการเพาะงอกที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีสีม่วงเข้ม เมื่อใส่ในปริมาณมากจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง การใช้แป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกเพิ่มขึ้น ยังส่งผลให้ค่าความแข็งมีค่าลดลง และค่าการเกาะติดผิวมีค่าเพิ่มขึ้น โดยพบว่าค่าการเกาะติดผิว เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากความหนืดของแป้งข้าวที่ผ่านการเพาะงอกมีความหนืดลดลง เป็นผลมาจากการทำงานของเอมไซม์อะมิเลส ซึ่งเกิดขึ้นภายในกระบวนการงอกของเมล็ดข้าว เป็นเอนไซม์สำคัญในการย่อยคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลง ซึ่งส่งผลให้ค่าความหนืดของแป้งลดลงด้วย (ศุรัฐนันท์ และคณะ, 2554) และส่งผลให้ลักษณะของขนมเทียนมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม และเหนียวเป็นกาวยาง ในขณะที่การทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก เนื่องจากข้าวเหนียวลืมผัวที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นมีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวดำสายพันธุ์อื่น และอาจมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวเหนียวขาวที่นำมาใช้ผลิตแป้งข้าวเหนียวทางการค้าที่มีจำหน่ายในตลาด ซึ่งจากการศึกษาของ พรรณทิพา (2555) รายงานว่าแป้งข้าวเหนียวทางการค้า มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 7.48 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนน้อยว่าแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ที่มีปริมาณโปรตีนถึงร้อยละ 14.66 โดยโปรตีนสามารถขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเซลล์แป้ง และหากโปรตีนมีปริมาณสูงจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำของเซลล์แป้งลดลง และต้องใช้พลังงานให้เกิดการเจลาติไนเซชันมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น (ศศิธร, 2555)

Table 4 Physical qualities of dough Khanom Thien from Luem Pua glutinous rice flour

Treatments	Color			Texture	
	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)	Hardness (N)	Adhesiveness (J)
Control	49.75±0.07	2.65±0.11	18.86±0.10	69.53±24.97	-878.45±291.60
T1	25.13±0.06^{a}	3.44±0.13^{b}	2.16±0.53^{a}	132.17±7.83^{d}	-7,089.52±517.05^{c}
T2	16.39±0.06^{c}	5.09±0.17^{a}	-0.49±0.15^{c}	99.64±13.01^{e}	-8,981.01±876.02^{b}
T3	10.23±0.04^{e}	5.16±0.92^{a}	-1.49±0.15^{d}	72.09±5.03^{f}	-13,627.51±472.14^{a}
T4	24.62±0.14^{b}	3.55±0.16^{b}	1.55±0.23^{b}	238.18±16.28^{c}	-1,809.04±737.11^{f}
T5	15.69±0.16^{d}	5.10±0.18^{a}	-0.51±0.13^{c}	250.08±23.68^{b}	-3,052.36±974.66^{e}
T6	9.74±0.17^{f}	5.15±0.93^{a}	-0.48±0.16^{c}	273.86±26.86^{a}	-3,245.21±947.64^{d}

$^{a-f}$ Means within the same column with different letters are significant difference ($p \leq 0.05$), control = Khanom Thien from glutinous rice flour.

2.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงดัง Table 5 พบว่า ปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าลดลง เนื่องจากขนมเทียน มีกลิ่นหมักจากข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้น โดยกลิ่นหมัก เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณผิวหน้าของเมล็ดข้าวในระหว่างการเพาะงอก (Kim *et al.*, 2004) ขนมเทียนมีรสชาติที่หวานมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างการงอกจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารในเมล็ดข้าว โดยคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อย สลายเอนไซม์เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว จึงทำให้ข้าวที่ผ่านการเพาะงอกมีรสหวาน (นงนุช, 2555) และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มและเหนียวติดเพดานปากมากขึ้น เนื่องจากคุณภาพด้านความหนืดของแป้งข้าวที่ผ่านการเพาะงอก จะมีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก (ชนิษฎา, 2553) จึงส่งผลให้ขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสจึงมีความนิ่มขึ้น และเหนียวติดเพดานปากมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสใน Table 4

Table 5 Sensory attributes of Khanom Thien from Luem Pua glutinous rice flour

Treatments	Sensory attributes				
	Color	Odor	Taste	Texture	overall liking
Control	7.38±1.58[a]	7.56±1.78[a]	8.02±1.28[a]	8.04±1.60[a]	7.98±1.20[a]
T1	7.24±1.82[ab]	7.40±1.70[a]	7.40±1.65[b]	6.64±1.80[b]	6.96±1.61[ab]
T2	6.76±1.82[b]	6.62±1.87[b]	5.76±1.99[c]	5.70±1.75[c]	5.94±1.69[c]
T3	6.78±1.85[ab]	6.34±1.97[b]	5.80±2.20[c]	5.58±1.62[c]	5.32±1.73[c]
T4	7.62±1.29[ab]	7.50±1.60[a]	7.74±1.32[a]	7.98±1.28[a]	7.90±1.14[a]
T5	7.38±2.10[ab]	7.42±1.48[a]	7.60±1.64[a]	7.06±1.80[b]	7.36±1.65[ab]
T6	7.08±2.24[ab]	7.00±1.97[ab]	7.48±1.60[b]	7.22±1.77[b]	7.44±1.48[ab]

[a-c] Means within the same column with different letters are significant difference ($p \leq 0.05$), control = Khanom Thien from glutinous rice flour.

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก พบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอยู่ในระดับชอบมาก ในขณะที่คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส มีค่าลดลง แต่ยังคงอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกในการผลิตขนมเทียนเพิ่มขึ้น ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในคะแนนความชอบระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูงกว่าการใช้แป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ผ่านการเพาะงอก และยังคงมีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับขนมเทียนสูตรพื้นฐานด้วย ดังนั้นการผลิตขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคสามารถนำไปใช้ได้

3. ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของขนมเทียนที่พัฒนาได้

จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่พัฒนาได้และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน แสดงดัง Table 5 พบว่า ค่า a_w ของแป้งขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก (T1) เท่ากับ 0.93 และไม่ผ่านการเพาะงอก (T4) เท่ากับ 0.95 จัดอยู่ในกลุ่มของอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากมีค่า a_w ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ คือ 0.86-0.97 (รังสินี, 2553) เมื่อพิจารณาปริมาณสารกาบ้า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานิน พบว่า แป้งขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกมีปริมาณสารกาบ้าสูงที่สุด เนื่องจากกระบวนการงอกจะส่งผลให้ข้าวสามารถสังเคราะห์สารกาบ้า การเพิ่มขึ้นของสารกาบ้าเกิดจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชันในระหว่างการงอกของข้าว โดยอาศัยเอนไซม์กลูตาเมทดีคาร์บอกซิเลส สังเคราะห์กรดกลูตามิคเป็นสารกาบ้า ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่พัฒนาได้ มีปริมาณสารกาบ้า เท่ากับ 35.10 มิลลิกรัม ต่อ แป้ง 100 กรัม ซึ่งมากกว่าขนมเทียนสูตรพื้นฐาน 1.55 เท่า โดยขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่พัฒนาได้ 1 ชิ้น ประกอบด้วยแป้ง 20 กรัม จะมีปริมาณสารกาบ้าเท่ากับ 7.02 มิลลิกรัม ซึ่งปริมาณการได้รับสารกาบ้าที่สามารถออกฤทธิ์ในระบบประสาท ช่วยให้เกิดการผ่อนคลาย คือ 20-30 มิลลิกรัม (Nakamura *et al.*, 2009) ดังนั้น หากบริโภคขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกจำนวน 3 ชิ้น ก็จะได้รับปริมาณสารกาบ้าที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ส่วนสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากเอมไซม์กลูโคซิเดสที่สร้างขึ้นจากกระบวนการงอกของข้าวทำหน้าที่เป็นสารคะตะไลซ์ ในการสร้างสารประกอบฟีนอลิก (วรัมพร และคณะ, 2555) ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินนั้น พบว่าแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่ใช้เป็นวัตถุดิบนี้ มีปริมาณแอนโทไซยานิน (2.45 มิลลิกรัม ต่อ แป้ง 100 กรัม) น้อยกว่าแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกถึง 5.42 เท่า (13.28 มิลลิกรัม ต่อ แป้ง 100 กรัม) เนื่องจากแอนโทไซยานินสามารถละลายได้ดีในน้ำ (พัชราภรณ์ และคณะ, 2556) จึงมีการสูญเสียไปกับน้ำในระหว่างการเพาะงอกและในระหว่างการแปรรูปด้วยการนึ่งขนมเทียนก็ส่งผลให้แอนโทไซยานินลดลงด้วย อีกทั้งปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่ใส่ลงในขนมเทียนมีปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 10 จึงเป็นผลให้ไม่พบแอนโทไซยานินในแป้งขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก

Table 5 Quality of developed Khanom Thien from Luem Pua glutinous rice flour

Quality	Khanom Thien dough (100 g)		
	GLPF (T1)	NGLPF (T4)	Control
a_w	0.93±0.00^c	0.95±0.00^b	0.96±0.00^a
GABA (mg/100g sample dry basis)	35.10±1.02^a	26.46±0.43^b	22.58±0.33^c
Anthocyanin (mg/100g sample dry basis)	nd	1.32±0.19	nd
Total phenolic (mg GAE/100g sample dry basis)	59.74±0.74^a	43.22±-3.09^b	6.84±0.38^c

$^{a-c}$ Means within the same row with different letters are significant difference ($p \leq 0.05$), nd = Not detected (Less than 0.05 mg/100g sample dry basis), GLPF = Germinated Luem Pua glutinous rice flour, NGLPF = Non Germinated Luem Pua glutinous rice flour, Control = Glutinous rice flour, GAE = Gallic acid equivalent.

สรุป

ชนิดและปริมาณของแป้งข้าวเหนียวลืมผัว มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของขนมเทียน โดยเมื่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง และคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยขนมเทียนที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอก ร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอกที่พัฒนาได้มีปริมาณสารกาบ้า และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด ในขณะที่แอนโทไซยานิน พบเฉพาะในขนมเทียนจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกเพียงอย่างเดียว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำแป้งข้าวเหนียวลืมผัวงอก และไม่ผ่านการเพาะงอกมาใช้ประโยชน์ในการผลิตขนมเทียนที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสารกาบ้า แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ขนมเทียน และเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ และเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการผลิตขนมชนิดอื่นจากแป้งข้าวเหนียวลืมผัวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ โสวะพันธ์, กมลวรรณ แจ้งชัด และ พัชรี ตั้งตระกูล. 2554. ผลของสภาพการงอกต่อสมบัติความหนืดและปริมาณ GABA ของแป้งข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือก, น. 408-415. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนิษฎา วงศ์บาสก์. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทนึ่งจากแป้งข้าวเหนียวกล้องงอกไส้ถั่วกวนผสมสตอเบอร์รี่กวน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนา จันทร์ปิ่นเพชร. 2550. **ขนมเข่ง ขนมเทียน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.

นงนุช วงศ์สินชวน. 2555. การเพาะข้าวกล้องงอก. **วารสารรูสมิแล** 33 (2): 57-62.

พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2556. สารประกอบฟีนอลิก แอน โทไซยานินและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก. **ว. วิทย์. กษ.** 44 (2) (พิเศษ) : 441-444.

พุดน้ำบุตย์. 2552. **รวมสูตรขนมไทย**. สำนักพิมพ์ไทยควอลิตี้บุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. 2555. **การพัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีและแป้งข้าวเหนียว.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มณี พยอมยงค์. 2548. **ประเพณีสิบสองเดือนล้านนาไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์ทรัพย์การพิมพ์, เชียงใหม่.

มยุรี เจียมหยิน. 2537. **ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของแป้งขนมเทียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รังสินี โสธรวิทย์. 2553. **เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัมภา ศิริวงศ์. 2552. **ขนมไทย เล่ม 2**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ดวงกลม, กรุงเทพฯ.

วชิรพงศ์ เยาว์ฤทธิกร, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และ อบเชย วงศ์ทอง. 2559. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวเหนียวลืมผัวงอกจากระยะเวลาการงอกและระยะเวลาการเก็บรักษา

ข้าวเปลือกแตกต่างกัน, น. 334-340. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วรัมพร วงศ์สุดิน, พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก. **ว. วิทย์. กษ.** 43 (2): 553-556.

ศุรัฐนันท์ คงวรรณ, กมลวรรณ แจ้งชัด และ พัชรี ตั้งตระกูล. 2554. ผลของสภาพการงอกต่อสมบัติความหนืดและปริมาณ GABA ของแป้งข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวกล้อง, น. 210-217. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศศิธร วรรณมหินทร์. 2555. **ผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นสด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อรัญญา อำไพจิตร์. 2552. **การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Chalermchaiwat, P., K. Jangchud, A. Jangchud, C. Charunuch and W. Prinyawiwatkul. 2015. Antioxidant activity, free gamma-aminobutyric acid content, selected physical properties and consumer acceptance of germinated brown rice extrudates as affected by extrusion process. **LWT - Food Science and Technology** 64 (1): 490-496.

Donkor, O., N. Stojanovska, L. Ginn, P. Ashton and J. Vasiljevic. 2012. Germinated grains - Sources of bioactive compounds. **Food Chem.** 135 (3): 950–959.

Kim, S.Y., H.J. Park and S.J. Byun. 2004. **Method for preparing germinated brown rice having Improved texture and cook ability without microbial contamination and Germinated brown rice obtained therefrom**, United State Patent No.US 2004/0105921 A1.

Lee, J., R. Durst and R. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. **J. AOAC Int.** 88 (5): 1269-1278.

Nakamura, H., T.Takishima, T. Kometani and H. Yokogoshi. 2009. Psychological stress- reducing effect of chocolate enriched with gamma-aminobutyric acid (GABA) in humans: assessment of stress using heart rate variability and salivary chromogranin A. **Int J Food Sci Nutr** 60 (5): 106-113.

Varanyanond, W., P. Tungtrakul. V. Surojanametakul. L. Watanasiritham and W. Luxang. 2005. Effects of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. **Kasetsart J. Nat. Sci.** 39: 411-415.

การใช้อินนูลินเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัด
The Use of Inulin as Fat Replacer in Salad Dressing

พนิตตา ภาคภูมิ[1] ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์[2] และ ศรชัย สินสุวรรณ[3*]
Panitta Parkpoom[1] Parisut Chalermchaiwat[2] and Sornchai Sinsuwan[3*]

บทคัดย่อ

อินนูลินเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ประเภทหนึ่งที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในการเกิดเจลและให้ความข้นหนืด การศึกษานี้ได้เตรียมตัวอย่างน้ำสลัดลดไขมัน (RFS) ที่เติมอินนูลิน ณ ระดับความเข้มข้นต่างๆ (ร้อยละ 10,12.5,15,17.5 และ 20) โดยลดไขมันในสูตรลงร้อยละ 50 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติกายภาพ-เคมี ค่าเนื้อสัมผัส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส จากการ ศึกษาพบว่า เมื่อความเข้มข้นของอินนูลินเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าความหนืด และด้านเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ ค่าความคงตัว และค่าพลังงานยึดเกาะของอาหาร) ของตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมัน มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของอินนูลินที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่างสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 ได้รับการยอมรับ โดยมีคะแนนความชอบในด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 กับสูตรควบคุม พบว่าสามารถลดพลังงานได้ถึงร้อยละ 30 งานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอินนูลินมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดได้

ABSTRACT

Inulin is a nondigestible polysaccharide with useful effects on human health and also has the functional properties in gelling and thickening. The physicochemical, textural properties and sensory characteristics of reduced-fat salad dressing (RFS) in the presence of inulin at various concentrations (10, 12.5, 15, 17.5, and 20%) and 50% of oil reduction in the formulas were investigated. A decrease in brightness (L*) and increases in redness (a*) and yellowness (b*) with increasing inulin concentrations ($p<0.05$) were observed. Viscosity and textural properties (firmness, consistency, and cohesiveness) of RFS were significantly increased when an addition of inulin increased ($p<0.05$). Sensory evaluation exhibited that RFS substituted with 17.5% inulin was accepted with the highest score of color, taste, and overall liking. The energy value of RTS containing 17.5% inulin reduced by 30%, compared to that of full-fat salad dressing. This study showed potential for inulin to be used as a fat replacer in salad dressings.

Key Words: inulin, fat replacer, salad dressing

*Corresponding author; e-mail address: sornchai.sin@stou.ac.th

[1]บัณฑิตศึกษาหลักสูตรการจัดการระบบอาหารเพื่อโภชนาการ สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[1]Graduate student in Food System Management for Nutrition, School of Human Ecology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

[2]สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2]Food and Nutrition Program, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[3]สาขาวิชามนุษยนิเวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

[3]School of Human Ecology, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120

คำนำ

สลัดเป็นอาหารสุขภาพประเภทหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือ ผักผลไม้ และธัญพืชซึ่งมีวิตามินไฟเบอร์สูงและให้พลังงานต่ำ แต่น้ำสลัดที่นิยมนำมาบริโภคคู่กัน โดยเฉพาะประเภทน้ำสลัดครีม จะมีส่วนประกอบของไขมันในปริมาณสูงซึ่งจากการสำรวจน้ำสลัดครีมสูตรการค้า พบว่า ใน 1 ช้อนโต๊ะ (15 กรัม) มีปริมาณไขมันร้อยละ 53 - 55 และให้พลังงานสูงถึง 85 - 90 กิโลแคลอรี่ (มีพลังงานจากไขมัน 70 - 75 กิโลแคลอรี่) (ปัจจยา และคณะ, 2557) หากรับประทานเป็นประจำอาจทำให้ร่างกายได้รับไขมันในปริมาณที่มากเกินความเหมาะสม ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูงเป็นต้น ด้วยสาเหตุนี้จึงมีการศึกษาวิจัยการนำสารทดแทนไขมันมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆมีปริมาณไขมันลดลงเป็นทางเลือกของผู้ที่รักสุขภาพและผู้ที่มีความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังต่างๆด้วย

อินนูลิน เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีลักษณะโมเลกุลของฟรุกโตสเชื่อมยาวต่อกันคล้ายกับ โอลิโกฟรุกโตส (Oligofuctose) แต่โอลิโกฟรุกโตสมีค่าโพลีเมอร์ (Degree of polymerization: DP) เท่ากับ 2 - 10 ในขณะที่อินนูลิน มีค่าโพลีเมอร์เท่ากับ 2 - 60 เป็นใยอาหารประเภทละลายในน้ำได้และให้พลังงานต่ำเพียง 1.5 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม และเนื่องจากคุณสมบัติของอินนูลินที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงทำให้สามารถผ่านไปจนถึงลำไส้ใหญ่เพื่อเป็นสารอาหารให้กับโพรไบโอติก (Probiotics) และทำให้โพรไบโอติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและลดแบคทีเรียที่เป็นพิษให้ลดลง สามารถป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ ช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุ ช่วยย่อยและสังเคราะห์วิตามิน เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (รัชนี, 2560) ปัจจุบัน ได้มีการนำอินนูลินมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้เป็นสารเสริมเพื่อประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น ไอศกรีม (Devereux, 2003) ไส้กรอก (วิจิตรา, 2553) และ โยเกิร์ต (Guggisberg *et al*., 2009) เป็นต้น แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม การพัฒนาน้ำสลัดครีมโดยใช้สารอินนูลินเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันนอกจากจะลดไขมันในสูตรลงยังเสริมสร้างประโยชน์และการทำงานของร่างกายในด้านอื่นๆอีก จึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกและเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างน้ำลัดสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน

เตรียมน้ำสลัดสูตรควบคุมซึ่งเป็นสูตรไขมันเต็ม ดัดแปลงวิธีการจาก Ma and Boye. (2013) มีส่วนประกอบ ดัง Table 1 ได้แก่ น้ำส้มสายชูกลั่น 5% ร้อยละ 14 น้ำตาลทราย ร้อยละ 18 เกลือป่น ร้อยละ 2 ไข่แดงของไข่ไก่ ร้อยละ 12 น้ำมันถั่วเหลือง ร้อยละ 54 การเตรียม เริ่มจากการนำส่วนผสมแห้งได้แก่ น้ำตาลทรายและเกลือ ผสมให้เข้ากันก่อน จึงเติมส่วนผสมของเหลวคือ น้ำส้มสายชูและน้ำ จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นน้ำมันถั่วเหลือง ปั่นผสมให้เข้ากัน (HR 2117, Philips,Thailand) โดยใช้ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 45 วินาที จากนั้นค่อยๆเทน้ำมันถั่วเหลืองใส่จนหมด ภายในเวลา 15 วินาที จึงเพิ่มความเร็วเป็น 5,300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที

การเตรียมตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันมีวิธีการเช่นเดียวกับตัวอย่างสูตรควบคุม ยกเว้นการเติมอินนูลินเพิ่มเข้าไปในส่วนผสมของแห้ง โดยใช้อินนูลินมาทดแทนไขมันในสูตรที่ความเข้มข้นร้อยละ 10, 12.5 , 15 , 17.5 และ 20 ตามลำดับ จากนั้นเก็บรักษาในภาชนะพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Table 1 Percentage recipes of salad dressing samples

Ingredient	Control[1]	Inulin				
		10%	12.5%	15%	17.5%	20%
Vinegar	14	14	14	14	14	14
Sugar	18	18	18	18	18	18
Salt	2	2	2	2	2	2
Egg yolk	12	12	12	12	12	12
Soybean Oil	54	27	27	27	27	27
Water	-	17	14.5	12	9.5	7
Inulin	-	10	12.5	15	17.5	20

[1] Full-fat salad dressing

การตรวจสอบคุณสมบัติด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส เคมีและจุลินทรีย์

ตรวจสอบคุณสมบัติด้านกายภาพตามวิธีการของ Bortnowska *et al.* (2014) ได้แก่ ค่าความหนืด (Visco Basic Plus, Switzerland) ค่าสี (ColorFlex, USA) ค่า pH (Seven compact, USA) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (Water activity: a_w) (Dew Point, Aqua Lab, USA) และค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyze, TA XT plus, UK)

ตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ 9 Point Hedonic Scale (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) เพื่อให้คะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ สี ความหนืด ความเนียนนุ่ม กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรในการทดลองโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS version 22

การวิเคราะห์องค์ประกอบด้านเคมี โดยนำผลการทดลองที่ได้ตัวอย่างน้ำสลัดที่ดีที่สุดและตัวอย่างสูตรควบคุมมาวิเคราะห์ค่าเคมี ได้แก่ค่าพลังงาน โดยวิธี In-house method TE-CH- 169 based on Compendium of Methods for Food Analysis (2003) และ ค่าความเป็นกรดโดยวิธี In-house method based on AOAC (2016) 942.15

การวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ การตรวจนับแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด โดยวิธี AOAC (2016) 2015.13 และ ยีสต์และรา โดยวิธี AOAC (2016) 997.02

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสี ค่าความหนืด ค่าpH ค่าa_w และค่าเนื้อสัมผัสของตัวอย่างน้ำสลัดสูตรควบคุม (ไขมันเต็ม) และสูตรลดไขมันลงที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ค่าสี (L*, a*, b*) ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำสลัดสูตรควบคุม กับตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลินร้อยละ 10 พบว่าอินนูลินมีผลต่อความสว่าง โดยสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 10 จะมีค่าความสว่าง (L*) มากกว่า แต่เมื่อเพิ่มปริมาณอินนูลินในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นจนถึงระดับร้อยละ 20 จะทำให้ค่าความสว่างลดลงตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับความเข้มข้นของอินนูลิน ซึ่งตัวอย่างน้ำสลัดสูตรเติมอินนูลินร้อยละ 17.5 มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำสลัดสูตรควบคุมที่สุด ($p > 0.05$) (Table 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณอินนูลินในน้ำสลัด มีผลต่อการลดลงของค่าความสว่าง แต่เพิ่มค่าความเป็นสีแดงและสีเหลือง แตกต่างจากการใช้ Guar gum ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่นิยมใช้ในมายองเนสและน้ำสลัด พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มค่าความสว่างและลดค่าความเป็นสีแดงและสีเหลือง (Golchoobi *et al*., 2016)

Table 2 Color values (L*, a*, and b*) of full-fat and reduced-fat salad dressings containing 10-20% inulin as a fat replacer at 50% fat replacement

Samples	Color Value		
	L*	a*	b*
Control	85.1±0.76^{c}	8.8±0.89^{bc}	31.8±2.73^{b}
Inulin 10%	88.0±0.57^{a}	7.8±1.10^{c}	27.4±1.34^{c}
Inulin 12.5%	87.5±0.59^{a}	8.0±1.09^{bc}	28.7±1.29^{c}
Inulin 15%	86.4±0.49^{b}	8.3±1.03^{bc}	31.8±2.17^{b}
Inulin 17.5%	84.7±0.47^{c}	9.5±1.30^{ab}	34.2±2.01^{b}
Inulin 20%	82.2±0.68^{d}	10.7±0.09^{a}	37.4±3.14^{a}

Different superscripted values in a column indicate significant differences ($p < 0.05$).

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลินร้อยละ 10 - 12.5 กับ ตัวอย่างน้ำสลัด สูตรควบคุม พบว่าค่าความหนืดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอินนูลินพบว่าค่าความหนืดของน้ำสลัดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณอินนูลิน (Table3) ซึ่งค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างสูตรควบคุมที่สุดคือตัวอย่างสูตรเติมอินนูลินร้อยละ 15 ($p>0.05$) สำหรับค่าa_w พบว่า ตัวอย่างสูตรควบคุม มีค่าน้อยกว่าสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลิน ($p <0.05$) และการเพิ่มปริมาณอินนูลินมีผลทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$) (Table3) ทั้งนี้เนื่องจากในส่วนผสมต้องใช้น้ำในการทำละลายอินนูลิน ซึ่งลดลงตามปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH ตัวอย่างสูตรลดไขมันลงทุกสูตรมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) (Table3) ซึ่งทุกตัวอย่างมีค่า pH ไม่เกิน 4.1 เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มายองเนสและสลัดครีม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540)

Table 3 Viscosity, water activity, and pH of full-fat and reduced-fat salad dressings containing 10-20% inulin as a fat replacer at 50% fat replacement

Samples	Viscosity (cPs) ($\times 10^3$)	a_w	pH
Control	742 ± 90^c	0.88 ± 0.00^e	3.84 ± 0.05^a
Inulin 10%	210 ± 25^e	0.93 ± 0.01^a	3.74 ± 0.02^c
Inulin 12.5%	342 ± 57^{de}	0.92 ± 0.00^a	3.75 ± 0.02^c
Inulin 15%	554 ± 106^{cd}	0.91 ± 0.00^b	3.75 ± 0.03^{bc}
Inulin 17.5%	1120 ± 147^b	0.90 ± 0.00^c	3.76 ± 0.02^{bc}
Inulin 20%	1440 ± 286^a	0.89 ± 0.00^d	3.80 ± 0.10^{ab}

Different superscripted values in a column indicate significant differences ($p < 0.05$).

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสดัง (Table4) พบว่า เมื่อเติมอินนูลินในตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความคงตัว (Consistency) และค่าพลังงานยึดเกาะของอาหาร (Cohesiveness) เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งค่าความคงตัวของตัวอย่างสูตรควบคุม มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างสูตรเติมอินนูลินที่ ร้อยละ15 และ 17.5 และ ค่าพลังงานยึดเกาะของอาหารตัวอย่างสูตรร้อยละ 15 มีค่าใกล้เคียงที่สุดกับตัวอย่างสูตรควบคุม ($p > 0.05$) เนื่องจากอินนูลิน มีความคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ดังนั้นเมื่อเติมปริมาณอินนูลินในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จึงทำให้อิมัลชันมีความคงตัวที่ดีมากขึ้น (สิรินดา และ คณะ, 2556)

Table 4 Texture analysis of full-fat and reduced-fat salad dressings containing 10-20% inulin as a fat replacer at 50% fat replacement

Samples	Firmness (g)	Consistency (g sec)	Cohesiveness (g)
Control	563.2 ± 50^d	24706.5 ± 1956^b	-366.0 ± 25^c
Inulin 10%	167.2 ± 6^f	7570.87 ± 394^d	-250.3 ± 7^e
Inulin 12.5%	340.9 ± 57^e	15363.0 ± 2275^c	-318.8 ± 36^d
Inulin 15%	674.4 ± 77^c	28017.8 ± 2358^b	-406.4 ± 59^{bc}
Inulin 17.5%	819.0 ± 130^b	27870.0 ± 9064^b	-478.0 ± 33^a
Inulin 20%	1323.8 ± 97^a	52845.7 ± 4607^a	-417.3 ± 49^b

Different superscripted values in a column indicate significant differences ($p < 0.05$).

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับจากผู้บริโภคพบว่าผู้ชิมให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของน้ำสลัดลดไขมันสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 10 น้อยที่สุด และการเพิ่มปริมาณอินนูลินมีแนวโน้มเพิ่มคะแนนความชอบของผู้ชิม แต่การเติมอินนูลินที่ปริมาณร้อยละ 20 มีแนวโน้มมีค่าคะแนน

ความชอบลดลง (Figure1) โดยตัวอย่างน้ำสลัดลดไขมันสูตรที่เติมอินนูลิน ร้อยละ 17.5 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ที่คะแนน 7.31 ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง และตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลินร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบในทุกด้านน้อยที่สุด (Figure1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rueangwatcharin and Wichienchot (2014) ซึ่งได้ศึกษาการเติมอินนูลินลงในปลาทูน่ากระป๋องในน้ำสลัดครีม พบว่า ระดับความเข้มข้นของอินนูลิน มีผลทำให้คะแนนความชอบด้าน สี รส ความหวาน และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($p > 0.05$)

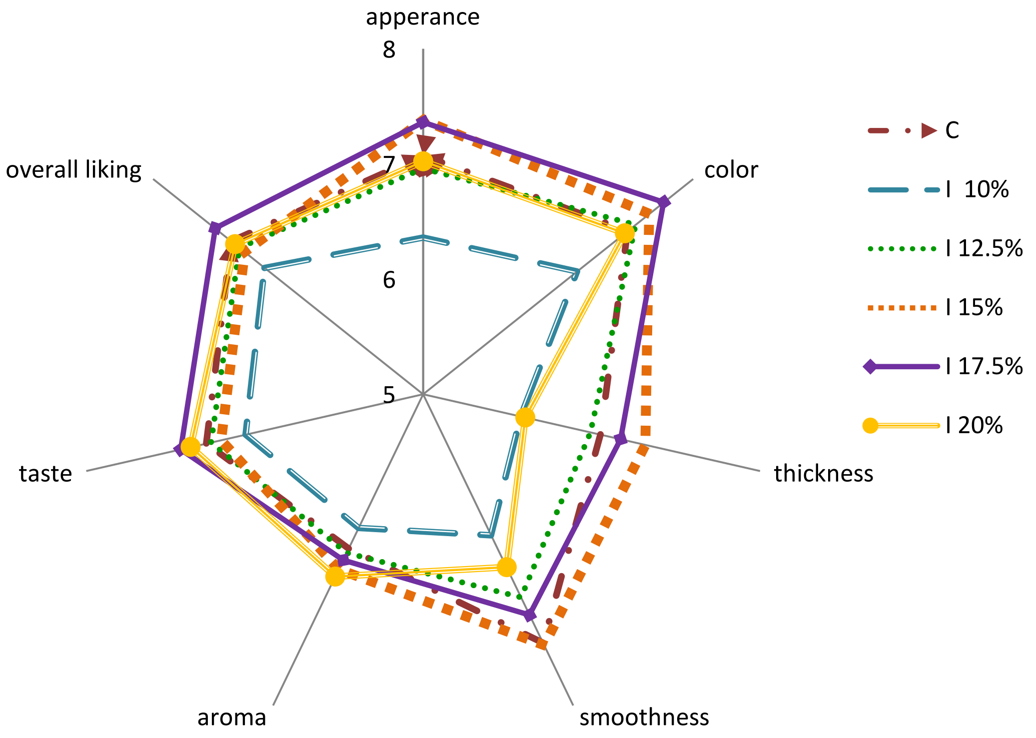


Figure 1 Sensory evaluation of salad dressing samples

ค่าพลังงาน ค่ากรด และจุลินทรีย์ของตัวอย่างสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้เลือกตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 เนื่องจากมีคะแนนจากผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมที่สุด และมีคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เพื่อวิเคราะห์ค่าพลังงาน ค่ากรด และปริมาณจุลินทรีย์ พบว่าตัวอย่างน้ำสลัดสูตรควบคุมและที่เติมอินนูลินมีค่าความเป็นกรดใกล้เคียงกัน แต่ค่าพลังงานของตัวอย่างน้ำสลัดสูตรลดไขมันที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 คิดเป็นร้อยละ 71 ของตัวอย่างน้ำสลัดสูตรควบคุม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรา ของน้ำสลัดสูตรควบคุมและที่เติมอินนูลินมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดที่ระบุให้มีค่าไม่เกิน 1,000 cfu/g และ 10 cfu/g ตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2540) (Table 5)

Table 5 Chemical and microbiological analyses of full-fat and reduced-fat salad dressings containing 17.5% inulin

Characteristics	Control	Inulin 17.5
Calories	605.93 Kcal/100g	430.49 Kcal/100g
Total acidity	0.69 g/100g	0.71 g/100g
Total viable plate count	n.d.	n.d.
Yeast and mold	6.30 cfu/g	4.50 cfu/g

n.d. means not detected

สรุป

การเติมอินนูลินในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด พบว่ามีผลลดค่าความสว่างและเพิ่มค่าความเป็นสีแดงและสีเหลือง ส่วนค่าความหนืด ค่า Firmness Consistency และ Cohesiveness มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณอินนูลิน ตัวอย่างน้ำสลัดลดไขมันสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส และการยอมรับจากผู้บริโภคในเกณฑ์ดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ค่าพลังงาน พบว่า ตัวอย่างน้ำสลัดสูตรที่เติมอินนูลินร้อยละ 17.5 สามารถลดค่าพลังงานลงประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (สูตรไขมันเต็ม) ทั้งนี้ค่า pH ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเป็นไปตามที่มาตรฐานอาหารกำหนด แสดงให้เห็นว่า อินนูลินสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการดำเนินการวิจัย และคุณวัลลภา โพธาสินธ์ นักวิทยาศาสตร์ประจำภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่งในการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพแก่ผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

ปัจจยา ตันติวีรสุต, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์, ฉัตรภา หัตถโกศล และ พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์ปัญญากุล . 2557. ผลของการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่พรีเจลาทิไนซ์เพื่อลดไขมันในน้ำ สลัด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (พิเศษ)** 45 (2): 125-128.

รัชนี พุทธา. 2560. มารู้จักอินนูลิน(inulin)ในบทบาทพรีไบโอติก(prebiotic) กันเถอะ. **บทความวิชาการคณะเทคโนโลยีการเกษตร** 2 (1).

วิจิตรา แดงปรก . 2553. การใช้อินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ . **วารสารอาหาร** 40 (1): 37-40.

สิรินดา กุสุมภ์, จินดาวรรณ สิรันทวิเนติ และ วิน เชยชมศรี. 2556. **การพัฒนาไส้กรอกไขมันต่ำเสริมใย**

อาหารที่มีสารยับยั้งเอนไซม์แองจิโอเทนซินคอนเวอร์ตติงเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อสุขภาพจากเลือดจระเข้ไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2540. **มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มายองเนสและสลัดครีม.** มอก. 1402-2540.

AOAC. 2016. **Office Method of Analysis.** 20th ed. Association of Official Analytical Chemists. VA. U.S.A.

Bortnowska,G., Balejko, J.,Schube, V.,Tokarczyk, G.,Krzeminska, N and Mojka, K. 2014. Stability and physicochemical properties of model salad dressings prepared with pregelatinized potato starch.**Carbohydrate Polymers** 111: 624-632.

Krom Witthayasat Kanpaht. 2003. **Compendium of Methods for Food Analysis.** 1st ed. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Thailand.

Devereux, H.M., G.P. Jones., L. McCormack and W.C. Hunter. 2003. Consumer Acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. **Journal of Food Science** 68: 1850-1854.

Golchoobi, L., Alimi, M., Shokoohi, S and Yousefi, H. 2016. Interaction between nanofibrillated cellulose with guar gum and carboxyl methyl cellulose in low-fat mayonnaise. **Journal of Texture Studies** 47: 403-412.

Guggisberg, D., J. Cuthbert-Steven., P. Piccinali., U. Butikofer and P. Eberhard. 2009. Rheologcial microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. **International Dairy Journal** 19: 107-115.

Rueangwatcharin, U., Wichienchot , S. 2014. Development of functional canned and pouched tuna products added inulin for commercial production. **Journal of Food Science and Technology** 52: 5093-5101.

Zhen Ma., Joyce I, Boye. 2013. Advances in the Design and Production of Reduced-Fat and Reduced-Cholesterol Salad Dressing and Mayonnaise: A Review. **Food and Bioprocess Technology** 6: 648-670.

คุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมภายหลังการปรับปรุงคุณภาพสีแดงจากน้ำครั่ง

The Quality of 'Nham' Product after Improvement of Red Color with Lac Dye

<u>ทิพย์มนต์ ใยเกษ</u>[1*] วิรัตน์ สุมน[1] และณัฏยาพร สุมน[1]

<u>Tipmon Yaigate</u>[1*], Wirat Sumon[1] and Natayapon Sumon[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมจากเนื้อสุกรภายหลังการปรับปรุงคุณภาพสีแดงของแหนมจากน้ำครั่ง โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 สูตรควบคุม (ไม่เติมโซเดียมไนไตร์ทและน้ำครั่ง) กลุ่มทดลองที่ 2 ใส่โซเดียมไนไตร์ท 0.2 %ของเนื้อ กลุ่มทดลองที่ 3 ใส่น้ำครั่ง 1.5 % ของเนื้อ กลุ่มทดลองที่ 4 ใส่น้ำครั่ง 2.0 % ของเนื้อ ผลการทดลองพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแหนมโดยเฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 10 ในกลุ่มที่ 1 2 3 และ 4 มีค่า 5.65 5.79 5.61 5.64 ตามลำดับ ลักษณะสีภายนอกของผลิตภัณฑ์แหนมกลุ่มที่ 4 มีแนวโน้มสีแดงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม 2 และ3 (P<0.1) ลักษณะสีภายในของผลิตภัณฑ์ กลุ่มที่ 3 มีสีแดงกว่า กลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) การตรวจหา Yeast & Mold (cfu/g) และ *Escherichia coli* (cfu/g) ภายหลังการผลิตวันที่ 3 และวันที่ 7 พบในทั้ง 4 กลุ่ม ส่วน *Clostridium perfringens* /0.1g ตรวจพบในแหนมกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 หลังการผลิต 7 วัน การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค พบว่า กลุ่มที่ 3 มีระดับคะแนนของกลิ่นดีที่สุด (P<0.05) มีระดับคะแนนของความเปรี้ยวมากที่สุด (P<0.01) ความพอใจโดยรวม พบว่า แหนมกลุ่มทดลองที่ 3 มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

คำสำคัญ: แหนม โซเดียมไนไตรท์ (ผงเพรก) น้ำครั่ง

ABSTRACT

The qualities of 'Nham' product were investigated after improvement of red color with Lac dye. There were four groups of the experiment; 1 = Control (without sodium nitrite and Lac dye), 2 = sodium nitrite 0.2 % of meat, 3 = Lac dye 1.5 % of meat, 4 = Lac dye 2.0 % of meat. The results showed that pH of Nham form day 1 to 10 of group 1, 2, 3 and 4 were 5.65, 5.79, 5.61, and 5.64, respectively. The outside red color of product group 4 was red more than control but there was not different form group 2 and 3 (P<0.1). The inner red color of group 3 was red more than control and group 2, significantly (P<0.05). Yeast & Mold (cfu/g) and *Escherichia coli* (cfu/g) were found in all groups. *Clostridium perfringens* was found in group 1, 3, and 4. The sensory evaluation showed that group 3 had the highest score in flavor (P<0.05), sourness (P<0.01) and overall satisfaction (P≤0.01).

Key words: Nham, sodium-nitrite, lac dye

* Corresponding author; e-mail address: **swktmy@ku.ac.th**

[1]สถานีวิจัยทับกวาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดสระบุรี 18260

[1]Tubkwang Research Station, Kasetsart University, Saraburi 18260

คำนำ

ประมาณ 2,000 - 3,000 ปีที่แล้วชาวจีนและชาวอินเดียได้รู้จักนำครั่งมาใช้ประโยชน์ ครั้งแรกที่มนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์จากครั่งนั้น เข้าใจว่าสีแดงในตัวครั่งที่มีลักษณะคล้ายโลหิตมนุษย์นั้นเป็นยาบำรุงโลหิตได้ดี จึงเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งในสมัยโบราณ ในประเทศไทยได้มีการเพาะเลี้ยงครั่งแล้วนำมาใช้ประโยชน์หลายประการ ครั่ง(*Coccus laccae*) เป็นแมลงคล้ายไร มีชื่อทั่วไป คือ ครั่งตุ้น ครั่งดิบ อยู่ในวงศ์ Lacciferidea อันดับ Wemiplear มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Laccifer Lacca Kerr* (พิสมัย,2535) ผลผลิตที่ได้เรียกว่า ครั่งดิบ(Stick Lac) มี 2 ลักษณะ(อาทร, 2506) คือ ครั่งสด เป็นครั่งดิบเมื่อกะเทาะดูจะพบน้ำเมือกสีแดงหรือที่เรียกว่า เลือดครั่ง (Blood Lac) ซึ่งประกอบด้วยตัวครั่งและไข่ที่ยังไม่ฟักตัว และครั่งแห้ง เป็นครั่งดิบที่ได้ผ่านการตากหรือเก็บรักษาจนน้ำเมือกสีแดงแห้งแล้ว การใช้สีแดงจากครั่งนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้วัตถุเจือปนอาหาร(Food Additive) โดยเฉพาะการใช้ส่วนผสมโซเดียมไนไตรท์ ทำให้แหนมมีความปลอดภัยในการรับประทานอาหารมากยิ่งขึ้น การศึกษาการใช้น้ำครั่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้น วิรัตน์และคณะ (2550) ได้ศึกษาการใช้สีจากน้ำครั่งปริมาณ 60 มิลลิลิตรทดแทนส่วนผสมโซเดียมไนไตรท์ (Sodium nitrite mixture) ปริมาณ 5 กรัมในสูตรกุนเชียง ตลอดระยะเวลา 60 วัน พบว่า ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* และ *Bacillus aureus* และYeast and Mold ไม่เกินมาตรฐานกำหนด แต่กุนเชียงที่ผสมน้ำครั่ง พบว่า มีค่าจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count; cfu/g) เกินกว่ามาตรฐานกำหนดตั้งแต่วันแรกของการผลิต ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า ความพอใจโดยรวมกุนเชียงที่ใช้ส่วนผสมโซเดียมไนไตรท์สูงกว่ากุนเชียงที่ผสมน้ำครั่ง การศึกษาดังกล่าว เป็นการเริ่มต้นใช้สารสกัดจากครั่งดิบในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาทางด้านกายภาพ เชื้อจุลินทรีย์ คุณค่าทางโภชนาการ ของผลิตภัณฑ์แหนมที่ปรับปรุงคุณภาพสีแดงจากน้ำครั่ง
2. ศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Body and Texture) กลิ่นและรสเปรี้ยว (Flavor) ความฉ่ำน้ำ (Juiciness) และความพอใจโดยรวม (Overall Satisfaction)

วิธีวิจัย

น้ำครั่ง

บดครั่งดิบให้ละเอียด กรองด้วยตะแกรง 2 มิลลิเมตร จำนวน 50 กรัม ต้มในน้ำปริมาณ 600 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ได้น้ำครั่งที่ปริมาณ 250 มิลลิลิตร กรองน้ำครั่งด้วยผ้าขาวบาง เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

สูตรทดลองและวิธีการแปรรูปแหนม

วิรัตน์ และณัฏยาพร (2550) เนื้อสะโพก ร้อยละ 59.77 หนังหมู ร้อยละ 29.89 กระเทียม ร้อยละ 4.78 ข้าวเหนียวสุก ร้อยละ 2.99 เกลือป่น ร้อยละ 1.79 น้ำตาลทราย ร้อยละ 0.60 และฟอสเฟต ร้อยละ 0.18 วิธีการแปรรูปแหนม นำเนื้อสะโพกแช่ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง บดด้วยเครื่องขนาดรังผึ้ง 6 มิลลิเมตร จำนวน 1 ครั้ง กรองน้ำในเนื้อหมูบดประมาณ 2 ชั่วโมง หนังหมูหั่นเป็นชิ้นบางๆ ผึ่งลมประมาณ 2 ชั่วโมง ผสมเนื้อหมูกับส่วนผสมใช้เวลา 5 นาที บรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 70 กรัม เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติ หมักนาน 24 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ไม่เติมโซเดียมไนไตรท์ และน้ำครั่ง
กลุ่มที่ 2 เติมโซเดียมไนไตรท์ 0.2 % ของน้ำหนักเนื้อแดง
กลุ่มที่ 3 เติมน้ำครั่ง 1.5 % ของน้ำหนักเนื้อแดง
กลุ่มที่ 4 เติมน้ำครั่ง 2.0 % ของน้ำหนักเนื้อแดง

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้ค่าสถิติ Duncan's Multiple Range Test

การวิเคราะห์คุณภาพแหนม

ด้านเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแหนม ระยะเวลา 10 วัน

ด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีภายนอกและภายในของแหนม วันที่ 3 ภายหลังการผลิต โดยวิธี Colorimeter (Minolta Colorimeter CR 300, Japan)

จุลินทรีย์ ภายหลังการผลิตวันที่ 3 และวันที่ 7 ได้แก่ Yeast and Mold, cfu/g *Salmonella Escherichia coli*, cfu/g *Staphylococcus aureus*, MPN/g *Clostridium perfringens* /0.1g และ Total Plate Count, cfu/g

องค์ประกอบทางโภชนาการ วิเคราะห์ฉลากโภชนาการ โดยวิธีการ Thai Compendium of methods for food analysis, 1st ed. 2003: Acc = ISO/IEC 11025 Accredited

ตรวจหาพยาธิ ภายหลังการผลิตวันที่ 3 ได้แก่ พยาธิทริคิเนลลา สไปราลิส (Trichinella spiralis) ตัวอ่อนพยาธิตืดหมู (Cysticercus cellulosae) และพยาธิตัวตืด (Gnathostoma spinigerum)

การตรวจชิม ภายหลังการผลิตวันที่ 3 ประเมินลักษณะเนื้อสัมผัส (Body & Texture) กลิ่นและรสเปรี้ยว (Flavor) ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) ความชุ่มฉ่ำ (Juiciness) และความพอใจโดยรวม (Overall satisfaction) คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก = 5 ดี = 4 เฉยๆ = 3 ค่อนข้างไม่ดี = 2 และไม่ดี = 1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแหนม

เก็บแหนมไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแหนม พบว่า ภายหลังการเก็บแหนมระยะ 10 วัน ค่าเฉลี่ย pH ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มน้ำครั่งมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน คือ 5.79 – 5.65 (ตารางที่ 1)

ค่า pH แหนมของทุกกลุ่มทดลอง มีค่าความเป็นกรด - ด่างไม่ได้ตามมาตรฐาน มผช.145-2546 ที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง 4.6 ปรมากรณ์และคณะ (2553) ได้กล่าวว่า การเติมกล้าเชื้อ *Lactobacillus lactis* ssp. *Lactis* P2 และ Sb2 หรือกล้าเชื้อทางการค้า เช่น Pacovis RCI – 47 เพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้แหนมมีรสเปรี้ยวมากขึ้นและมีความปลอดภัย

Table 1 The pH of Nham product average from day 1 to 10.

Treatments	pH									
Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control	6.14	5.90	5.65	5.50	5.50	5.57	5.59	5.57	5.49	5.66
0.2% Sodium Nitrite	6.36	6.18	5.75	5.53	5.70	5.74	5.81	5.59	5.51	5.75
1.5% Lac dye	6.10	5.88	5.57	5.79	5.58	5.40	5.53	5.49	5.36	5.49
2% Lac dye	6.12	5.72	5.60	5.68	5.64	5.54	5.54	5.64	5.52	5.44

2. ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

2.1 ค่าสีภายนอกของแหนม

การวิเคราะห์สี พบว่า ค่าสีในรูปค่า L* ที่ปรากฏอยู่ภายนอกของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มที่ 4 มีค่าสีในรูปค่า L* ที่ปรากฏอยู่ภายนอกของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมากที่สุดเท่ากับ 54.40 ส่วนค่าสีในรูปค่า a* ที่ปรากฏอยู่ภายนอกของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมีแนวโน้มแตกต่างกัน โดยแหนมกลุ่มที่ 4 มีแนวโน้มสีแดงมากกว่ากลุ่มควบคุม และค่าสีในรูปค่า b* ที่ปรากฏอยู่ภายนอกของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมของกลุ่มที่ 3 และ 4 (4.25 และ 4.33 ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 (2.66 และ 2.07 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 The surface color of Nham product after red color was improved with Lac dye.

Color Characteristics	Treatment				Pr>F
	Control	0.2% Sodium Nitrite	1.5% Lac dye	2% Lac dye	
L*	48.88 ± 2.45^{c}	49.80 ± 4.02^{bc}	52.84 ± 1.85^{ab}	54.40 ± 2.13^{a}	0.0075
a*	6.73 ± 1.68^{b}	7.42 ± 1.56^{ab}	7.92 ± 1.68^{ab}	8.86 ± 0.57^{a}	0.1111
b*	2.66 ± 0.99^{b}	2.07 ± 1.64^{b}	4.25 ± 0.84^{a}	4.33 ± 0.53^{a}	0.0027

L* = lightness; L* = 0 is dark, L* = 100 is light

a* = redness; a* positive value is red, a* negative value is green

b* = yellowness; b* positive value is yellow, b* negative value is blue

2.2 ค่าสีภายในของแหนม

ค่าสี ในรูปค่า L* ที่ปรากฏอยู่ภายในของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มที่ 3 มีค่าสีในรูปค่า L* ที่ปรากฏอยู่ภายในของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมากที่สุดเท่ากับ 53.39

ส่วนค่าสีในรูปค่า a* ที่ปรากฏอยู่ภายในของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 3 มีค่าสีในรูปค่า a* ที่ปรากฏอยู่ภายในของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมากที่สุดเท่ากับ 10.92 และค่าสีในรูปค่า b* ที่ปรากฏอยู่ภายในเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 3 มีค่าสีในรูปค่า b* ที่ปรากฏอยู่ภายในของเนื้อผลิตภัณฑ์แหนมมากที่สุดเท่ากับ 3.86 ดังแสดงในตารางที่ 3

Table 3 The inner color of Nham product after red color was improved with Lac dye.

Color Characteristics	Treatment				Pr>F
	Control	0.2% Sodium Nitrite	1.5% Lac dye	2% Lac dye	
L*	49.86±0.51^{c}	50.82 ±2.04^{bc}	53.39±1.35^{a}	52.92 ±2.63^{ab}	0.0084
a*	8.41±0.65^{c}	9.23 ±0.96^{bc}	10.92 ±1.16^{a}	10.04 ±1.20^{ab}	0.0025
b*	1.77±0.80^{c}	2.75 ±0.79^{bc}	3.86 ±0.88^{a}	3.59 ±0.83^{ab}	0.0012

L* = lightness; L* = 0 is dark, L* = 100 is light

a* = redness; a* positive value is red, a* negative value is green

b* = yellowness; b* positive value is yellow, b* negative value is blue

3. ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.1 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แหนม: มผช.145 – 2546

3.1.1 ผลการวิเคราะห์เชื้อ Total Plate Count, cfu/g Yeast & Mold, cfu/g และ*Escherichia coli*, cfu/g ในแหนม ภายหลังการผลิตวันที่ 3 และวันที่ 7 พบว่า มีจำนวนเชื้อเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

3.1.2 ผลการวิเคราะห์เชื้อ *Clostridium perfringens* /0.1g ในแหนม ภายหลังการผลิต วันที่ 7 พบว่า มีปริมาณเชื้อเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

3.1.3 ผลการวิเคราะห์เชื้อ Salmonella spp. และ*Staphylococcus aureus*ในแหนม ภายหลังการผลิตวันที่ 3 และวันที่ 7 พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองไม่พบเชื้อ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน

4. ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของแหนม จากตัวอย่าง 100 กรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2541) พบว่า มีไขมันทั้งหมด 1.75 กรัม ไขมันอิ่มตัว 0.66 กรัม และโคเลสเตอร์รอล 35.46 มิลลิกรัม สารอาหาร 3 ชนิดนั้นมีปริมาณไม่เกินตามข้อมูลโภชนาการ (ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร, 2553)

5. ผลการตรวจหาพยาธิ

ผลการวิเคราะห์ในตัวอย่าง 100 กรัม ไม่พบพยาธิทริคิเนลลา สไปราลิส (Trichinella spiralis) ไม่พบตัวอ่อนพยาธิตืดหมู (Cysticercus cellulosae) และไม่พบพยาธิตัวตืด (Gnathostoma spinigerum) ทุกกลุ่มทดลอง

6. ผลศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค

1. ลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) สีเนื้อภายนอกที่ผู้ตรวจชิมมองเห็นภายใต้แสงปกติ พบว่า คะแนนสีของผลิตภัณฑ์แหนมทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (Body and Texture) พบว่า คะแนนลักษณะของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์แหนม ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. กลิ่นและรสเปรี้ยว (Flavor) แบ่งออกเป็น

3.1 กลิ่น พบว่า คะแนนกลิ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มทดลองที่ 3 มีระดับคะแนนของกลิ่นดีที่สุดเท่ากับ 3.71 กลุ่มทดลองที่ 1 มีระดับคะแนนของกลิ่นต่ำที่สุดเท่ากับ 3.09

3.2 รสเปรี้ยว พบว่า คะแนนรสเปรี้ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กลุ่มทดลองที่ 3 มีคะแนนของความเปรี้ยวมากที่สุดเท่ากับ 3.06 กลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนของความเปรี้ยวต่ำที่สุดเท่ากับ 2.40

4. ความฉ่ำน้ำ (Juiciness) พบว่า คะแนนความฉ่ำน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มทดลองที่ 4 มีระดับคะแนนของความฉ่ำน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 2.97 กลุ่มทดลองที่ 1 มีระดับคะแนนของความฉ่ำน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 2.38

5. ความพอใจโดยรวม (Overall Satisfaction) พบว่า คะแนนความพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์แหนมกลุ่มทดลองที่ 3 (ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.15) มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 1, 2 และ 4 (ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.41, 2.59 และ 2.74 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4)

Table 4 Sensory analysis of Nham product after red color was improved with Lac dye.

N=60

Sensory Characteristics	Treatment				Pr>F
	Control	0.2% Sodium Nitrite	1.5% Lac dye	2% Lac dye	
1. Surface Appearance					
1.1 color	2.48 ± 1.04^{a}	2.61 ± 0.96^{a}	2.41 ± 0.93^{a}	2.45 ± 1.03^{a}	0.7189
1.2 Texture	2.79 ± 1.15^{a}	2.88 ± 1.02^{a}	2.95 ± 1.13^{a}	2.36 ± 1.08^{b}	0.0176
2. Body texture	2.85 ± 1.08^{a}	2.92 ± 1.10^{a}	2.95 ± 1.13^{a}	2.60 ± 1.11^{a}	0.2811
3. Flavor and Sourness					
3.1 Flavor	3.09 ± 1.20^{b}	3.35 ± 1.18^{ab}	3.71 ± 0.96^{a}	3.30 ± 1.14^{ab}	0.0272
3.2 Sourness	2.40 ± 0.93^{c}	2.55 ± 1.16^{bc}	3.06 ± 1.05^{a}	2.81 ± 1.02^{ab}	0.0032
4. Juiciness	2.38 ± 1.06^{b}	2.70 ± 1.07^{ab}	2.74 ± 0.98^{ab}	2.97 ± 1.02^{a}	0.0213
5. Overall Satisfaction	2.41 ± 0.99^{b}	2.59 ± 1.06^{b}	3.15 ± 1.07^{a}	2.74 ± 1.17^{b}	0.0019

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย แหนมมีความเป็นกรด-ด่าง ไม่เกิน 4.6 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ ภายหลังการผลิตวันที่ 3 และวันที่ 7 ไม่พบเชื้อ Salmonella spp. และ*Staphylococcus aureus* คุณค่าทางโภชนาการของแหนม มีไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และโคเลสเตอร์รอล ไม่เกินตามข้อมูลโภชนาการ และไม่พบพยาธิทริคิเนลลา สไปราลิส (Trichinella spiralis) ไม่พบตัวอ่อนพยาธิตืดหมู (Cysticercus cellulosae) และไม่พบพยาธิตัวตืด (Gnathostoma spinigerum) ผู้บริโภคมีความพึงพอใจแหนม ลักษณะเนื้อสัมผัสภายนอกที่มีลักษณะการเกาะตัวแน่น ในกลุ่มทดลองที่ 1, 2 และ 3 และชอบกลิ่นและรสเปรี้ยวของแหนมกลุ่มทดลองที่ 3 ที่ให้กลิ่นและรสเปรี้ยวดีที่สุด สรุปความพอใจโดยรวม พบว่า แหนมกลุ่มทดลองที่ 3 ได้รับความพึงพอใจจากผู้บริโภคสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ ถึงแม้สามารถใช้สารสกัดสีแดงจากน้ำครั่งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติในการเสริมสีแดงในแหนมเพื่อเพิ่มลักษณะความน่ากินของผลิตภัณฑ์แหนมได้ แต่ยังพบปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์บางชนิดในผลิตภัณฑ์แหนมได้ หากนำไปใช้จึงควรมีวิธีลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยไม่ใช้โซเดียมไนไตร์ท เพื่อการผลิตอาหารที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำครั่งก่อนที่จะนำมาใช้ประโยชน์จริง

เอกสารอ้างอิง

ปรมากรณ์ เจ็ดวรรณะ คมแข พิลาสมบัติ รุจริน ลิ้มศุภวานิช อดิศร เสวตวิวัฒน์ และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2553. ผลของการใช้เชื้อ *Lactobacillus lactis* ssp. *Lactis* P2 และ Sb2 ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางจุลินทรีย์ของแหนมโคเนื้อ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พิสมัย เลิศวัฒนะพงษ์. 2535. ครั่งและสีจากครั่ง. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ40(130) : 28-29.

วิรัตน์ สุมน และณัฏยาพร สุมน. 2550. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อสุกร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิรัตน์ สุมน ศศิธร นาคทอง ณัฏยาพร สุมน และทิพย์มนต์ ใยเกษ. 2550. ผลการใช้สีน้ำครั่งทดแทนส่วนผสมโซเดียมไนไตรท์ในกุนเชียง. ประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน ครั้งที่ 4 นครปฐม.

ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร, 2553. รายงานฉลากโภชนาการ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร มก. กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2541. ฉลากโภชนาการ. กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี.

อาทร ตัณฑวุฑโฒ. 2506. การเพาะเลี้ยงครั่ง พระนคร. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ.

การศึกษาค่าสีและความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี

Study on Color Values and Colorfastness of Cotton Fabric Dyed with Natural Dye from Yellow Poinciana Bark

จุฑารัตน์ รังษีวุฒิศักดิ์[1] และ ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต[1*]

Jutarat Rangsiwuttisak[1] and Sasiprapha Rattanadilok na Phuket[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาค่าสีและความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากนนทรี โดยใช้นมถั่วเหลืองและสารส้มเป็นสารช่วยย้อม ผลการศึกษา พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี มีค่าเฉลี่ย L* อยู่ระหว่าง 46.84 – 67.90 ค่าเฉลี่ย a* อยู่ระหว่าง 14.73 – 28.25 ค่าเฉลี่ย b* อยู่ระหว่าง 30.79 – 56.09 ค่าเฉลี่ย C* อยู่ระหว่าง 34.14 – 62.09 และค่าเฉลี่ย h* อยู่ระหว่าง 61.39 – 64.55 ค่า L* มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีและไม่ใช้นมถั่วเหลือง ค่า a* b* และ C* มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในนมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี ค่า h* มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีอยู่ที่ระดับ 1 ถึง 1 – 2 และด้านการเปื้อนสีอยู่ที่ระดับ 4 – 5

ABSTRACT

The objective of this study were to study color values and colorfastness to laundering of cotton fabric dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark by using soymilk and alum as mordants. The study results found that the cotton fabric dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark had an average L* values between 46.84 – 67.90, a* values between 14.73 – 28.25, b* values between 30.79 – 56.09, C* values between 34.14 – 62.09, and h* values between 61.39 – 64.55. The L* value trended to increase when cotton fabric was soaked in an alum solution before dyeing without using soymilk. The a*, b*, and C* values trended to increase when cotton fabric was soaked in soymilk and alum solution after dyeing. The h* value trended to increase when cotton fabric was soaked in an alum solution before dyeing. The cotton fabric dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark had the colorfastness to laundering in terms of color change in the level 1 to 1 – 2 and in terms of color staining in the level 4 – 5.

Key Words: cotton, natural dye, colorfastness, yellow poinciana

* Corresponding author; e-mail address: agrsspp@ku.ac.th

---

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Home Economic, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืชที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการนำมาผลิตเป็นสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เนื่องจากฝ้ายมีสมบัติที่โดดเด่นหลายประการ เช่น มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถดูดซึมความชื้นและระบายความร้อนได้ดี เส้นใยสามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้แทบทุกระดับของความละเอียด และทอเป็นผืนผ้าได้ทุกโครงสร้าง แต่ฝ้ายมีสีธรรมชาติเป็นสีขาวหรือสีน้ำตาล จึงจำเป็นต้องย้อมสีเพื่อให้สีตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งการย้อมสีผ้าฝ้ายส่วนใหญ่ นิยมย้อมด้วยสีสังเคราะห์ที่ให้เฉดสีตามต้องการ และมีความคงทน แต่เนื่องจากการย้อมสีสังเคราะห์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอาจส่งผลต่อสภาวะโลกร้อน ปัจจุบันผู้บริโภคจึงนิยมใช้ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น สีย้อมธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากวัตถุดิบในธรรมชาติ เช่น จากแร่ธาตุ จากสัตว์ และจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล หัว และเมล็ด เป็นต้น ซึ่งสีย้อมธรรมชาติมีกระบวนการย้อมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดน้ำเสียในขั้นตอนการผลิตและการย้อม และไม่เป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่ อย่างไรก็ตามสีย้อมธรรมชาติมีข้อจำกัดด้านความคงทนของสีต่อการซักและแสง จึงนิยมใช้สารช่วยย้อมในกระบวนการย้อมสี เพื่อให้เส้นใยติดสีดีขึ้น สารช่วยย้อมแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) สารช่วยย้อมอินทรีย์ เช่น แทนนิน โปรตีนจากนมถั่วเหลือง กรดออกซาลิก และพืชที่มีรสเปรี้ยว เป็นต้น และ 2) สารช่วยย้อมอนินทรีย์ เช่น สารส้ม จุนสี เกลือของเหล็กหรือสนิมเหล็ก น้ำโคลน และน้ำปูนใส เป็นต้น (อินทราภรณ์, ม.ป.ป.) การใช้สารช่วยย้อมในการย้อมสีแบ่งเป็น 3 วิธี คือ 1) การย้อมสารช่วยย้อมก่อนการย้อมสี 2) การย้อมสารช่วยย้อมระหว่างการย้อมสี และ 3) การย้อมสารช่วยย้อมหลังการย้อมสี

ต้นนนทรี เป็นไม้ยืนต้น สูงประมาณ 8 – 15 เมตร เป็นต้นไม้ประจำจังหวัดนนทบุรี และเป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (นิรนาม, 2560) ในช่วงฤดูฝนของทุกปีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จะมีการตัดแต่งกิ่งและลำต้นนนทรีเพื่อป้องกันกิ่งหักและต้นโค่นล้มเมื่อมีลมพายุ ทำให้ส่วนที่ถูกตัดกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งในธรรมชาติ

การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกต้นนนทรีที่ถูกตัดทิ้ง โดยการนำมาสกัดน้ำสีเพื่อย้อมผ้าฝ้าย และศึกษาค่าสีและความคงทนของสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรี โดยใช้นมถั่วเหลืองและสารส้มเป็นสารช่วยย้อม เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง หาได้ง่าย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (กรรณิการ์, 2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำสีจากเปลือกนนทรี

ล้างทำความสะอาดเปลือกนนทรีให้สะอาดหั่นเปลือกนนทรีให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แช่เปลือกนนทรีที่หั่นในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อเปลือกนนทรี 1:60 แล้วต้มที่อุณภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางและเก็บส่วนที่เป็นน้ำสีไว้ใช้

การเตรียมนมถั่วเหลือง

แช่ถั่วเหลืองในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลือง 25 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ปั่นถั่วเหลืองด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบางและเก็บส่วนที่เป็นน้ำไว้ใช้

การย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยย้อมก่อนการย้อมสี

แช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลายสารส้ม 1:30 บีบพอหมาดแล้วนำไปย้อมในน้ำสี ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำสี 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยสารละลาย wetting agent ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลาย wetting agent 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำกลั่น 1:30 จำนวน 3 ครั้ง บีบพอหมาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

การย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยย้อมหลังการย้อมสี

ย้อมผ้าฝ้ายในน้ำสี ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำสี 1:30 แช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลายสารส้ม 1:30 บีบให้หมาด ล้างผ้าตัวอย่างด้วยสารละลาย wetting agent ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลาย wetting agent 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำกลั่น 1:30 จำนวน 3 ครั้ง บีบพอหมาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

การย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้นมถั่วเหลืองและสารส้มเป็นสารช่วยย้อมก่อนการย้อมสี

แช่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วในนมถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อนมถั่วเหลือง 1:30 นำเข้าเครื่องอัดสารเคมี (padding machine) แช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลายสารส้ม 1:30 บีบพอหมาดแล้วนำไปย้อมในน้ำสี ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำสี 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยสารละลาย wetting agent ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลาย wetting agent 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำกลั่น 1:30 จำนวน 3 ครั้ง บีบพอหมาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

การย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้นมถั่วเหลืองและสารส้มเป็นสารช่วยย้อมหลังการย้อมสี

แช่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วในนมถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อนมถั่วเหลือง 1:30 นำเข้าเครื่องอัดสารเคมี (padding machine) ย้อมผ้าฝ้ายในน้ำสี ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำสี 1:30 แช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลายสารส้ม 1:30 บีบให้หมาด ล้างผ้าตัวอย่างด้วยสารละลาย wetting agent ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อสารละลาย wetting agent 1:30 ล้างผ้าตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนผ้าฝ้ายต่อน้ำกลั่น 1:30 จำนวน 3 ครั้ง บีบพอหมาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม

การวิเคราะห์ค่าสีและค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*)

วัดค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง – เขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) ค่าความสดใส (C*) และตำแหน่งของสี (h*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*) ด้วยเครื่องวัดค่าสีและค่าความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (dE*) (spectrophotometer) รุ่น datacolor 550 ยี่ห้อ Datacolor

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักตามมาตรฐาน AATCC test method 61-2003 Color fastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated Test No.1 และวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการซักด้วยค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี

Table 1 Average color values of silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark

Sample	Average color values ± SD				
	L*	a*	b*	C*	h*
Cotton fabric+ alum before dyeing	67.90 ± 4.33	14.73 ± 2.64	30.79 ± 3.58	34.14 ± 4.37	64.55 ± 1.33
Cotton fabric + alum after dyeing	56.29 ± 2.83	24.34 ± 2.56	44.82 ± 8.00	51.26 ± 8.66	61.43 ± 1.93
Cotton fabric + soybean + alum before dyeing	56.76 ± 3.56	20.64 ± 2.12	41.25 ± 4.76	45.95 ± 5.34	63.29 ± 0.58
Cotton fabric+ soybean + alum after dyeing	46.84 ± 2.27	28.25 ± 3.03	56.09 ± 16.18	62.90 ± 15.83	62.63 ± 3.94

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี โดยไม่ใช้สารช่วยย้อม พบว่า มีค่าเฉลี่ย L*(ค่าความสว่าง) 57.39 ค่าเฉลี่ย a*(ค่าความเป็นสีเขียว – แดง) 23.92 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดง ค่าเฉลี่ย b*(ค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน) 43.84 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีเหลือง ค่าเฉลี่ย C*(ค่าความสดใส) 49.94 และค่าเฉลี่ย h* (ตำแหน่งของสี) 61.39 ซึ่งอยู่ในช่วงความเป็นสีแดง

จาก Table 1 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี โดยใช้สารช่วยย้อม พบว่า ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* สูงสุด (67.90) และผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* ต่ำสุด (46.84) ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี และผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย L* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองเมื่อย้อมสีที่สภาวะเดียวกัน

จึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี และการไม่แช่นมถั่วเหลือง ทำให้ค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ย a* เป็นบวก แสดงค่าความเป็นสีแดง ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย a* สูงสุด (28.25) ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย a* ต่ำสุด (14.73) ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย a* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย a* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองเมื่อย้อมสีที่สภาวะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี และการแช่นมถั่วเหลือง ทำให้ค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ย b* เป็นบวก แสดงค่าความเป็นสีเหลือง ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าสูงสุด (56.09) ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการมีค่าเฉลี่ย b* ต่ำสุด (30.79) ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย b* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย b* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองเมื่อย้อมสีที่สภาวะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี และการแช่นมถั่วเหลือง ทำให้ค่าเฉลี่ย b* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ย C* เป็นบวก แสดงค่าความสดใสมากกว่ามาตรฐาน ค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย C* สูงสุด (62.90) และผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย C* ต่ำสุด (34.14) ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย C* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย C* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองเมื่อย้อมสีที่สภาวะเดียวกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี และการแช่นมถั่วเหลือง ทำให้ค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าเฉลี่ย h* อยู่ระหว่าง 61.43 – 64.55 องศา แสดงว่าสีของผ้าฝ้ายอยู่ในช่วงความเป็นสีแดง ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย h* สูงสุด (64.55) และผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี มีค่าเฉลี่ย h* ต่ำสุด (61.43) ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย h* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่แช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี จึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ทำให้ค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

การศึกษาความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี

Table 2 Average total color difference (dE*) and colorfastness to laundering of silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark

Sample	Color change		Color staining	
	dE*	Colorfastness ℓ	dE*	Colorfastness level
Cotton fabric+ alum before dyeing	16.19	1	1.70	4 – 5
Cotton fabric + alum after dyeing	10.96	1 – 2	1.40	4 – 5
Cotton fabric + soybean + alum before dyeing	20.13	1	1.68	4 – 5
Cotton fabric+ soybean + alum after dyeing	17.81	1	1.38	4 – 5

จาก Table 2 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*) ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยเปลือกนนทรี พบว่า ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีความคงทนของสีอยู่ในระดับ 1 – 2 (แย่) ซึ่งเหมือนกับผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและไม่แช่สารละลายสารส้ม ส่วนผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี และผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนและหลังการย้อมสี มีความคงทนของสีอยู่ที่ระดับ 1 (แย่มาก) และเมื่อพิจารณาความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีของผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนและหลังการย้อมสี และผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองก่อนการย้อมและแช่สารละลายสารส้มก่อนและหลังการย้อมสี มีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีอยู่ที่ระดับ 4-5 (ดีเลิศ) ซึ่งเหมือนกับผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและไม่แช่สารละลายสารส้ม จึงอาจกล่าวได้ว่า นมถั่วเหลืองและสารส้มไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสี

สรุป

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกนนทรี มีค่าเฉลี่ย L* อยู่ระหว่าง 46.84 – 67.90 ค่าเฉลี่ย a* อยู่ระหว่าง 14.73 – 28.25 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดง ค่าเฉลี่ย b* อยู่ระหว่าง 30.79 – 56.09 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีเหลือง ค่าเฉลี่ย C* อยู่ระหว่าง 34.14 – 62.09 และค่าเฉลี่ย h* อยู่ระหว่าง 61.39 – 64.55 ซึ่งอยู่ในช่วงความเป็นสีแดง ผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี มีค่าเฉลี่ย a* b* และ C* สูงสุด ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* และ h* สูงสุด ค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มก่อนการย้อมสีและไม่ใช้นมถั่วเหลือง ค่าเฉลี่ย a* b* และ C* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในนมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสี ค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อแช่ผ้าฝ้ายในสารละลายสารส้มก่อนการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่

นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มหลังการย้อมสีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีสูงสุด อยู่ที่ระดับ 1 - 2 (แย่) เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ย้อมสีที่สภาวะอื่น ผ้าฝ้ายที่ไม่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนและหลังการย้อมสี และผ้าฝ้ายที่แช่นมถั่วเหลืองและแช่สารละลายสารส้มก่อนและหลังการย้อมสีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีอยู่ที่ระดับ 4 – 5 (ดีเลิศ)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ โตประเสริฐพงศ์. 2547. สารส้ม. For Quality 11: 53-55.

นิรนาม. 2560. **นนทรี สรรพคุณและประโยชน์ของต้อนนนทรี 13 ข้อ**. แหล่งที่มา: https://medthai.com/นนทรี, 27 กันยายน 2560.

อินทราภรณ์ เพ็ญจิตต์. ม.ป.ป. **สารช่วยย้อม**. แหล่งที่มา: http://sites.google.com/site/intrapornspenjit/toryod/reuxng-na-ru-2, 27 ตุลาคม 2560.

การศึกษาค่าสีและความคงทนของสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรี

Study on Color Values and Colorfastness of Silk Dyed with Natural Dye from Yellow Poinciana Bark

ปภาพินท์ พานโฮม[1] และ ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต[1*]

Papapin Phanhome[1] and Sasiprapha Rattanadilok na Phuket[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของวิธีการย้อมสารช่วยติดสีต่อค่าสีและความคงทนของสีต่อการซักของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรี โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี ผลการศึกษาพบว่า ไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีมีค่าเฉลี่ย L* อยู่ระหว่าง 49.22 – 54.77 ค่าเฉลี่ย a* อยู่ระหว่าง 18.14 – 24.76 ค่าเฉลี่ย b* อยู่ระหว่าง 53.67 – 68.71 ค่าเฉลี่ย C* อยู่ระหว่าง 56.66 – 73.05 และค่าเฉลี่ย h* อยู่ระหว่าง 69.04 – 71.40 การย้อมสารช่วยติดสีก่อนการย้อมสีให้ค่า L* สูงสุด การย้อมสารช่วยติดสีระหว่างการย้อมสีให้ค่า h* สูงสุด การย้อมสารช่วยติดสีหลังการย้อมสีให้ค่า a* b* และ C* สูงสุด วิธีการย้อมสารช่วยติดสีมีผลต่อค่า a* ของไหมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีอยู่ที่ระดับ 1 และมีความคงทนของสีด้านการเปื้อนสีสูงสุดอยู่ที่ระดับ 3 – 4

ABSTRACT

The objective of this study were to study an effect of mordanting method on color values and colorfastness to laundering of silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark by using an alum as mordant. The study results found that the silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark had an average L* values between 49.22 – 54.77, a* values between 18.14 – 24.76, b* values between 53.67 – 68.71, C* values between 56.66 – 73.05, and h* values between 70.03 – 71.40. Pre-mordanting shown the highest L* value, simultaneous mordanting shown the highest h* value, and post-mordanting shown the highest a*, b*, and C* values. Mordanting method significantly affects on the a* value at .05 level. The silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark had the colorfastness to laundering in terms of color change in the level 1 and had the highest colorfastness in terms of color staining in the level 3 – 4.

Key Words: silk, natural dye, colorfastness, yellow poinciana

* Corresponding author; e-mail address: agrsspp@ku.ac.th

[1]ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1]Department of Home Economic, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

คำนำ

ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติจากสัตว์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาผลิตเป็นสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เนื่องจากมีความสวยงาม มันวาว แข็งแรง ระบายอากาศได้ดี และย้อมติดสีง่าย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตส่วนใหญ่นิยมนำไหมมาย้อมสีหรือพิมพ์สี เพื่อให้มีสีสันที่หลากหลายตรงตามความต้องการของผู้บริโภค สีย้อมที่นิยมนำมาย้อมสีไหมส่วนใหญ่เป็นสีสังเคราะห์ เนื่องจากให้สีสดใสสวยงาม สีติดทนนาน และมีขั้นตอนการย้อมสีที่ไม่ยุ่งยาก ซึ่งในกระบวนการย้อมสีไหมด้วยสีย้อมสังเคราะห์จะมีน้ำย้อมสีเป็นของเหลือทิ้งซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเกิดการตกค้างของสารเคมีและโลหะหนัก ปัจจุบันผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงให้ความสำคัญกับการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์จากไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติมากขึ้น สีย้อมธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากวัตถุดิบในธรรมชาติ เช่น จากแร่ธาตุ จากสัตว์ และจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก เปลือก ลำต้น เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล หัว และเมล็ด เป็นต้น ซึ่งสีย้อมธรรมชาติมีกระบวนการย้อมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดน้ำเสียในขั้นตอนการผลิตและการย้อม และไม่เป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่ อย่างไรก็ตามสีย้อมธรรมชาติมีข้อจำกัดด้านความคงทนของสีต่อการซักและแสง จึงนิยมใช้สารช่วยติดสีในกระบวนการย้อม เพื่อให้เส้นใยติดสีดีขึ้น สารช่วยติดสีแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) สารช่วยติดสีอินทรีย์ เช่น แทนนิน น้ำนมถั่วเหลือง กรดออกซาลิก และพืชที่มีรสเปรี้ยว เป็นต้น และ 2) สารช่วยติดสีอนินทรีย์ เช่น สารส้ม จุนสี เกลือของเหล็กหรือสนิมเหล็ก น้ำโคลน และน้ำปูนใส เป็นต้น (อินทราภรณ์, ม.ป.ป.) การใช้สารช่วยติดสีในการย้อมแบ่งเป็น 3 วิธี คือ 1) การย้อมสารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี 2) การย้อมสารช่วยติดสีระหว่างการย้อมสี และ 3) การย้อมสารช่วยติดสีหลังการย้อมสี

ต้นนนทรี เป็นไม้ยืนต้น สูงประมาณ 8 – 15 เมตร เป็นต้นไม้ประจำจังหวัดนนทบุรี และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (นิรนาม, 2560) ในช่วงฤดูฝนของทุกปีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จะมีการตัดแต่งกิ่งและลำต้นนนทรีเพื่อป้องกันกิ่งหักและต้นโค่นล้มเมื่อมีลมพายุ ทำให้ส่วนที่ถูกตัดกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งในธรรมชาติ

การศึกษาครั้งนี้จึงสนใจการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกต้นนนทรีที่ถูกตัดทิ้ง โดยการนำมาสกัดน้ำสีเพื่อย้อมไหม และศึกษาผลของวิธีการย้อมสารช่วยติดสีต่อค่าสีและความคงทนของสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรี โดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง หาได้ง่าย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (กรรณิการ์, 2547)

อุปกรณ์และวิธีการ

การสกัดน้ำสี

นำเปลือกต้นนนทรีแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 45 นาที แล้วจึงนำมาต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนเปลือกต้นนนทรีต่อน้ำ 1:6 และปิดฝาขณะต้ม กรองน้ำสีด้วยผ้าขาวบาง

การย้อมสารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี

แช่ไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้วในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 7 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรสารละลายสารส้ม 1:30 บีบให้หมาดแล้วนำไปย้อมในน้ำสีที่

อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรน้ำสี 1:30 ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำสะอาด และผึ่งไหมให้แห้ง

การย้อมสารช่วยติดสีระหว่างการย้อมสี

ละลายสารส้มในน้ำสีที่สกัดแล้วที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรน้ำสี 1:30 ย้อมไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้วในน้ำสีผสมสารส้ม ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรน้ำสี 1:30 ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำสะอาด และผึ่งไหมให้แห้ง

การย้อมสารช่วยติดสีหลังการย้อมสี

ย้อมไหมที่ผ่านการลอกกาวไหมแล้วในน้ำสี ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรน้ำสี 1:30 แช่ไหมที่ผ่านการย้อมแล้วลงในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 7 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักไหมต่อปริมาตรสารละลายสารส้ม 1:30 ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำสะอาด และผึ่งไหมให้แห้ง

การวิเคราะห์ค่าสีและค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*)

วัดค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง – เขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) ค่าความสดใส (C*) และตำแหน่งของสี (h*) และค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*) ด้วยเครื่องวัดค่าสีและค่าความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (dE*) (spectrophotometer) รุ่น datacolor 550 ยี่ห้อ Datacolor

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักตามมาตรฐาน AATCC test method 61-2003 Color fastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated Test No.1 และวิเคราะห์ความคงทนของสีต่อการซักด้วยค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของวิธีการย้อมสารช่วยติดสีต่อค่าสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรี

Table 1 Average color values of silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark

Sample	Average color values ± SD				
	L*	a*	b*	C*	h*
Silk dyed with mordant before dyeing with natural dye	54.77 ± 4.28	20.11 ± 5.38	55.21 ± 13.25	58.77 ± 14.23	70.08 ± 1.35
Silk dyed with mordant during dyeing with natural dye	54.75 ± 2.94	18.14 ± 3.22	53.67 ± 6.98	56.66 ± 7.62	71.40 ± 1.07
Silk dyed with mordant after dyeing with natural dye	49.22 ± 6.35	24.76 ± 4.39	68.71 ± 14.75	73.05 ± 15.23	70.03 ± 1.67

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยค่าสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีโดยไม่ใช้สารช่วยติด พบว่า มีค่าเฉลี่ย L* 51.86 ค่าเฉลี่ย a* 22.63 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีแดง 22.63 ค่าเฉลี่ย b* 59.38 ซึ่งแสดงค่าความเป็นสีเหลือง ค่าเฉลี่ย C* 63.59 และค่าเฉลี่ย h* 69.04 ซึ่งอยู่ในช่วงความเป็นสีแดง

จาก Table 1 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยค่าสีของไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี (mordant) พบว่า ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มก่อนการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* สูงสุด (54.77) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย L* ต่ำสุด (49.22) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย L* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย a* สูงสุด (24.76) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มระหว่างการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย a* ต่ำสุด (18.14) ผลการวิเคราะห์แปรปรวนของค่าเฉลี่ย a* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีมีผลต่อค่าเฉลี่ย a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ LSD (Least Significant Difference) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีก่อนการย้อมสีให้ค่าเฉลี่ย a* ไม่แตกต่างจากวิธีการย้อมสารช่วยติดสีระหว่างการย้อมสี และวิธีการย้อมสารช่วยติดสีหลังการย้อมสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วิธีการย้อมสารช่วยติดสีระหว่างการย้อมสีให้ค่าเฉลี่ย a* ต่ำกว่าวิธีการย้อมสารช่วยติดสีหลังการย้อมสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย b* สูงสุด (68.71) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มระหว่างการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย b* ต่ำสุด (53.67) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย b* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย C* สูงสุด (73.05) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มระหว่างการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย C* ต่ำสุด (56.66) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย C* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย C* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มระหว่างการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย h* สูงสุด (71.40) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสีมีค่าเฉลี่ย h* ต่ำสุด (70.03) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย h* พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย h* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลของวิธีการย้อมสารช่วยติดสีต่อความคงทนของสีต่อการซัก

Table 2 Average total color difference (dE*) and colorfastness to laundering of silk dyed with natural dye from Yellow Poinciana bark

Sample	Color change		Color staining	
	dE*	Colorfastness level	dE*	Colorfastness level
Silk dyed with mordant before dyeing with natural dye	17.51	1	6.83	3 – 4
Silk dyed with mordant during dyeing with natural dye	16.32	1	6.91	3 – 4
Silk dyed with mordant after dyeing with natural dye	22.57	1	13.44	2 – 3

จาก Table 2 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสีโดยรวม (dE*) และระดับความคงทนของสีต่อการซักของไหมที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี พบว่า ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มก่อนการย้อมสี ระหว่างการย้อมสี และหลังการย้อมสี มีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีอยู่ที่ระดับ 1 (แย่มาก) เหมือนกับไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีโดยไม่ใช่สารช่วยติดสี ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย dE* ด้านการเปลี่ยนสี พบว่า วิธีการย้อมสารช่วยติดสีไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย dE* ด้านการเปลี่ยนสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสี พบว่า ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มก่อนการย้อมสี และระหว่างการย้อมสี มีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีอยู่ที่ระดับ 3 – 4 (ดี) ซึ่งมากกว่าไหมที่ย้อมสีโดยไม่ใช่สารช่วยติด (ระดับ 3, เกือบดี) และไหมที่ย้อมด้วยสารส้มหลังการย้อมสี (ระดับ 2 – 3, ดีพอใช้)

สรุป

ไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี มีค่าเฉลี่ย L* อยู่ระหว่าง 49.22 – 54.77 ค่าเฉลี่ย a* อยู่ระหว่าง 18.14 – 24.76 ค่าเฉลี่ย b* อยู่ระหว่าง 53.67 – 68.71 ค่าเฉลี่ย C* อยู่ระหว่าง 56.66 – 73.05 ค่าเฉลี่ย h* อยู่ระหว่าง 70.03 – 71.40 วิธีการย้อมสารส้มก่อนการย้อมสีให้ค่าเฉลี่ย L* สูงสุด วิธีการย้อมสารส้มระหว่างการย้อมสีให้ค่าเฉลี่ย h* สูงสุด วิธีการย้อมสารส้มหลังการย้อมสีให้ค่าเฉลี่ย a* b* และ C* สูงสุด วิธีการย้อมสารช่วยติดสีมีผลต่อค่าเฉลี่ย a* ของไหมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .05 ไหมที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกต้นนนทรีมีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปลี่ยนสีอยู่ที่ระดับ 1 (แย่มาก) ไหมที่ย้อมด้วยสารส้มก่อนการย้อมสี และระหว่างการย้อมสี มีความคงทนของสีต่อการซักด้านการเปื้อนสีสูงสุด (ระดับ 3 – 4, ดี)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ โตประเสริฐพงศ์. 2547. สารส้ม. For Quality 11: 53-55.

นิรนาม. 2560. **นนทรี สรรพคุณและประโยชน์ของต้นนนทรี 13 ข้อ**. แหล่งที่มา: https://medthai.com/นนทรี, 27 กันยายน 2560.

อินทราภรณ์ เพ็ญจิตต์. ม.ป.ป. **สารช่วยย้อม**. แหล่งที่มา: http://sites.google.com/site/intrapornspenjit/toryod/reuxng-na-ru-2, 27 ตุลาคม 2560.

Physicochemical and Antioxidant Properties of Different Tamarind-water Ratios and Its Application in Mousse

Wanwipa Aungkuldee [1], Siriporn Riebroy Kim[1*], Benya Manochai[1], Ruangsak Komkhuntod[1] and Atikorn Panya[2]

ABSTRACT

The physicochemical and antioxidant properties of tamarind-water at ratio of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, and 1:5 (w:w) were investigated. As levels of water increased, total solid and total soluble solid decreased ($p<0.05$). However, a different water level was negligible effect on pH of tamarind juice while the decrease in total acidity was found as water level increased ($p<0.05$). Decreases in L*, a* and b* of tamarind juice were observed when water level increased ($p<0.05$). Total phenolic content and antioxidant of tamarind-water were also studied. It was found that the total phenolic content of tamarind juice decreased as water level increased ($p<0.05$). Tamarind-water at 1:1 showed the highest activities of ABTS radical scavenging and FRAP ($p<0.05$). The physical and sensorial properties of mousse produced with different tamarind-water ratio were assessed. For textural properties, higher water level in tamarind-water affected on textural properties of mousse, particularly firmness and adhesiveness. In contrast, mousse with 1:1 tamarind-water had the lowest springiness ($p<0.05$). Additionally, mousse with 1:1 tamarind-water exhibited the lowest L* compared with other samples ($p<0.05$). This was might be resulted from the color of tamarind-water used. For sensorial property of mousse, it was found that different ratio of tamarind-water contributed to appearance likeness score of mousse. Mousse with 1:2 tamarind-water had the highest likeness scores for odor, taste, flavor ($p<0.05$). When considering the overall likeness, the highest score was found in mousse with 1:2 and 1:5 tamarind-water ratios ($p<0.05$). From the results, the different tamarind-water ratios effect on characteristics of mousse. As the results of antioxidant and sensorial properties, the tamarind-water at ratio of 1:2 would be possible ingredient for tamarind mousse production with improvement of texture and taste.

Key words: tamarind, antioxidant property, physical property, mousse

* Corresponding author; e-mail address: agrsrpr@ku.ac.th, siriporn.r@ku.th

[1]Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[2]BIOTEC, National Science and Technology Development Agency (NSTDA) 113 Thailand Science Park, Pathum Thani 12120 Thailand

INTRODUCTION

Generally, the paste of tamarind (*Tamarindus indica* L.) is used as a spice in Asian cuisine. Tamarind paste functions are normally use as a seasoning and flavoring or food component such as curries and sauces as well as a main component in juices and certain beverages. Tamarind paste is made into juice, infusion or brine (El-Siddig et al., 1999; El-Siddig et al., 2006), and can also be processed into jam and sweets. The most outstanding characteristic of tamarind paste is acidic taste because of its tartaric acid content. The tamarind fruit contains mainly tartaric acid, reducing sugars, pectin, tannin, fiber and cellulose (Saideswara Rao et al., 2012). In addition, tamarind paste is good sources of potassium, calcium and phosphorus and contains other minerals like sodium, zinc and iron (Feungchan et al., 1996; Soong and Barlow, 2004). A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacology of tamarind has been published by Caluwé et al. (2009). Tamarind fruit was regarded as a digestive, carminative, laxative, expectorant and blood tonic (Komutarin et al., 2004). Tamarind paste is extracted by soaking in water and squeezing out the extract by hand before culinary preparations. Pre-mixed, ready-to-use tamarind water in containers is available from most Southeast Asian markets (Lee et al., 2009).

Nowadays, the nutritious food as a medicine is the growing trend because of health awareness. Desserts with some bioactive compounds or functional ingredients have been paid more attention. The natural antioxidants are believed to be very important for human diet, especially in relation to oxidative stress prevention. It has been recognized an inverse association between the consumption of fruits and vegetables and mortality from senescence-related disorder, which could be partly attributed to the presence of antioxidant compounds, mainly with phenolic structure (Blokhina et al., 2003). Although bioactive compounds and antioxidant activity of tamarind paste was reported, the information of tamarind paste applications for food products have not been studied. However, the studies on the physicochemical and antioxidant properties of tamarind-water prepared with different ratio are important information for food ingredient. Therefore, the objectives of the present study were to investigate the effect of varying ratio of tamarind-water and its effects on physical and sensory properties of mousse.

MATERIALS AND METHODS

1. Physicochemical and antioxidant properties of tamarind-water

1.1 Preparation of tamarind-water

The commercial tamarind was obtained from local market in Bangkok, Thailand. The pod and seed of tamarind fruit were manually removed. Tamarind fruit pulps were collected in a vacuum plastic bag (200 g/bag). The tamarind-water was prepared as described by Trila et al. (2014) with a slight

modification. Tamarind fruit pulps were solubilized with distilled water at ratio of 1:1, 1: 2, 1:3, 1:4 and 1:5 (w : w). The dispersions were agitated by an overhead stirrer with 10M/M-D15 probe (RW20 Digital, TKA, Germany) for 10 min at 45°C before analyses.

1.2 Analyses

Samples were determined total solid contents (TS) by oven heating at 105°C and the dry matter remained after water removal was referred as TS (AOAC, 2000). The total soluble solid content (TSS) was measured by refractometer (Master-M, Atago, Japan) and reported as % (w/v). The measurement of pH was directly taken using a pH meter (S220 SevenCompact^{TM}, Mettler Teledo, Switzerland). The titratable acidity in samples was measured by the method of AOAC (2000) and reported as % tartaric acid (MW = 150.086 g/mole). The color of sample was measured in the L* a* b* mode of CIE (angle 10°, illuminant D65) using a HunterLab (ColorFlex, Hunter, Associates Laboratory, USA). The total phenolic content was determined as described by Chan et al. (2010) and expressed as mg gallic acid equivalent (GAE)/100 ml. The antioxidant activities of samples were determined by 2,2-Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical scavenging method (Re et al., 1999) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Gardner et al., 2000).

2. Physical and sensorial properties of mousse produced with tamarind-water

2.1 Preparation of mousse

Mousse was prepared by the method of Riebroy et al. (2014) with a slight modification. For mixture I, non-fat pasteurized milk (130 g) was heated until 85°C then mixed with tamarin-water (170 g) and mixed well. The mixture I was allowed to stand at room temperature. The mixture II was prepared by mixing wiped cream (238 g) and refined sugar (34 g) by hand mixer (HM-009, OTTO, Taiwan) at speed no. 3 for 10 min (4-10°C). The mixture I and II was combined and mixed well then kept mousse-mixture at 4°C for 2 h before analyses and sensory evaluation.

2.2 Analyses

Mousse with different tamarind-water ratio was analyses as followings; textural properties by texture profile analysis (TPA) (Cadarelli et al. 2008), pH by a pH meter, color (L*,a* and b*).

2.3 Sensory evaluation

Mousse samples were evaluated for sensorial properties by untrained 50-member panel. The panelists were familiar with mousse and mousse products and ranging age was from 20 to 40 years. A nine-point hedonic scale, in which a score of 1 represented extreme dislike, 5 represented neither like nor dislike and 9 represented like extremely, was used for evaluation. The panelists evaluated each sample for appearance, color, odor, texture, taste, flavor, and overall likenesses.

3. Statistical analysis

The data was subjected to One-way Analysis of Variance (ANOVA) and mean comparison were performed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) using a statistical program.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Physicochemical and antioxidant properties of tamarind-water

1.1 Total solid and total soluble solid contents

Total solid and total soluble solid contents of different ratios of tamarind-water are shown in Figure 1. At ratio of 1:1 tamarind-water had 33.59% total solid content. As increase in water level, total solid of tamarind-water decreased ($p<0.05$). Considering total soluble solid content, tamarind-water at 1:1 had the highest total soluble solid content. Tamarind-water at 1:2 had 35% lower total soluble solid content when compared with that at ratio of 1:1. Higher water in tamarind-water contributed to lower total soluble solid.

The pH of tamarind-water slightly increased when increasing dilution (Figure 1C). Generally, pH of tamarind is slightly acidic pH (Tril et al., 2014). As water level increased, decrease in total acidity was observed ($p< 0.05$).

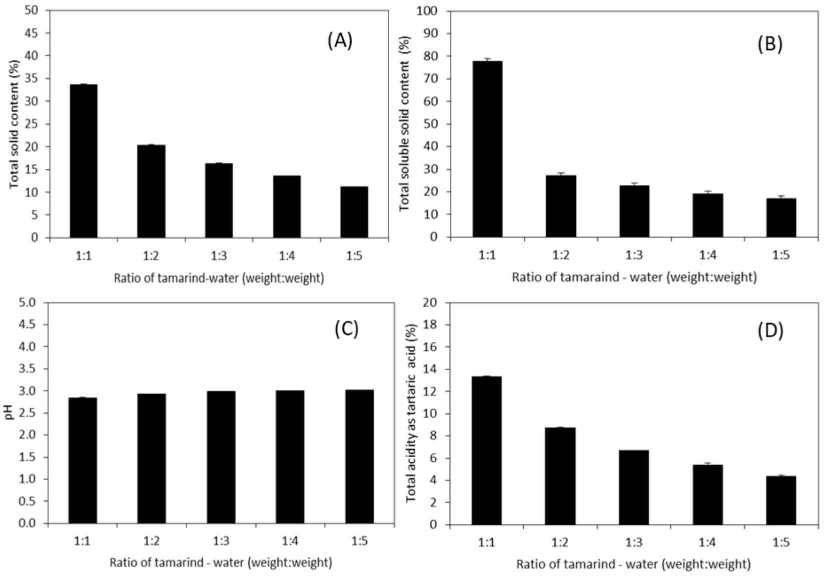


Figure 1. Total solid content (A), total soluble solid content (B), pH (C), and total acidity (D) of tamarind-water at different ratios

1.2 Color

Figure 2 exhibited L*, a*, and b* of different ratio of tamarind-water. L* of all samples was slightly different. Tamarind-water at ratio of 1:1 showed the highest a* and b* compared with other samples ($p<0.05$). Generally, the original color of tamarind paste is brownish red color. Color of food ingredient is an important for final product color.

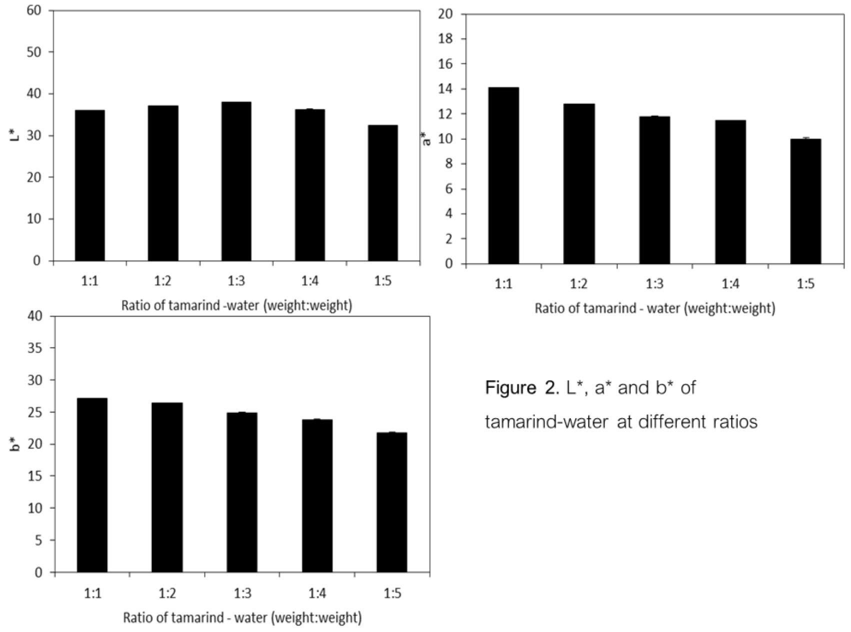
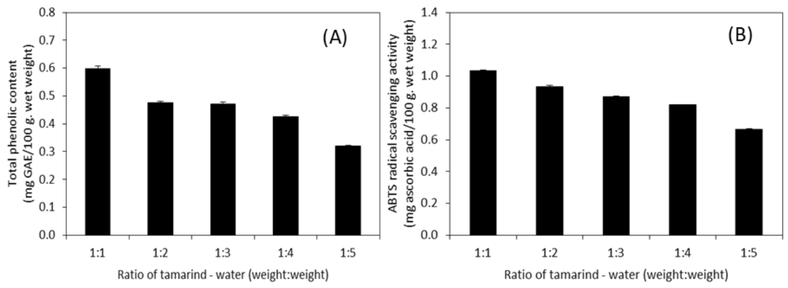


Figure 2. L*, a* and b* of tamarind-water at different ratios

1.3 Total phenolic content and antioxidant activities

Figure 3 A shows total phenolic content in different ratio of tamarind-water. Total phenolic content of tamarind-water was expressed as gallic acid equivalent, ranged from 0.32 – 0.59 mg GAE/100 g of tamarind-water. Higher dilution, lower total phenolic content were observed ($p<0.05$). No difference in total phenolic content of tamarind-water at 1:2 and 1:3 ($p>0.05$). At ratio of 1:5 tamarind-water, total phenolic content was about 50% lower than those at 1:1. Phenolic content is correlated greatly with antioxidant activity of plants. These constituent is very important from human health point of view mainly because of it free-radical scavenging and protection against oxidative stress (Xu and Chang, 2007).

ABTS radical scavenging and FRAP have been used to evaluate the antioxidant activities of tamarind-water samples. ABTS radical scavenging decreased when increased dilutions ($p<0.05$) (Figure 3B). This result correlated with total phenolic content. For FRAP, the highest dilution of tamarind-water showed the lowest FRAP. However, FRAP of tamarind-water at 1:2, 1:3 and 1:4 were not significant difference ($p>0.05$). From the result, the dilution of tamarind-water affected on total phenolic content and antioxidant activities.



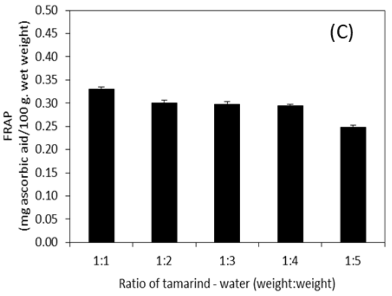


Figure 3. Total phenolic content (A), ABTS radical scavenging (B) and FRAP (C) activities of tamarind-water at different ratios

2. Physical and sensorial properties of mousse produced with different ratios of tamarind-water

2.1 Textural properties

Figure 4 shows firmness, adhesiveness, cohesiveness, and springiness of mousse produced with different ratio of tamarind-water. Generally, foaming is encountered with mousse and mousse products. Milk foams are colloidal systems in which air bubbles are stabilized by a matrix composed of milk components. The surface-active agents in milk are mainly proteins (Borcherding et al., 2008). Lorenzen (2000) suggested that foaming depends on the type of protein used, pre-treatment, manufacturing process and environmental factors including mineral composition, ionic strength, degree of denaturation and pH value.

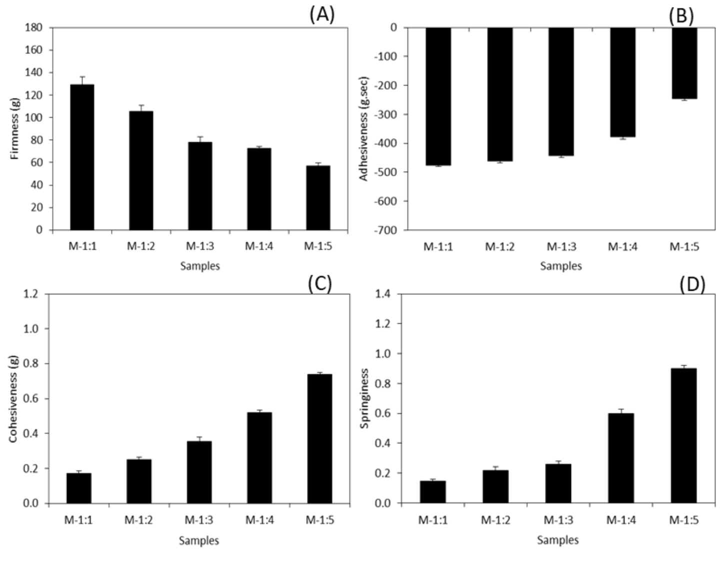


Figure 4. Textural properties of mousse produced with tamarind-water at ratio of 1:1 (M-1:1), 1:2 (M-1:2), 1:3 (M-1:3), 1:4 (M-1:4) and 1:5 (M-1:5). Bars represent standard deviation.

2.2 Color

L*, a* and b* of mousse produced with different ratios of tamarind-water are shown in Figure 5. L* of all samples was slightly different. Decrease in a* values was found in mousse produced with tamarind-water with higher level of water ($p<0.05$).

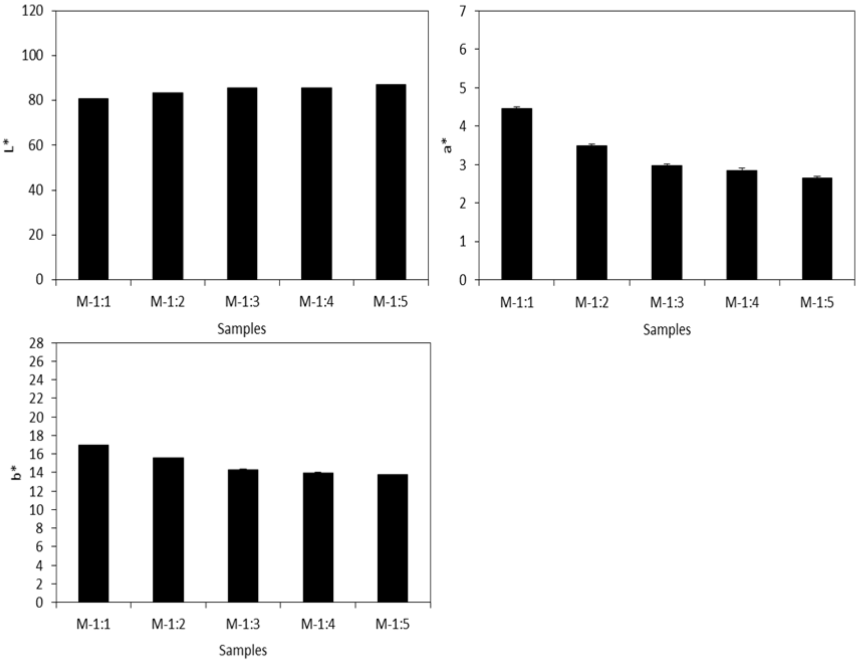


Figure 5. L*, a* and b* of mousse produced with tamarind-water at ratio of 1:1 (M-1:1), 1:2 (M-1:2), 1:3 (M-1:3), 1:4 (M-1:4) and 1:5 (M-1:5). Bars represent standard deviation.

2.3 Sensory evaluation

Table 1 shows the sensory evaluation of mousse produced with different ratios of tamarind-water. Mousse produced with 1:1 tamarind-water had the highest appearance likeness score. This might be resulted from the highest total solid content of tamarind-water used (Figure 1A). No difference in color likeness score of mousse produced with tamarind-water at 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 ($p>0.05$).

Table 1 Likeness scores of mousse produced with tamarind-water at ratio of 1:1 (M-1:1), 1:2 (M-1:2), 1:3 (M-1:3), 1:4 (M-1:4) and 1:5 (M-1:5)

Attributes	Samples				
	M-1:1	M-1:2	M-1:3	M-1:4	M-1:5
Appearance	8.00 ± 0.20^{*a**}	7.18 ± 0.75^{b}	6.00 ± 0.96^{c}	6.08 ± 0.91^{c}	5.71 ± 0.74^{d}
Color	7.10 ± 0.85^{a}	7.00 ± 094^{a}	6.96 ± 0.93^{a}	6.82 ± 0.99^{a}	6.08 ± 0.81^{b}
Odor	6.20 ± 0.87^{b}	7.22 ± 0.55^{a}	6.35 ± 0.97^{b}	5.59 ± 0.81^{c}	6.29 ± 0.94^{b}
Taste	4.33 ± 0.88^{d}	7.02 ± 0.52^{b}	6.39 ± 0.93^{c}	6.53 ± 0.96^{c}	7.76 ± 0.43^{a}
Flavor	6.86 ± 0.50^{b}	7.98 ± 0.63^{a}	6.49 ± 0.92^{c}	5.57 ± 0.94^{d}	7.10 ± 0.94^{b}
Texture	7.24 ± 0.83^{b}	7.00 ± 0.96^{b}	6.55 ± 0.89^{c}	6.14 ± 0.86^{d}	8.00 ± 0.63^{a}
Overall	5.96 ± 0.87^{d}	7.08 ± 0.79^{a}	6.51 ± 0.51^{b}	6.12 ± 0.63^{c}	7.00 ± 0.89^{a}

CONCLUSION

The decreases in total solid content, total soluble solid content and total acidity as the water increased were observed in tamarind-water ratio. Decreases in antioxidant activities, ABTS radical scavenging and FRAP, in tamarind-water correlated with total phenolic content. When tamarind-water was used as an ingredient for mousse production, it was found that tamarind-water with higher water level contributed to textural properties and color. However, mousse produced with 1:2 tamarind-water had the highest scores of flavor and overall while the likeness scores of texture was lower than that produced with 1:5 tamarind-water. From the results, tamarind-water at ratio of 1:2 could be used for mousse production with high total phenolic content and antioxidant activities. Thus, the improvement of textural properties of mousse produced with 1:2 tamarind-water should be studied.

REFERENCES

AOAC. 1996. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Borcherding, K., P. Chr. Lorenzen, W. Hoffmann and K. Schrader. 2008. Effect of foaming temperature and varying time/temperature-conditions of pre-heating on the foaming properties of skimmed milk. **International Dairy Journal** 18: 349-358.

Cardarelli, H.R., L.C. Aragon-Alegro, J.H.A. Alego, I.A. de Castro and S.M. Saad, 2008. Effect of inulin and *Lactobacillus paracasei* on sensory and instrumental texture properties of functional chocolate mousse. **Journal of the Science and Food Agriculture** 88: 1318-1324.

Chen, Z., R. Bertin and G.Froldi. 2013. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH$^{\bullet}$ assay using several statistical programs. **Food Chemistry** 138: 414 – 420.

Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed system. **Food Hydrocolloids.** 17: 25-39.

Riebroy, S., P. Jira-anankul, W. Aungkuldee and P. Pasukamolset. 2014. Physical characteristics and acceptance of chocolate mousse produced from commercial pasteurized milks contained different fat content. **RMUTP Research Journal** 8(2): 135-145. (in Thai)

Saideswara Rao, Y. and K. Mary Mathew. 2012. Tamarind. pp. 512-533. *In* Peter K.V. ed. **Handbook of Herbs and Spices** (2nd ed.) WP Woodhead Publishing, Philadelphia, USA.

Tril,U., J. Fernández-López and J. A. P. Álvarez. 2014. Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fiber powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.). **Industrial Crops and Products** 55: 155-162.

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์		ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวิช วรรณไกรโรจน์	ประธานสาขาพืช	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวดี โสพรรณรัตน์	ประธานสาขาสัตว์	กรรมการ
สัตวแพทย์หญิง ดร.สิริรัตน์ นิยม	ประธานสาขาสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
ดร.จีรภา หินซุย	ประธานสาขาประมง	กรรมการ
ดร.ศิริพร เรียบร้อย คิม	ประธานสาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นวลวรรณ สุนทรภิษัช	ประธานสาขาวิทยาศาสตร์และพันธุวิศวกรรม	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติ เจียมไชยศรี	ประธานสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขนิษฐา วัชราภรณ์	ประธานสาขาอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แก้วจำปา	ประธานสาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
ดร.พิกุล เอกวรางกูร	ประธานสาขาศึกษาศาสตร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หฤทัย นำประเสริฐชัย	ประธานสาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันตรีหญิง ดร.พนมพร พุ่มจันทร์	ประธานสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	กรรมการ
ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	ประธานฝ่ายสารสนเทศ	กรรมการ
ดร.นีรนุช ภาชนะทิพย์	ประธานฝ่ายสูจิบัตรและฝ่ายเลขานุการ	กรรมการ
นายปัญญา ซื่อตรง	ประธานฝ่ายจัดพิมพ์เอกสารทางวิชาการ	กรรมการ
นางมัลลิกา เกตุชรารัตน์		กรรมการและเลขานุการ
นางสาวยลรวิวรร วิบูรณวงศ์		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นางสาวพิชชาอรฐ์ สิริชีวเกษร		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นางสาวอรญา ศรีอนันต์		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นางสาวทิพวรรณ เขม้นกิจ		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1.	ดร.จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
2.	ดร.รัชฎาวรรณ เงินกลั่น	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
3.	รศ.ดร.วิบูลย์ จงรัตนเมธีกุล	ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
4.	ดร.เพชรดา ปินใจ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
5.	ผศ.ดร.เสาวนุช ถาวรพฤกษ์	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
6.	ผศ.ดร.เฉลิมพล ภูมิไชย์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
7.	ดร.ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
8.	ผศ.ดร.ธานี ศรีวงศ์ชัย	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
9.	ดร.ภัศจี คงศีล	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
10.	ดร.สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
11.	ดร.สุจินต์ เจนวีรวัฒน์	ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
12.	ดร.เจนจิรา ชุมภูคำ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
13.	ผศ.ดร.เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
14.	ดร.ทัศไนย จารุวัฒนพันธ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
15.	ดร.เบญญา มะโนชัย	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
16.	ดร.ปริยานุช จุลกะ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
17.	ผศ.ดร.พิจิตรา แก้วสอน	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
18.	รศ.ดร.สุรวิช วรรณไกรโรจน์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
19.	ดร.อัณณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
20.	ดร.อิษยา นะมิกิ	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
21.	ผศ.ดร.ธิดา เดชฮวบ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
22.	ผศ.ดร.อนงค์นุช สาสนรักกิจ	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
23.	ผศ.ดร.อรอุมา เพียซ้าย	ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.จริยา จันทร์ไพแสง ข้าราชการบำนาญ
2. ผศ.ดร.สุเทพ ทองแพ ข้าราชการบำนาญ
3. ศ.เกียรติคุณ ดร.อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ ข้าราชการบำนาญ
4. รศ.ดร.จวงจันทร์ ดวงพัตรา ข้าราชการบำนาญ
5. รศ.ดร.รังสฤษฏ์ กาวีต๊ะ ข้าราชการบำนาญ
6. รศ.ดร.วันชัย จันทร์ประเสริฐ ข้าราชการบำนาญ
7. ศ.ดร.สายัณห์ ทัดศรี ข้าราชการบำนาญ
8. รศ.ดร.ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา ข้าราชการบำนาญ
9. รศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย ข้าราชการบำนาญ
10. รศ.ดร.สมศิริ แสงโชติ ข้าราชการบำนาญ
11. รศ.ดร.อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ ข้าราชการบำนาญ
12. ผศ.ดร.ปริชาติ ดิษฐกิจ สาขาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Editorial Board

Subject: Plants (internal)

1. Dr.Jaruwat Thowthampitak
2. Dr.Ratchadawan Ngoenklan
3. Assoc.Prof.Dr.Wiboon Chongrattanameteekul
4. Dr.Pechlada Pinjai
5. Asst.Prof.Dr.Saowanuch Tawornpruek
6. Asst.Prof.Dr.Chalermpol Phumichai
7. Dr.Damrongvudhi Onwimol
8. Asst.Prof.Dr.Thanee Sriwongchai
9. Dr.Pasajee Kongsila
10. Dr.Sarawut Rungmekarat
11. Dr.Sujin Jenweerawat
12. Dr.Jenjira Chumpookam
13. Asst.Prof.Dr.Shermarl Wongchaochant
14. Dr.Tassanai Jaruwattanaphan
15. Dr.Benya Manochai
16. Dr.Pariyanuj Chulaka
17. Asst.Prof.Dr.Pichittra Kaewsorn
18. Assoc.Prof.Dr.Surawit Wannakrairoj

19. Dr.Anchaya Mongkolchaiyaphruek

20. Dr.Issaya Namiki

21. Asst.Prof.Dr.Tida Dethoup

22. Asst.Prof.Dr.Anongnuch Sasnarukkit

23. Asst.Prof.Dr.Onuma Piasia

Subject: Plants (external)

1. Assoc.Prof.Dr.Jariya Chanpaisaeng
2. Asst.Prof.Dr.Suthep Thongpae
3. Prof.Dr.Amnat Suwanarit
4. Assoc.Prof.Dr.Juangjun Duangpatra
5. Assoc.Prof.Dr.Rangsarid Kaveeta
6. Assoc.Prof.Dr.Wanchai Chanprasert
7. Prof.Dr.Sayan Tudsri
8. Assoc.Prof.Dr.Yingyong Paisooksantiwatana
9. Assoc.Prof.Dr.Niphon Thaveechai
10. Assoc.Prof.Dr.Somsiri Sangchote
11. Assoc.Prof.Dr.Ampaiwan Paradornuwat
12. Asst.Prof.Dr.Parichat Dittakit

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตว์ : ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1.	ผศ.น.สพ.ดร.ชัยวัฒน์ บุญแก้ววรรณ	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
2.	ผศ.ดร.อัจฉรา ขยัน	ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
3.	ผศ.น.สพ.ดร.วิน สุรเชษฐพงษ์	ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์
4.	อ.น.สพ.ดร.ศิรินทร์ ธีระวัฒนศิริกุล	ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์

สาขาสัตว์ : ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1.	รศ.น.สพ.ดร.สนธยา เตียวศิริทรัพย์	หน่วยปรสิตวิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.	น.สพ. ดร. กิตติชัย อุ่นจิต	หน่วยปรสิตวิทยา สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์
3.	ดร.ถิรนันท์ ศรีกัญชัย	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
4.	อ.ดร.พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ	สาขาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

Editorial Board

Subject : Animals (internal)

1. Asst.Prof.Dr.Chaiwat Boonkaewwan
2. Asst.Prof.Dr.Autchara Kayan
3. Asst.Prof.Dr.Win Surachetpong
4. Dr.Sirin Theerawatanasirikul

Subject : Animals (external)

1. Assoc.Prof.Dr.Sonthaya Tiawsirisup
2. Dr.Kittichai Unjit
3. Dr.Tiranun Srikanchai
4. Dr.Pilasrak Panprasert

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตวแพทยศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1.	อาจารย์ ดร.สุนันท์ พินิตเกียรติสกุล	ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน
2.	ผศ.ดร.อุคเดช บุญประกอบ	ภาควิชาสรีรวิทยา
3.	ศ.ดร.สถาพร จิตตปาลพงศ์	ภาควิชาปรสิตวิทยา
4.	อาจารย์ ดร.เทวินทร์ อินปั๋นแก้ว	ภาควิชาปรสิตวิทยา
5.	ผศ.ดร.ปรีดา เลิศวัชระสาระกุล	ภาควิชาพยาธิวิทยา
6.	ผศ.ดร.เฉลิมพล เล็กเจริญสุข	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
7.	รศ.ดร.จตุพร รัตนศรีสมพร	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
8.	ผศ.ดร.วราภรณ์ อ่วมอ่าม	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
9.	อาจารย์ ดร.สถิตภัค นันทสันติ	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
10.	อาจารย์ เสลภูมิ ไพเราะ	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
11.	รศ.ดร.เกษกนก ศิรินฤมิตร	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
12.	ผศ.ดร.จันทร์จิรา ภวภูตานนท์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
13.	ผศ.ดร.ทัศนีย์ เจริญทรง	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
14.	ผศ.ดร.กัญจน์ แก้วมงคล	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง
15.	ผศ.ดร.ชัยเทพ พูลเขตต์	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์
16.	อาจารย์ ดร.ชลาลัย เรืองหิรัญ	ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์
17.	ผศ.อดิศร ยะวงศา	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า
18.	รศ.ดร.ธีระ รักความสุข	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า
19.	ผศ.ดร.พรชัย สัญฐิติเสรี	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า
20.	รศ.ดร.อนุชัย ภิญโญภูมิมินทร์	ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า

สาขาสัตวแพทยศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. อาจารย์ ดร.ศิษฏ์ เปรมัษเฐียร — กรมปศุสัตว์
2. อาจารย์ ดร.นรสุทธิ์ บางภูมิ — คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
3. รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรกมล ธนศักดิ์ — ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกและการสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
4. อาจารย์ ดร.สหัสชัย ตั้งตรงทรัพย์ — คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. อาจารย์ ดร.เฉลิมชาติ สมเกิด — คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. อาจารย์ ดร.รักธรรม เมฆไตรรัตน์ — คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
7. ผศ.ดร.วรพร สุขุมาวาสี — ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. รศ.ดร.ฟ้าน่าน สุขสวัสดิ์ — ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Editorial Board

Subject: Veterinary Medicine (internal)

1. Teacher Sunan Pinitkiatisakul
2. Asst.Prof.Dr.Ukadej Boonyaprakob
3. Prof.Dr.Sathaporn Jittapalapong
4. Teacher Tawin Inpankaew
5. Asst.Prof.Dr.Preeda Lertwatcharasarakul
6. Asst.Prof.Dr.Chalermpol Lekcharoensul
7. Assoc.Prof.Dr.Jatuporn Rattanasrisomporn
8. Asst.Prof.Dr.Waraporn Aumarm
9. Teacher Sathidpak Nantasanti
10. Teacher Salapoom Pairor
11. Assoc.Prof.Dr.Kaitkanoke Sirinarumitr
12. Asst.Prof.Dr.Janjira Phavaphutanon
13. Asst.Prof.Dr.Tassanee Jaroensong
14. Asst.Prof.Dr.Kanja Kaewmongkol
15. Asst.Prof.Dr.Chaithep Poolkhet
16. Teacher Chalalai Rounghirun
17. Asst.Prof.Adisorn Yawongsa
18. Assoc.Prof.Dr.Theera Rukkwamsuk
19. Asst.Prof.Dr.Pornchai Sanyathitiseree
20. Assoc.Prof.Dr.Anuchai Pinyopummintr

Subject: Veterinary Medicine (external)

1. Teacher Sith Premasthien
2. Teacher Norasuthi Bangphoomi
3. Assoc.Prof.Dr.Jitkamol Thanasak
4. Teacher Sahatchai Tangtrongsup
5. Teacher Chaleamchat Somgird
6. Teacher Raktham Maktrirat
7. Asst.Prof.Dr.Woraporn Sukhumavasi
8. Assoc.Prof.Dr.Fanan Suksawat.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1.	ผศ.ดร.เมธี แก้วเนิน	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
2.	ดร.วรัณทัต ดุลยพฤกษ์	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
3.	รศ.จิราภัษ อัจจิมางกูร	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
4.	ดร.ศันสนีย์ หวังวรลักษณ์	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
5.	ผศ.ดร.จิราภรณ์ ไตรศักดิ์	ภาควิชาการจัดการประมง คณะประมง
6.	รศ.ดร.อนงค์ จีรภัทร์	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
7.	รศ.ดร.นิติ ชูเชิด	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
8.	ผศ.สมหมาย เจนกิจการ	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
9.	ดร.ไพลิน จิตรชุ่ม	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
10.	ดร.จันทนา ไพรบูรณ์	ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง
11.	รศ.ดร.อรพินท์ จินตสถาพร	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
12.	ผศ.ดร.เรืองวิชญ์ ยุ้นพันธ์	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
13.	รศ.ดร.วราห์ เทพาหุดี	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
14.	ผศ.ดร.อรพร หมื่นพล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
15.	อ.สรณัฏฐ์ ศิริสวย	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
16.	ผศ.ดร.พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
17.	ดร.สุชาติ อิงธรรมจิตร์	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
18.	ดร.พัฒนพล ขยันสำรวจ	ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
19.	ผศ.พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
20.	ผศ.ดร.สุชาย วรชนะนันท์	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
21.	ผศ.ดร.วิกรม รังสินธุ์	ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
22.	ผศ.ดร.ภาสิณี วรชนะนันท์	ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม
23.	รศ.ดร.ปรารถนา ปรารถนาดี	ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
24.	ผศ.ดร.สิริชัย ส่งเสริมพงษ์	ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
25.	ผศ.ดร.เทพกัญญา หาญศีลวัต	ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
26.	ผศ.ดร.ธนารดี คำยา	ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์
27.	ผศ.ดร.อรนัดดา ชิณศรี	ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์
28.	ผศ.ดร.ยอดชาย เตียเปิ้น	ภาควิชาวิศวกรรมทางทะเล คณะพาณิชยนาวีนานาชาติ

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.เจริญ นิติธรรมยง	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ศ.ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. รศ.ดร.ปราโมทย์ โศจิศุภร	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. รศ.ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. น.สพ.ดร.ประพฤติดี ปิยะวิริยะกุล	ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. รศ.สพ.ญ.ดร.เจนนุช ว่องธวัชชัย	ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. ผศ.น.สพ.ดร.ชาญณรงค์ รอดคำ	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. ผศ.ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล	สาขากรรมวิธีผลิตอาหารและวิศวกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. ดร.สรวิศ เผ่าทองศุข	ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยี ชีวภาพแห่งชาติ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
10. ศ.ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	สาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
11. รศ.ดร.นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร	ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
12. นายสุเมตต์ ปุจฉาการ	สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
13. ผศ.ดร.เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล	คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
14. ผศ.ดร.สถาพร ดิเรกบุษราคม	สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
15. ผศ.ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

16. ผศ. ดร.นพรัตน์ มะเห	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
17. ผศ.ดร.ไตรเทพ วิชย์โกวิทเทน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
18. ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ	ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
19. รศ.ดร.นงนุช รักสกุลไทย	ข้าราชการบำนาญ
20. ดร.จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ	ข้าราชการบำนาญ
21. นายทวีป บุญวานิช	ข้าราชการบำนาญ
22. ดร.มาลา สุพงษ์พันธ์	ข้าราชการบำนาญ
23. นายวีระ โภคาพันธ์	ข้าราชการบำนาญ
24. นายพงศ์พัฒน์ บุญชูวงศ์	ข้าราชการบำนาญ
25. นางสาวอรวรรณ คงพันธ์	ข้าราชการบำนาญ
26. นางสาวอมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล	ข้าราชการบำนาญ
27. นายจุมพล สงวนสิน	ข้าราชการบำนาญ
28. นางนิรชา วงษ์จินดา	ข้าราชการบำนาญ
29. นางสาวสุวิมล กีรติวิริยาภรณ์	สำนักงานตรวจราชการกรม
30. นายพุทธ ส่องแสงจินดา	กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง
31. นางสาวจินตนา นักระนาด	กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง
32. นายทวี วิพุทธานุมาศ	สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง
33. ดร.วงศ์ปฐม กมลรัตน์	กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
34. นางสาวสุพิศ ทองรอด	บริษัท ไทยยูเนียนฟิดมิลล์ จำกัด
35. นางสุมิตรา เรืองสิวะกุ	กองการจัดการประมงขนาดเล็ก ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

Editorial Board

Subject: Fisheries (internal)

1. Asst.Prof.Dr.Methee Kaewnern
2. Lecturer Dr.Varanthat Dulyapurk
3. Assoc.Prof.Jirapast Adjimangkuul
4. Lecturer Dr.Sansanee Wangvoralak
5. Asst.Prof.Dr.Jiraporn Trisak
6. Assoc.Prof.Dr.Anong Chirapart
7. Assoc.Prof.Dr.Niti Chuchird
8. Asst.Prof.Sommai Janekitkarn
9. Dr.Pailin Jitchum
10. Dr.Jantana Praiboon
11. Assoc.Prof.Dr.Orapint Jintasataporn
12. Asst.Prof.Dr.Ruangvit Yoonpundh
13. Assoc.Prof.Dr.Wara Taparhudee
14. Asst.Prof.Dr.Oraporn Meunpol
15. Lecturer Soranuth Sirisuay
16. Asst.Prof.Dr.Phongchate Pichitkul
17. Lecturer Dr.Suchart Ingthamjitr
18. Lecturer Dr.Pattanapon Kayansamrua
19. Asst.Prof.Puntip Wisespongpand
20. Asst.Prof.Dr.Suchai Worachananant
21. Asst.Prof.Dr.Wikrom Rungsin
22. Asst.Prof.Dr.Pasinee Worachananant
23. Assoc.Prof.Dr.Parthana Parthanadee
24. Asst.Prof.Dr.Sirichai Songsermpong
25. Asst.Prof.Dr.Thepkunya Harnsilawat
26. Asst.Prof.Dr.Tanaradee Khumya
27. Asst.Prof.Dr.Oranutda Chinnasri
28. Asst.Prof.Dr.Yodchai Tiaple

Editorial Board

Subject: Fisheries (external)

1. Assoc.Prof.Dr.Charoen Nitithamyong
2. Prof.Dr.Padermsak Jarayabhand
3. Assoc.Prof.Dr.Pramot Sojisuporn
4. Assoc.Prof.Dr.Thaithaworn Lirdwitayaprasit
5. Lecturer Dr.Prapruddee Piyaviriyaku
6. Assoc.Prof.Dr.Janenuj Wongtavatchai
7. Asst.Prof.Dr.Channarong Rodkhum
8. Asst.Prof.Dr.Chaleeda Borompichaichartkul
9. Dr.Sorawit Powtongsook
10. Prof.Dr.Tuanthong Jutagate
11. Assoc.Prof.Dr.Nongnud Tangkrock-olan
12. Senior Professional Scientist Sumaitt Putchakarn
13. Asst.Prof.Dr.Benjamas Paibulkichakul
14. Asst.Prof.Dr.Sataporn Direkbusarakom
15. Asst.Prof.Dr.Soraya Kerdpiboon
16. Asst.Prof.Dr.Nopparat Mahae
17. Asst.Prof.Dr.Tritep Vichkovitten
18. Asst.Prof.Dr.Prasong Siriwongwilaichat
19. Asst.Prof.Dr.Nongnuch Raksakulthai
20. Dr.Jaruwat Nabhitabhata

21. Fishing Gear Expert Taweep Boonwanich
22. Dr.Mala Supongpan
23. Senior Expert on Marine Fisheries Weera Pokapunt
24. Adviser Pongpat Boonchuwong
25. Pensioner Orawan Kongpun
26. Expert Amornrat Sermwatanakul
27. Director Joompol Sanguansin
28. Expert Niracha Wongjinda
29. Inspector General Department of Fisheries Suwimon Keerativiriyaporn
30. Senior Expert on Marine Shrimp Culture Putth Songsangjinda
31. Senior Expert Jintana Nugranad
32. Expert Tawee Wiput-tanumas
33. Dr.Wongpathom Kamonrat
34. Dr.Supit Thongrod
35. Socio-Economics Section Head Sumitra Ruangsivakul

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1.	รศ.ดร.พัฒนา สุขประเสริฐ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
2.	รศ.ดร.สาวิตรี รังสิภัทร์	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
3.	รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
4.	ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
5.	ผศ.ดร.พนามาศ ตรีวรรณกุล	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
6.	ดร.ธานินทร์ คงศิลา	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
7.	อ.ดร.พัชราวดี ศรีบุญเรือง	ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
8.	ผศ.ดร.อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
9.	ผศ.ดร.ศิริพร เรียบร้อย คิม	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
10.	ดร.ศรันยา คุณะดิลก	ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
11.	รศ.ดร.ณรงค์ สมพงษ์	ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1.	ศ.ดร.ดิเรก ฤกษ์หร่าย	ข้าราชการบำนาญ
2.	รศ.ดร.นาถ พันธุมนาวิน	ข้าราชการบำนาญ
3.	รศ.ดร.จำนงรักษ์ อุดมเศรษฐ์	ข้าราชการบำนาญ
4.	ผศ.ดร.สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช	ภาควิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5.	ดร.ชาญชัย สิริเกษมเลิศ	ผู้อำนวยการฝ่ายส่งเสริมเทคโนโลยีสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
6.	รศ.ดร.มนัส ชัยจันทร์	สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
7.	ผศ.ศิรินทร์ ใจเที่ยง	สาขาวิชาศิลปะการออกแบบพัสตราภรณ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Editorial Board

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (internal)

1. Assoc.Prof.Dr.Patana Sukprasert
2. Assoc.Prof.Dr.Savitree Rangsipaht
3. Assoc.Prof.Dr.Pichai Thongdeelert
4. Asst.Prof.Dr.Supattra Srisuwan
5. Asst.Prof.Dr.Panamas Treewannakuk
6. Dr.Tanin Kongsila
7. Dr.Patcharavadee Sriboonruang
8. Asst.Prof.Dr.Anchanee Utaipatanacheep
9. Asst.Prof.Dr.Siriporn Riebroy Kim
10. Dr.Sarunya Kunadilok
11. Assoc.Prof.Dr.Narong Sompong

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (external)

1. Prof.Dr.Direk Rerkrai
2. Assoc.Prof.Dr.Nath Bhanthumnavin
3. Assoc.Prof.Dr.Jumnongruk Udomsade
4. Asst.Prof.Dr.Somsak Kuhasawanwatch
5. Dr.Chanchai Sirikasemlert
6. Assoc.Prof.Dr.Manat Chaijan
7. Asst.Prof.Sirin Jaiteang

คณะกรรมการฝ่ายจัดพิมพ์เอกสาร

ดร.นีรนุช ภาชนะทิพย์
ที่ปรึกษา

นายปัญญา ซื่อตรง
ประธานกรรมการ

นายจรูญศักดิ์ สวนสวรรค์
รองประธานกรรมการ

นางมัลลิกา เกตุชรารัตน์
รองประธานกรรมการ

นางสาวปฐมาวดี กุลวัฒนะไพศาล
รองประธานกรรมการ

นางวัชรี ทองทิพย์
กรรมการ

นางสาวอุดมลักษณ์ พลอยสุวรรณ
กรรมการ

นางสาวจิราวรรณ สุริยกุล ณ อยุธยา
กรรมการ

นายภานุวัฒน์ บุญชัยกมลอากร
กรรมการ

นางปนัดดา ดีหะริง
กรรมการ

นายภานุวัฒน์ บุญชัยกมลอากร
กรรมการ

นางสาวยลรวิวรร วิบูรณวงศ์
กรรมการ

นางสาวสุดธิดา มีสวัสดิ์
กรรมการ

นางสาวธิดา จันทาพูน
กรรมการ

นายวิทยา วงษ์เอี่ยม
กรรมการ

นายวัชระ นิลประพันธ์
กรรมการ

นายวิทยา วงษ์เอี่ยม
กรรมการ

นางสาวกฤษฎี ปริวัตรกุล
กรรมการและเลขานุการ

นางนฤมล อินถา
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสุณานี ศรีดี
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวศลิษา หวานวาจา
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวธัญญ์นัฐดา กุนอก
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ISBN : 978-616-278-434-7

ฝ่ายบริการการศึกษา สำนักทะเบียนและประมวลผล

อาคารระพีสาคริก ชั้น 7 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0 2942 8200 ต่อ 8211-8217 โทรสาร 0 2118 0145 E-mail : annualconference@ku.ac.th

http://www.annualconference.ku.ac.th