



“เกษตรศาสตร์วิถีถัดไป พลิกวิกฤติสู่ความยั่งยืน”

“Next Normal KASETSART: Turning Crisis into Sustainability”

Proceedings No. 1

AGRICULTURAL SCIENCES

✿ สาขาพืช

Plants

✿ สาขาสัตว์

Animals

✿ สาขาสัตวแพทยศาสตร์

Veterinary Medicine

✿ สาขาประมง

Fisheries

✿ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

Agricultural Extension and Home Economics



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
The Proceedings of the 60th Kasetsart University Annual Conference
21-23 กุมภาพันธ์ 2565 (February 21-23, 2022)

เล่มที่ 1

สาขาพืช
(Subject: Plants)
สาขาสัตว์
(Subject: Animals)
สาขาสัตวแพทยศาสตร์
(Subject: Veterinary Medicine)
สาขาประมง
(Subject: Fisheries)
สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมเกษตร
(Subject: Agricultural Extension and Home Economics)

จัดโดย (Organized by)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

ร่วมกับ (in cooperation with)

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
(Ministry of Education, Science, Research and Innovation)
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives)
กระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education)
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Ministry of Natural Resource and Environment)
กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (Ministry of Digital Economy and Society)
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
(Thailand Science Research and Innovation)
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council of Thailand)
เครือข่ายวิจัยประชาชน (Prachacheun Research Network)

การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60

The Proceedings of the 60th Kasetsart University Annual Conference

วันที่ 21-23 กุมภาพันธ์ 2565 (February 21-23, 2022)

จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือน เมษายน 2565

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์เป็นของ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2579-5548

ISBN (e-book) (ชุด): 978-616-278-689-1

คำนำ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้จัดการประชุมวิชาการอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยร่วมกับ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และเครือข่ายวิจัยประชาชน จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60 ระหว่างวันที่ 21-23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ภายใต้ Theme “เกษตรศาสตร์วิถี ถัดไป พลิกวิกฤติสู่ความยั่งยืน” (Next Normal KASETSART : Turning Crisis into Sustainability) เพื่อมุ่งส่งเสริมให้นักวิชาการและคณาจารย์จากสาขาต่างๆ นำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ และความชำนาญ ระหว่างนักวิชาการ คณาจารย์ของภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งจะนำไปสู่ความร่วมมือทางการวิจัยและยังเปิดโอกาสให้นิสิต นักศึกษา ได้แสดงผลงานทางวิชาการ โดยความรู้และวิทยาการใหม่ๆ ดังกล่าว ยังได้ถ่ายทอด เผยแพร่สู่สาธารณชน อันจะนำมาซึ่งความกินดี อยู่ดี และการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การนำเสนอผลงานวิชาการประกอบด้วยภาคบรรยายจำนวน 142 เรื่อง และภาคโปสเตอร์จำนวน 79 เรื่อง รวม 221 เรื่อง แบ่งออกเป็น 12 สาขา ได้แก่ สาขาพืช สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สาขาศึกษาศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ โดยได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็มใน E-Proceedings จำนวน 177 เรื่อง

เอกสารฉบับนี้เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ เล่มที่ 1 ประกอบด้วย สาขาพืช จำนวน 30 เรื่อง สาขาสัตว์ จำนวน 10 เรื่อง สาขาสัตวแพทยศาสตร์ จำนวน 5 เรื่อง สาขาประมง จำนวน 12 เรื่อง และสาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ จำนวน 9 เรื่อง ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

ในนามของคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60 ขอขอบคุณ คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนิสิต นักศึกษา ที่ได้ร่วมนำเสนอผลงานวิจัย และผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการทุกฝ่ายที่สละเวลา แรงกาย แรงใจและความคิด ร่วมมือกัน จัดเตรียมการประชุม จนทำให้การประชุมทางวิชาการครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



(ดร. จงรัก วาชรินทร์รัตน์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60



ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในเอกสารบทความ

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: kuannualconf@gmail.com

Website: <http://annualconference.ku.ac.th>,

<http://www.rdi.ku.ac.th>

สารบัญ

สาขาพืช (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	พช.9/O20	ผลของทิศทางของกิ่งต่อการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียน พันธุ์หอมทอง ณิชากรมล เอี่ยมประเสริฐกุล, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, วีรศิลป์ สอนจรรยา, คณพล จุฑามณี	2
2	พช.28/O98	อิทธิพลของวิธีการปลูกต่อค่าความร้อนสะสม การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 และปทุมธานี 1 เบญญา เจริมท่า, ปาริชาติ พรหมโชติ, สุตเชตต์ นาคะเสถียร, ธานี ศรีวงศ์ชัย, พีรพงษ์ พักโพธิ์เย็น, อธิชา ศรีจ้อย, จิรัชฎานันท์ คงสุวรรณ	10
3	พช.35/O124	การประเมินความต้องการน้ำของมะเขือเทศและมะระจีน ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพิจิตรโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ พิมพ์พิสุทธิ์ ชื่อตรง, ลำแพน ขวัญพูล	18
4	พช.26/O73	การพัฒนา Mobile application บันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง จังหวัดปทุมธานี สมพงษ์ ศรารุทธิกุล, สุเพชร จิระจรรกุล	26
5	พช.15/O45	ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีดินและ การเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง ณัฐนนท์ บุญโกย, ทศไนย จารุวัฒนพันธ์, อารยา อัจเจริญ เทียนหอม, เจนจิรา ชุมภูคำ, เกศศิริรินทร์ แสงมณี	35
6	พช.17/O50	ผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติ ของดินในชั้นดินลึกเขตรากพืช และน้ำชะดินในสวนทุเรียน ภาคตะวันออกภายใต้การจำลองสภาพในไลซิมิเตอร์ อัศววัฒน์ วอเพชร, ณัฐพล ใจชื่อ, ภัทรารัตน์ เทียมเก่า, นุกุล ถวิลถึง	40

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
7	พช.18/O57	ผลของการใส่ตอซังข้าวและใบย่อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกข้าว นันทนัช ชาวพะเยาว์, สุกัญญา แยมประชา	49
8	พช.23/O65	ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดินนา อารดา บุญอาจ, จวรรชนก ปรีสงค์, สุกัญญา แยมประชา	59
9	พช.16/O48	การตรวจสอบเอนไซม์และสภาพความคงทนของเชื้อ <i>Bacillus</i> spp. ที่คัดเลือกสำหรับการผลิตพริก กัญญาณัฐ คุณคำ, ชัยณรงค์ รัตนกรีฑาทกุล, รัตยา พงศ์พิสุทธา	67
10	พช.32/O111	การประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวจาก <i>Ralstonia solanacearum</i> ในมะเขือยาว ละอองดาว สูงเนิน, จุฑารัตน์ เชื้อพงษ์, มงคล สระทองจันทร์, อังสนา อัครพิศาล	77
11	พช.25/O68	การจัดกลุ่มเขตเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าโดยใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดร่วมกับลักษณะและชนิดของเมล็ด ศุภศรี คุ่มภัย, สุกินต์ เจนวีรวัดณ์, ปิยะ กิตติภาดากุล, ชูศักดิ์ จอมพุก, ธวัชชัย ประศาสน์ศรีสุภาพ	85
12	พช.30/O101	SCAR marker analysis on male sterility in American marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) breeding program Krisada Sukwiat, Jutamas Kumchai, Weenun Bundithya, Nuttha Potapohn	94
13	พช.37/O140	ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนและหลังออกแบบผสมรวมถึงในการควบคุมวัชพืชในแปลงอ้อย พรรณิภา เป็ชัยศรี, นาเดีย เบ็ญวานิช, จุฑารัตน์ เขียมบัว, ณัฐนนท์ สิทธิชัย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ทรงยศ ไชติชุตติมา, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์	100

สาขาพืช (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	พช.1/P1	ความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดมะระที่ได้รับผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา สรยุทธม์ ศรีทัศน์, พิจิตรา แก้วสอน, ปริยานุช จุลกะ, นิตยา ชูเกาะ	109
2	พช.4/P5	การประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยต์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ, ศุภรา อัคระสาระกุล, ภัทระ ลูกรักษ์	117
3	พช.6/P10	การยืดอายุการเก็บรักษาพริกชี้ฟ้าสดและการลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรกคโนส บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบุญชาชัย	125
4	พช.7/P12	ผลของสารปลดปล่อยในควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของส้มจากเชื้อรา <i>Penicillium digitatum</i> วีรภรณ์ เดชนำบุญชาชัย, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม	133
5	พช.8/P15	ผลของวิธีการลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน ปี1 ในเมล็ดถั่วลิสง ศุภรา อัคระสาระกุล, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, สุพี วนศิริกุล, มัทนา วานิชย์	142
6	พช.11/P21	รูปแบบการดูดน้ำและระยะการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะในน้ำและสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต นลินรัตน์ อึ้งสายเชื้อ, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, นิตยา ชูเกาะ, พิจิตรา แก้วสอน	150
7	พช.12/P26	ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง รัตตา สุทธยาคม, ศุภรา อัคระสาระกุล, วีรภรณ์ เดชนำบุญชาชัย	158
8	พช.13/P30	การประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วโดยใช้เทคนิค Near infrared spectroscopy ภัทระ ลูกรักษ์, นฤเทพ เวชภิบาล, โกเมศ สัตยาภู, เฉลิมวุฒ สมปาก	168

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
9	พช.19/P44	การประเมินลักษณะประจำพันธุ์ และการทนทานต่อสภาพหนาวเย็นในเชื้อพันธุกรรมถั่วเขียว กัญฐิกา เจริญราษฎร์, ธนพร ขจรผล, เจนจิรา ศรีศักดิ์, ชลธิรา แสงศิริ	176
10	พช.20/P45	การประมวลผลภาพเพื่อประเมินพื้นที่รากดาวเรืองพันธุ์ปลูกคาน่าโกลด์เอ็กซ์ตรา หทัยวรรณ ไหมศรี, ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, สิทธิพร มณีวรรณ	184
11	พช.21/P46	ประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมโรคใบร่วงของยางพาราในสภาพห้องทดลอง อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช, สุพรรณณี ม่วงอ่อนพะเนา	191
12	พช.22/P50	การเปรียบเทียบวิธีการให้น้ำที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง กฤษฎา ลิ้มชูวงศ์, อารยา อาจเจริญ เทียนหอม, ทศไนย จารุวัฒน์พันธ์, เจนจิรา ชุมภูคำ	199
13	พช.24/P56	การปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมให้ทนทานต่ออุณหภูมิสูงในระยะสืบพันธุ์ สุรางคณา นิมีไทย, ศิวเรศ อารีกิจ, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	207
14	พช.31/P65	การประเมินและคัดเลือกขั้นต้นพันธุ์ลูกผสมมะขามเปรี้ยวไทย เรืองศักดิ์ กมขุนทด, ดรุณี ถาวรเจริญ, ภาสันต์ ศารทูลทัต, เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, สุชะวัฒน์ ทองเหลียว	216
15	พช.38/P79	การชักนำแคลลัสและยอดจากฐานใบเบญจมาศพันธุ์กรีนบัทเทินในสภาพปลอดเชื้อ พันทิพา ลิ้มสงวน, ชลดา ปานประเสริฐ, เนติมา มะลิตอง, อัมพร แต่งโต, ธีรยุทธ คล้าชื่น	224
16	พช.39/P84	การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลีด้วยน้ำมันหอมระเหย อนัญญา ศรีจันทร์, นิภาพร ยลสวัสดิ์, มณฑินี ธีรารักษ์	232

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
17	พช.42/P90	ผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ ผักวางตุ้งดอก ปิยะภรณ์ จิตรเอก, พราวมาศ เจริญรักษ์, พิมพรรณ พิมลรัตน์, สุวรรณภาณุจันท์ สุพมาตรา, อัครภัทร์ เทียงตรง, ดาวรุ่ง วชิรินทร์รัตน์	240

สาขาสัตว์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สศ.2/O40	Effects of zinc source supplements on productive performance, carcass quality, meat quality, and pododermatitis of broiler chickens Nahathai Singhasenee, Chaiyapoom Bunchasak, Choawit Rakangthong, Kanokporn Pongpong	247
2	สศ.14/O160	ผลของการใช้ผีเสื้อไหม (<i>Bombyx mori</i>) เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน ปลาป่นต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ ของนกกระทาไข่ (<i>Coturnix japonica</i>) ธนกฤต กาลวิบูลย์, นนทศักดิ์ เปี่ยมผล, พิทักษ์พล พรเอนก, ชำนาญวิทย์ พรมโคตร	256
3	สศ.9/O72	ความผันแปรของน้ำหมักมีชีวิต น้ำหมักซาก และน้ำหมักขึ้นส่วน ตัดแต่งของไก่ดำนิลเกษตร สโรชิตา แสงจง, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, ศกร คุณวุฒิมิถุนิธรณ, दनัย จัตุวา	263
4	สศ.10/O113	ผลของการเสริมกรดแกมมาอะมิโนในอาหารโปรตีนและพลังงาน ต่ำต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิตซาก และคุณภาพเนื้อ ของสุกรระยะรุ่นและขุน กุลธิดา ศิลมัย, ธิรวิทย์ เปี้ยคำภา, วิริยา ลุ่งใหญ่, สมบัติ ประสงค์สุข	271
5	สศ.5/O62	การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและ ความสามารถในการย่อยได้ของต้นข้าวหมัก 3 สายพันธุ์ ด้วยเทคนิคถุงไนลอน นพดล ชัยวิสุทธิ, อัญชลี คงประดิษฐ์, ภูมพงศ์ บุญแสน, ภัสราพร ธีรสิทธิ์ปัญญา, สุริยะ สะวานนท์	284

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
6	สต.15/O163	ผลของน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่ระดับแตกต่างกันต่อการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง และการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนลอน <u>พงษ์เทพ วงษ์ชมภู, อัญชลี คงประดิษฐ์, วิสูตร ไมตรีจิตต์, ศิริรัตน์ บัวผัน, สุริยะ สะวานนท์, ภูมิพงศ์ บุญแสน</u>	294
7	สต.3/O49	การตรวจนับจำนวนจิ้งหรีดด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับใช้ในวิสาหกิจชุมชนการเลี้ยงจิ้งหรีด <u>ภาวิต ชุตติชัยเมธา, เกரியงไกร แก้วตระกูลพงษ์, ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, สมพงษ์ เจษฎาธรรมสถิต</u>	302
8	สต.12/O139	การเจริญเติบโต ผลผลิต และโปรตีนในหญ้าเนเปียร์ 4 สายพันธุ์ <u>ดุจดาว คนยัง, มรกต วงศ์หน่อ, พิษิตร์ วรรณคำ, วรศิลป์ มาลัยทอง, สุรพงษ์ ทองเรือง, ศุภรี อยู่สุข, วันทนี แพงศรี, ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด</u>	309

สาขาสัตว์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สต.8/P57	ผลของการเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและลักษณะซากของไก่เนื้อ <u>นววรรณ พรหมภักดี, กันต์ฤทัย คำน้อย, กรรณิกา ฮามประคราม, บัวเรียม มณีวรรณ, กฤดา ชูเกียรติศิริ, จุฬากร ปานะถึก</u>	316
2	สต.4/P42	ความแตกต่างของวัสดุรองรับไข่ต่อความชอบและคุณภาพภายนอกของไข่ในไก่แม่พันธุ์พื้นเมือง <u>ยุทธนา สุนันตา, สุรรัตน์ อุ่นวิเศษ, จิราวรรณ สอนพิชัย, อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์, จำเริญ เพ็ญธรรม, สุภารักษ คำพูน</u>	323

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สป.6/O46	Isolation and cryopreservation of embryonic cells from local Thai chicken Suparat Chaipipat, Yanika Piyasanti, Kornkanok Sritabtim, Sukumal Prukudom, Rungthiwa Sinsiri, Kannika Siripattaraprat	331

สาขาสัตวแพทยศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สป.3/P17	ผลของการฉีดมีดลอกซีแคมต่อค่าไลโทวิตวิทยา และค่าเคมีคลินิก ในนกกินล่าไทย: การศึกษาเบื้องต้น ยสินทร เดชอภิรัตน์กุล, รติวรรณ สิทธิบุตร, รวีวรรณ พลอยพันธ์, ไชยยันต์ เกษรดอกบัว	339
2	สป.4/P22	การผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน ApxII จาก <i>E. coli</i> เพื่อใช้ในการทดสอบหาภูมิคุ้มกันต่อท็อกซินของ <i>Actinobacillus pneumonia</i> ในซีรัมสุกร พลอยภัสสร หอมกลิ่นแก้ว, อุมภาพร อินทะจร, ปรีดา เลิศวัชรสารกุล, สิริลักษณ์ จาละ	345
3	สป.5/P37	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อความไวยาต้านจุลชีพของเชื้อ <i>Pseudomonas</i> spp. จากตัวอย่างปัสสาวะและบาดแผลของสุนัขและแมว รัชภูมิ นาคชัง, ชัญญมณต์ จิราธรอภิวรร, ชนิสรา รอดปรีชา, ธนาพร ช่วยพยุง, จันทิมา พฤษภากร, สุภาดา คณานัน, ปฐมาพร เอมะวิศิษฐ์	353
4	สป.9/P85	กรณีศึกษา: การรักษาเต้านมขยายใหญ่ในแมวด้วย อะกลีพีริสโตน ชินสุมน ลิ่มมานนท์, เกษกนก ศิรินฤมิตร	357

สาขาประมง (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	ปม.1/O14	การศึกษาเบื้องต้นการเลี้ยงปลากะพงแดง (<i>Lutjanus argentimaculatus</i>) ในบ่อดินเพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกัน (เลี้ยงแบบเดี่ยว และแบบผสมผสาน) อนุรักษ์ สุขดารา, รุ่งทิวา คนสันทัด, วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเยี่ยม	366
2	ปม.2/O16	การเลี้ยงแม่ปูทะเล (<i>Scylla</i> spp.) ไขในกระดองระยะที่ 2 ไปสู่ระยะที่ 4 ด้วยรูปแบบการเลี้ยงแบบเดี่ยวและรวม รุ่งทิวา คนสันทัด, อนุรักษ์ สุขดารา, วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเยี่ยม, จิตติมา สุวรรณมาลา	373
3	ปม.8/O59	ผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ระบบภูมิคุ้มกันและความต้านทานการติดเชื้อ <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ในกุ้งขาวแวนนาไม พัชราภรณ์ ธีรวงศ์, ธีรวัฒน์ รวยรัตน์, อรุณทัย คีตะนนท์, พุทธุชา พันธุ์สวัสดิ์, นิติ ชูเชิด	380
4	ปม.6/O39	ผลของการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอน <i>Ompok bimaculatus</i> (Bloch, 1974) โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก เดชปรีชา กำชุ่ม, ชินดนัย ลีเจียะ, จอมสุดา ดวงวงษา	388
5	ปม.7/O47	การศึกษาคความไวของยาต้านจุลชีพในหลอดทดลองต่อแบคทีเรียก่อโรคที่แยกได้จากสัตว์น้ำ สุนิศา กุมพากิติ, ธีรวัฒน์ รวยรัตน์, ประพันธ์ศักดิ์ ศีระะภูมิ, พุทธรัตน์ เป้าประเสริฐกุล, นิติ ชูเชิด	396
6	ปม.12/O108	องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนในกระเพาะอาหารของปลาทุ, <i>Rastrelliger brachysoma</i> (Bleeker, 1851) ไพลิน จิตรชุ่ม, ทิพย์พร ลาภส่งผล, สมหมาย เจนกิจการ	407

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
7	ปม.14/O126	สภาพทางอุทกพลศาสตร์และการคาดการณ์การกระจายตัวอ่อนปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>) ในบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี กฤตภาส สุขชาติ, ธนัสพงษ์ โภควนิช, สมชาย ชนวัฒน์นา, อมรศักดิ์ สวัสดิ์	418

สาขาประมง (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	ปม.5/P18	ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (<i>Caulerpa lentillifera</i>) ในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (<i>Babylonia areolata</i>) ระยะวัยรุ่น กมลวีรวิ เตียมสมบุญ, พรรณนสา สรรพประเสริฐ, นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์	428
2	ปม.16/P81	คุณค่าทางโภชนาการของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง จุฑา มุกดาสนิท, สุมิตรา บุญบำรุง, ปัทมา ระตะนะอาพร, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์	436
3	ปม.17/P82	ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนคุระบุรี จังหวัดพังงา ชิตชนก น้อยผา, นภาพัญญ์ แหวนเพชร, จรวัย สุขแสงจันทร์	444
4	ปม.3/P11	การศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำทะเลหมู่เกาะล้าน: เปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างสองวิธี ขวัญทิพย์ พงษ์ประพันธ์, ธรณ์ อังรณาวาสวัสดิ์, วิภูษิต มั่นทะจิตร	452
5	ปม.4/P13	การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกระหว่างเกาะโลซินและแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ ศุภากิจ วินทะชัย, ธรณ์ อังรณาวาสวัสดิ์, วิภูษิต มั่นทะจิตร	460

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Oral Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สก.คห.1/O13	ความมั่นคงทางอาหารและความต้องการอาหารของชุมชน การเกษตร บ้านควา จังหวัดสงขลา กอบชัย วรพิมพ์ษ์, วรรณมา สุวรรณชาติรี, เพ็ญ สุขมาก, พงศ์เทพ สุธีรวุฒิ, กุลทัต หงษ์ขยงกูร	469
2	สก.คห.9/O97	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรตำบล พระพุทธรบาท อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย สุพีระ วรแสน, จิราธร บึงลี, อุดม กุศล, นิศารัตน์ ทิพยดารา	477
3	สก.คห.10/O106	การพึ่งตนเองของเกษตรกรโครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุดรธานี ปรีชญา ชาดานันท์, สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์, ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์	486
4	สก.คห.6/O85	ระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่สำหรับสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราของ เกษตรกรรายแปลง ในตำบลป่าบอน จังหวัดพัทลุง ราชวัติ ทองเรือง, สุเพชร จิรขจรกุล	494
5	สก.คห.7/O94	ความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคารเพื่อ การเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาณุวรลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร ศศิรัตน์ นุ่นประสิทธิ์, สุณีพร สุวรรณมณีพงศ์	501

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ (Poster Presentation)

ลำดับ	รหัสผลงาน	ชื่อผลงาน	หน้า
1	สก.คห.2/P31	ประสิทธิภาพในการขจัดคราบและลักษณะฟองของน้ำยาซักผ้าโดยใช้อัตราส่วนสารลดแรงตึงผิวแตกต่างกัน ญาณิศา พิลาดี้, ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต	510
2	สก.คห.4/P55	Properties of cooked chicken patties produced from broiler chicken mixed with two phenotypes of Nin Kaset black-meat chickens <u>Chatchanok Kittawee</u> , Siriporn Riebroy Kim, Thanathip Suwanasopee, Sakorn Koonawootrittriron, Manat Chaijan	518
3	สก.คห.13/P71	การผลิตหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภค ธัญชา กุญแจทอง, วิรัตน์ สุমন, ทิพย์มนต์ ใยเกษ	527
4	สก.คห.15/P83	Some characteristics of 'Hom Thong' banana fruit spread as affected by calcium lactate addition <u>Pranganya Santisitthanon</u> , Ormanong Poljitprasert, Amporn Jamphon, Tipakorn Maungteuk, Tiwaporn Maneerattanasuporn, Siriporn Riebroy Kim	534

สาขาพืช
(Subject: Plants)

ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)

ผลของทิศทางของกิ่งต่อการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

Effect of branch direction to photosynthesis in durian (*Durio zibethinus* L. 'Monthong')ณิชกมล เอี่ยมประเสริฐกุล^a, พูนพิภพ เกษมทรัพย์^b, วีรศิลป์ สอนจรูญ^c, คณพล จุฑามณี^{a,*}Nittkamon lamprasertkun^a, Poonpipop Kasemsap^b, Weerasin Sonjaroon^c, Kanapol Jutamane^{a,*}^aภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^bภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^cวิทยาลัยบูรณาการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^aDepartment of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand^bDepartment of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand^cSchool of Integrated Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kanapol.j@ku.ac.th

บทคัดย่อ

จำนวนผลผลิตทุเรียนในกิ่งทิศตะวันตกมีปริมาณต่ำกว่ากิ่งทิศตะวันออก จึงตั้งสมมติฐานว่าเกิดจากอัตราการสังเคราะห์แสงที่แตกต่างกัน จึงเก็บข้อมูลการสังเคราะห์แสง การแลกเปลี่ยนแก๊ส และจุลภูมิอากาศของใบ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย ใบอ่อนกิ่งตะวันออก (EI) ใบแก่กิ่งตะวันออก (EM) และใบแก่กิ่งตะวันตก (WM) พบว่าทรงพุ่มทั้งสองทิศมีอุณหภูมิที่ผิวใบประมาณ 30°C แต่ความชื้นสัมพัทธ์ของกิ่งตะวันออกมีค่าสูงกว่ากิ่งตะวันตก อัตราการสังเคราะห์แสงของใบ EM มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ EI และ WM ตามลำดับ นอกจากนี้ทุเรียนมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดในช่วง 9.00–12.00 น. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการสังเคราะห์แสงที่แตกต่างกันระหว่างทั้งสองทิศเกิดจากสภาพจุลภูมิอากาศภายในต้น ดังนั้นการปรับสภาพจุลภูมิอากาศของกิ่ง อาจเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียนและปริมาณผลผลิตภายในกิ่งตะวันตกได้

คำสำคัญ: การตอบสนองในรอบวัน, เส้นตอบสนองต่อแสง, อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ

Abstract

Production of durian in the west branches was lower than the east. We hypothesized that low yield was caused by the difference in photosynthetic rate. Therefore, leaf photosynthetic gas exchange and microclimate data of 3 leaf type including of immature (EI) and mature leaves in the east (EM) and mature leaves in the west (WM) were collected. The result shows that the leaf temperature of both canopies was approximately 30°C, whereas relative humidity of the east was higher than the west. The maximum photosynthetic rate of EM was the highest followed by EI and WM, respectively. Leaf photosynthesis was highest at 9.00–12.00 am. The result indicated that the difference of the photosynthetic rate of both branches caused by the canopy microclimate. Therefore, an adjustment of the canopy microclimate might increase the photosynthetic rate and production yield in west branches.

Keywords: Diurnal response, Light response curve, Photosynthetic rate

คำนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เป็นไม้ผลที่จัดอยู่ในวงศ์ Malvaceae และเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย การส่งออกทุเรียนมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี 2557 และในปี 2563 ทุเรียนเป็นสินค้าที่มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 65,631 ล้านบาท ซึ่งจัดเป็นสินค้าที่มีมูลค่าส่งออกสูงที่สุดในกลุ่มผลไม้และผลิตภัณฑ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

ระหว่างการพัฒนาของผล พืชมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตจำนวนมากเพื่อใช้ในการสร้างโครงสร้างค้ำจุนและอาหารสะสมในเซลล์พืช เช่น เซลลูโลส เพกทิน และแป้ง โดยเฉพาะในพืชกลุ่มผลไม้บ่มสุก (climacteric fruit) ที่จะสะสมอาหารในรูปของแป้งจนกว่าจะเข้าสู่กระบวนการสุก (Yahia et al., 2019) ส่งผลให้ระหว่างการพัฒนาของผลมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานและสารอาหารจำนวนมากจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงมีผลต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิตพืช โดยประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นขึ้นกับหลากหลายปัจจัย เช่น ความเข้มแสง (Liu et al., 2019) อัตราส่วนของใบต่อผล (Zhang et al., 2019) การตัดแต่งทรงพุ่ม ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Simkin et al., 2019) และปริมาณน้ำที่พืชได้รับ (Faria-Silva et al., 2019) เป็นต้น

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีพบว่า จำนวนผลผลิตที่ได้จากกิ่งแต่ละกิ่งในทุเรียนต้นเดียวกันมีปริมาณแตกต่างกัน โดยเฉพาะในกิ่งทิศตะวันตกมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าผลผลิตที่ได้รับจากกิ่งทิศตะวันออก จึงทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าผลผลิตที่ลดต่ำลงของกิ่งทิศตะวันตกเกิดจากประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบในกิ่งที่ลดต่ำลง ซึ่งอาจเกิดจากอายุใบที่แตกต่างกัน เนื่องจากกิ่งทิศตะวันออกมีการแตกใบใหม่ในขณะที่ไม่พบการแตกใบอ่อนในกิ่งทิศตะวันตก หรืออาจเกิดจากจุลภูมิอากาศที่แตกต่างกันของทั้งสองกิ่ง โดยเฉพาะความเข้มแสงและช่วงเวลาที่ได้รับแสงที่แตกต่างกัน อาจส่งผลถึงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าแรงดึงระเหยของน้ำในบริเวณผิวใบ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียนที่มีอายุต่างกัน และอยู่ในทิศต่างกัน โดยศึกษาการตอบสนองต่อความเข้มแสง การเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงและการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ภายในรอบวันและอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสง เช่น ความชื้นสัมพัทธ์และความเข้มแสง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสรีรวิทยาและประยุกต์ใช้ในการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพแม่นยำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนงานวิจัย

งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (*Durio zibethinus* L. cv. Monthong) อายุ 9 ปี จำนวน 4 ต้น ในสวนทุเรียน อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งออกเป็น 3 ทรีตเมนต์ ประกอบด้วยใบอ่อนในกิ่งทิศตะวันออก (EI) ใบแก่ในกิ่งทิศตะวันออก (EM) และใบแก่ในกิ่งทิศตะวันตก (WM)

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ

คัดเลือกใบทุเรียนที่จะใช้ในการทดลอง โดยแบ่งออกเป็นกิ่งทิศตะวันออก จำนวน 12 ใบ ประกอบด้วยใบอ่อนจำนวน 6 ใบ และใบแก่จำนวน 6 ใบ และกิ่งทิศตะวันตก จำนวน 10 ใบเป็นใบแก่ทั้งหมด เนื่องจากกิ่งทิศตะวันตกไม่มีการแตกใบใหม่ ศึกษาความสามารถในการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียนทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ด้วยการวัดการแลกเปลี่ยนแก๊สของใบ

ด้วยเครื่อง LI-6400XT Portable Photosynthesis System (LiCor Inc., USA) เก็บข้อมูลงานตั้งแต่เวลา 9.00–12.00 น. โดยใช้แสงความยาวคลื่น 400–700 นาโนเมตร ด้วยความเข้มแสง $1800 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ อัตราการไหลของอากาศ $500 \mu\text{mol s}^{-1}$ และควบคุมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 400 ppm ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 40–70% อุณหภูมิระหว่าง $27\text{--}30^{\circ}\text{C}$ เพื่อหาความสามารถในการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบทุเรียน

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงและการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ภายในรอบวัน

คัดเลือกใบที่ใช้ในการทดลอง โดยเลือกใบจำนวน 1 ใบ ในแต่ละทรีตเมนต์ ศึกษาข้อมูลการแลกเปลี่ยนแก๊สและการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00–16.00 น. วัดการแลกเปลี่ยนแก๊สของใบพืชด้วยเครื่อง LI-6400XT Portable Photosynthesis System (LiCor Inc., USA) โดยใช้เงื่อนไขเดียวกับการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และวัดการเรืองแสงของคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่อง Portable Chlorophyll Fluorometer รุ่น PAM-2500 (Walz, Germany) โดยทำ dark adaptation เป็นเวลา 30 นาที และ light adaptation ด้วยแสงความเข้ม $1666 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ เป็นเวลา 30 วินาที ก่อนการเก็บข้อมูล

ศึกษาข้อมูลความเข้มแสงของแต่ละช่วงเวลาในรอบวันด้วยเครื่อง LI-191R Line Quantum Sensor ซึ่งเชื่อมต่อกับ LI-1400 DataLogger (LiCor Inc., USA) เก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 8.00–16.00 น. บริเวณด้านบนของใบที่ศึกษา

การตอบสนองต่อแสง

คัดเลือกใบที่ใช้ในการทดลอง โดยเลือกใบจำนวน 1 ใบจากแต่ละทรีตเมนต์ วัดการแลกเปลี่ยนแก๊สของใบด้วยเครื่อง LI-6400XT portable photosynthesis system (LiCor Inc., USA) โดยใช้เงื่อนไขเดียวกับการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ ยกเว้นความเข้มแสงที่ 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 500, 300, 200, 100, 50 และ $0 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อสร้างกราฟการตอบสนองต่อแสงโดยใช้สมการจาก nonrectangular hyperbola model ด้วยโปรแกรม Microsoft excel (de Lobo et al., 2013)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คำนวณความแตกต่างของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและตัวแปรต่าง ๆ จากสมการการตอบสนองต่อแสงของแต่ละชุดทดลองด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) และทดสอบด้วย Duncan's new multiple range test หากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Rstudio และ R version 4.0.3 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ

อัตราการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียนพันธุ์หมอนทองทั้งสามชุดคือ ใบอ่อนในกิ่งทางทิศตะวันออก ใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันออก และใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันตก พบว่าอายุใบไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสง แต่กิ่งที่อยู่ต่างทิศกันมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงอย่างมีนัยสำคัญ โดยใบอ่อนและใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ยที่ 7.99 และ $8.35 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ใบแก่ทางทิศตะวันตกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพียง 5.99

$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Fig. 1A) ซึ่งสอดคล้องกับค่านำไหลปากใบที่แสดงถึงความสามารถในการเปิดปากใบของพืช โดยใบแก่ทางทิศตะวันออกมีค่าสูงสุดที่ $0.328 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ รองลงมาคือใบอ่อนฝั่งตะวันออกและใบแก่ฝั่งตะวันตกที่ 0.277 และ $0.165 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ (Fig. 1B) ซึ่งค่านำไหลปากใบของพืชนั้นมีค่าแปรผันตามจุลภูมิอากาศของใบพืช แม้ว่าอุณหภูมิที่ผิวใบของใบทั้งสามชุดจะมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 30°C แต่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของใบแต่ละชุดมีความแตกต่างกัน โดยใบอ่อนและใบแก่ของกิ่งทิศตะวันออกมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 73.92% และ 73.48% ในขณะที่ใบแก่ของกิ่งทางทิศตะวันตกมีความชื้นสัมพัทธ์เพียง 68.25% (Fig. 1C) โดยการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์เพียงเล็กน้อยสามารถส่งผลถึงค่าแรงดึงระเหยของน้ำของใบ (VPD) ที่แสดงถึงความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศสามารถคำนวณได้จากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยการเปิดปิดปากใบพืชมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าแรงดึงระเหยของน้ำ เพื่อควบคุมการคายน้ำและค่าศักย์ของน้ำในใบ (Oren et al., 1999; Patané, 2011) นอกจากนี้การที่ค่า VPD ของใบ WM มีค่าสูง (Fig. 1D) ส่งผลให้ค่านำไหลปากใบมีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับใบ EI และ EM เนื่องจากการเพิ่มขึ้นค่าแรงดึงระเหยของน้ำ ส่งผลให้ความเต่งของเซลล์พืชมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้พืชมีการสังเคราะห์ ABA เพิ่มมากขึ้น และชักนำให้เกิดการปิดปากใบของพืช (McAdam and Brodribb, 2016)

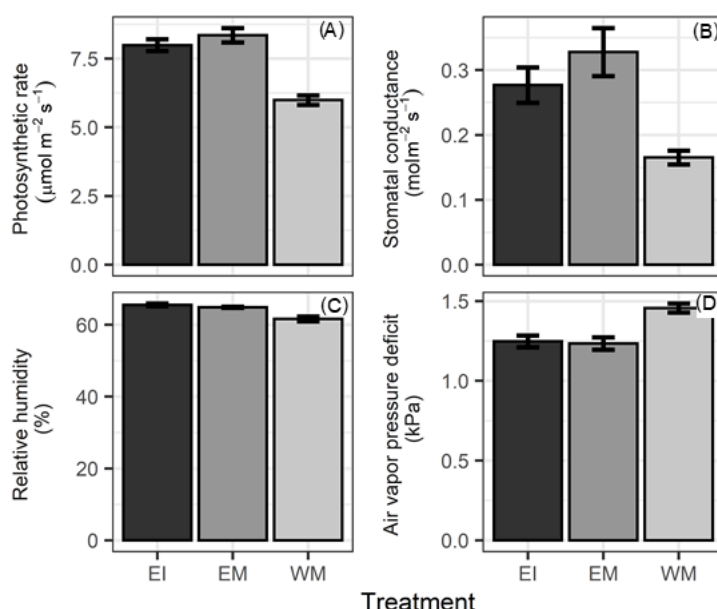


Fig. 1 Photosynthetic parameters of three treatments including immature leaves in the east (EI), mature leaves in the east (EM) and mature leaves in the west (WM) of durian leaves: (A) photosynthetic rate; (B) stomatal conductance; (C) relative humidity; (D) Air vapor pressure deficit. Means \pm SE

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงและการเรียงแสงของคลอโรฟิลล์ภายในรอบวัน

อัตราการสังเคราะห์แสงในรอบวันของพืชมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม โดยใบทุเรียนทั้งสามชุดมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงที่คล้ายกันคือ ในช่วงเช้าอัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีค่าสูงสุด โดยใบอ่อนและใบแก่ทุเรียนในกิ่งทางทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่ 9.76 และ $7.62 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในช่วง 9.00 น. แต่ใบในกิ่งทิศตะวันตกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่ $7.64 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในช่วง 12.00 น. (Fig. 2A) ซึ่งใกล้เคียงกับความเข้มแสงที่พืชได้รับ โดยกิ่งทิศตะวันออกได้รับแสงสูงสุดที่ $579 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในช่วง 10.00 น. ในขณะที่กิ่งทิศตะวันตกได้รับแสงสูงสุดที่ $516 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ในช่วง 12.00 น. (Fig. 2B) เมื่อพิจารณาถึงอัตราการสังเคราะห์

แสงในรอบวันของใบทั้งสามชุดพบว่า ในช่วง 8.00–9.00 น. ใบอ่อนและใบแก่ของกิ่งทางทิศตะวันออกมีความสามารถในการสังเคราะห์แสงที่ดีกว่าใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันตก แต่หลังจาก 9.00 น. เป็นต้นไป ใบแก่ของกิ่งทางทิศตะวันออกมีความสามารถในการสังเคราะห์แสงที่ต่ำกว่าใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันตก ส่วนใบอ่อนของกิ่งทางทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่สูงกว่าใบแก่ของกิ่งทางทิศตะวันตกตลอดทั้งวันซึ่งแตกต่างจากประสิทธิภาพการใช้แสงของระบบแสงสอง (Fv/Fm) ของใบทุเรียนทั้งสามชุดที่แทบไม่มีความแตกต่างในรอบวัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.72–0.79 (Fig. 2C) ซึ่งแสดงว่าพืชมีความเครียดและเกิดการเรียงแสงของคลอโรฟิลล์ เนื่องจากพืช C_3 ควรมีค่า Fv/Fm เฉลี่ยเท่ากับ 0.832 (Björkman and Demmig, 1987) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงในรอบวันยังส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าลดลงด้วย (Kimura et al., 2020; Yamori et al., 2020) โดยเฉพาะกิ่งทิศตะวันออกที่มีการลดลงของความเข้มแสงในช่วง 11.00–13.00 น. อย่างรวดเร็ว แตกต่างจากกิ่งทิศตะวันตกที่ความเข้มแสงมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นถึง 12.00 น. และลดลงเพียงเล็กน้อยในเวลา 13.00 น. ส่งผลให้ใบในทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดต่ำลง ทำให้ใบ EI และ EM มีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ใกล้เคียงกับใบ WM

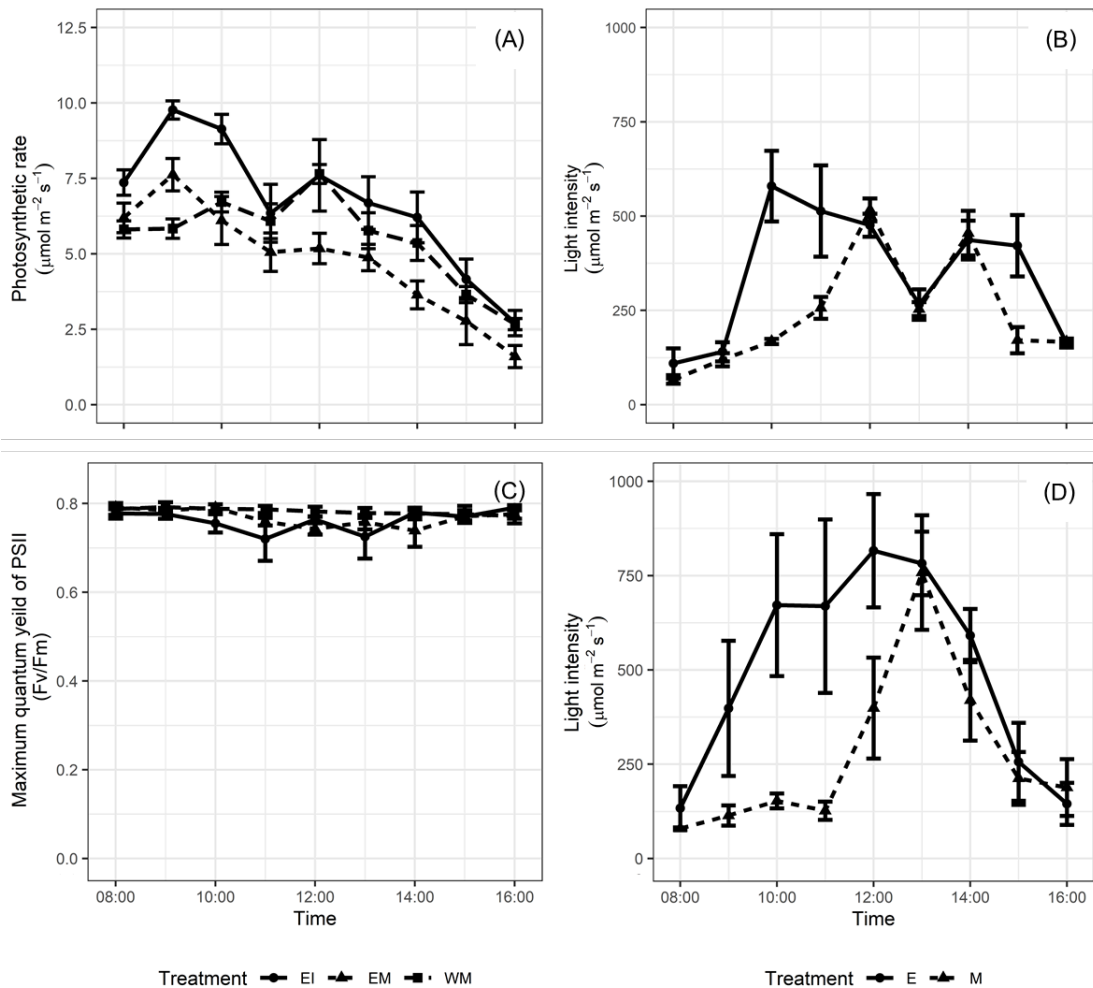


Fig. 2 The diurnal response of three treatments including immature leaves in the east (EI), mature leaves in the east (EM) and mature leaves in the west (WM) of durian leaves and the light intensity in the east (E) and west (W): (A) photosynthetic rate; (B) the light intensity in photosynthesis data collection date; (C) maximum quantum yield of PSII; (D) the light intensity in chlorophyll fluorescence data collection date. Means \pm SE

การตอบสนองต่อแสง

การตอบสนองต่อแสงของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบทุเรียนทั้งสามชุดมีลักษณะเหมือนกัน (Fig. 3) คือมีค่าเป็นลบในช่วงที่ไม่มีแสงและมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มแสง (light saturation point) หลังจากนั้นจึงมีค่าคงที่หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุด (Pmax) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกิ่งทางทิศตะวันออก (EI และ EM) และตะวันตก (WM) โดยอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดของใบอ่อนทางทิศตะวันออกมีค่าสูงสุด รองลงมาคือใบแก่ทางทิศตะวันออกและใบแก่ทางทิศตะวันตก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.2, 8.6 และ 5.8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าตัวแปรจากสมการการตอบสนองต่อแสง พบว่าอายุใบและทิศทางของกิ่งไม่มีผลต่อค่าตัวแปร โดยจุดอิ่มแสงมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 683–1144 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ค่าความชันเริ่มต้นของกราฟการตอบสนองต่อแสง (Φ_{10}) หรือประสิทธิภาพการใช้แสงของพืชมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.07–0.08 $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2} \text{ mol}^{-1} \text{ PPF}$ ค่าควบคุมความโค้งของเส้นกราฟ (Θ) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.09–0.35 และอัตราการหายใจในความมืด (R_p) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.35–1.99 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Table 1)

การตอบสนองต่อแสงของใบทุเรียนพันธุ์หมอนทองทั้งสามชุด มีลักษณะเป็นโค้งอิมิตัว คืออัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกที่มีการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสง หลังจากนั้นเมื่อเข้าใกล้จุดอิ่มแสง อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และคงที่หรือลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อมีความเข้มแสงที่มากเกินไป โดยจุดอิ่มแสงเฉลี่ยของแต่ละชุดใบมีค่าระหว่าง 683–1144 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่มีค่าไม่เกิน 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Ogawa et al., 2003) และมีค่าระหว่าง 800–1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (เจษฎา และคณะ, 2558) นอกจากนี้พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดและจุดอิ่มแสงของใบในกิ่งทางทิศตะวันออกมีค่าสูงกว่ากิ่งทางทิศตะวันตก แสดงให้เห็นว่าใบในทิศตะวันตกอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อาจเกิดจากการได้รับแสงที่ไม่เพียงพอ เช่นเดียวกับในใบยาสูบที่ใบที่ได้รับแสงเต็มที่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดและจุดอิ่มแสงสูงกว่าใบที่โดนบังแสง (Huang et al., 2014)

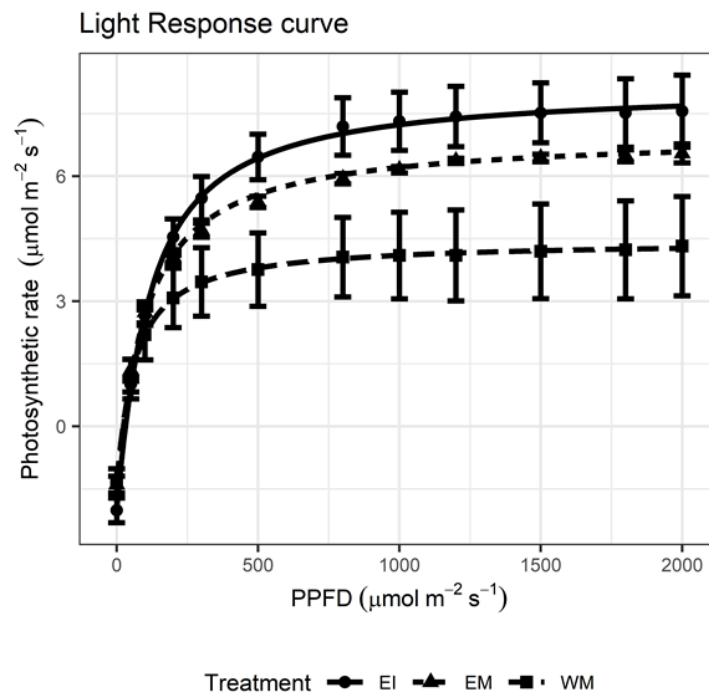


Fig. 3 Light response curve of three treatments including immature leaves in the east (EI), mature leaves in the east (EM) and mature leaves in the west (WM) of durian leaves. Means \pm SE

Table 1 Parameters from light response curve of three treatments including immature leaves in the east (EI), mature leaves in the east (EM) and mature leaves in the west (WM) of durian leaves

	P_{max} ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	I_{sat} ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Φ_{10} ($\mu\text{mol}_{CO_2} \text{mol}^{-1}_{PPF}$)	Θ ($0 < \Theta < 1$)	R_D ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
EI	10.16±0.92 ^a	1144±508	0.074±0.006	0.300±0.173	1.993±0.302
EM	8.63±0.53 ^a	1123±293	0.082±0.008	0.090±0.081	1.641±0.467
WM	5.79±1.06 ^{b*}	683±365	0.073±0.010	0.357±0.202	1.347±0.337

*Means±SE in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของใบอ่อนและใบแก่และกิ่งทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่า อายุใบไม่มีผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสง แต่ทิศทางของกิ่งมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียน โดยใบอ่อนและใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่าใบแก่ทางทิศตะวันตก เนื่องจากความแตกต่างของค่าแรงดึงระเหยของน้ำที่ส่งผลต่อการเปิดปิดปากใบพืช จึงสรุปได้ว่ากิ่งทิศตะวันตกอาจได้รับแสงไม่เพียงพอและมีสภาพจุลภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการปรับจุลภูมิอากาศภายในทรงพุ่มทิศตะวันตก เช่น การตัดแต่งทรงพุ่ม อาจเพิ่มความสามารถในการสังเคราะห์แสงตลอดจนผลผลิตทุเรียนได้

การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของใบอ่อนและใบแก่และกิ่งทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง พบว่า อายุใบไม่มีผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสง แต่ทิศทางของกิ่งมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของใบทุเรียน โดยใบอ่อนและใบแก่ในกิ่งทางทิศตะวันออกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ยที่ 7.99 และ 8.35 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ใบแก่ทางทิศตะวันตกมีค่าเพียง 5.99 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ซึ่งคาดว่าเกิดจากความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ของกิ่งในทิศตะวันออกและตะวันตก ซึ่งส่งผลต่อค่าแรงดึงระเหยของน้ำและการเปิดปิดปากใบพืช เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในรอบวันพบว่า ใบในกิ่งทิศตะวันออกและตะวันตกมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดในช่วง 9.00 น. และ 12.00 น. ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มแสงที่พืชได้รับ การศึกษาการตอบสนองต่อความเข้มแสงของใบทุเรียนพบว่า ใบทุเรียนทั้งสามชุดมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถสรุปได้ว่ากิ่งทิศตะวันตกอาจได้รับแสงไม่เพียงพอและมีสภาพจุลภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการปรับจุลภูมิอากาศภายในทรงพุ่มทิศตะวันตก เช่น การตัดแต่งทรงพุ่ม อาจเพิ่มความสามารถในการสังเคราะห์แสงตลอดจนผลผลิตทุเรียนได้

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา ภัทรเลอพงศ์, พูนพิภพ เกษมทรัพย์, ดวงรัตน์ ศตคุณ, ดอกแก้ว จูระ, อรรชума ด้วงงาม. 2558. การตอบสนองต่อแสงในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. ใน: รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 14. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, หน้า 274–280.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2563. <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2564/trade2563.pdf>, 25 พฤศจิกายน 2564.
- Björkman, O., Demmig, B., 1987. Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170: 489–504.

- de Lobo, F.A., de Barros, M.P., Dalmagro, H.J., Dalmolin, A.C., Pereira, W.E., de Souza, E.C., Ortiz, C.E. 2013. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel-a critical look at the models. *Photosynthetica* 51: 445–456.
- Faria-Silva, L., Gallon, C.Z., Filgueiras, P.R., Silva, D.M. 2019. Irrigation improves plant vitality in specific stages of mango tree development according to photosynthetic efficiency. *Photosynthetica* 57: 820–829.
- Huang, W., Zhang, S.B., Hu, H. 2014. Sun leaves up-regulate the photorespiratory pathway to maintain a high rate of CO₂ assimilation in tobacco. *Front. Plant Sci.* 5: 688.
- Kimura, H., Hashimoto-Sugimoto, M., Iba, K., Terashima, I., Yamori, W. 2020. Improved stomatal opening enhances photosynthetic rate and biomass production in fluctuating light. *J. Exp. Bot.* 71: 2339–2350.
- Liu, Y.J., Zhang, W., Wang, Z.B., Ma, L., Guo, Y.P., Ren, X.L., Mei, L.X. 2019. Influence of shading on photosynthesis and antioxidative activities of enzymes in apple trees. *Photosynthetica* 57: 857–865.
- McAdam, S.A., Brodribb, T.J. 2016. Linking turgor with ABA biosynthesis: Implications for stomatal responses to vapor pressure deficit across land plants. *Plant Physiol.* 171: 2008–2016.
- Ogawa, K., Furukawa, A., Abdullah, A.M., Awang, M. 2003. Diurnal CO₂ exchange variation in evergreen leaves of the tropical tree, durian (*Durio zibethinus* Murray). *Tropics*. 13: 17–24.
- Oren, R., Sperry, J.S., Katul, G.G., Pataki, D.E., Ewers, B.E., Phillips, N., Schäfer, K.V.R. 1999. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment* 22: 1515–1526.
- Patanè, C. 2011. Leaf area index, leaf transpiration and stomatal conductance as affected by soil water deficit and vpd in processing tomato in semi arid Mediterranean climate. *J. Agron. Crop Sci.* 197: 165–176.
- Simkin, A.J., Lopez-Calcagno, P.E., Raines, C.A. 2019. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production. *J. Exp. Bot.* 70: 1119–1140.
- Yahia, E.M., Carrillo-López, A., Bello-Perez, L.A. 2019. Carbohydrates. In: Yahia, E.M. (Ed.). *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands, pp. 175–205.
- Yamori, W., Kusumi, K., Iba, K., Terashima, I. 2020. Increased stomatal conductance induces rapid changes to photosynthetic rate in response to naturally fluctuating light conditions in rice. *Plant Cell Environ.* 43: 1230–1240.
- Zhang, C.F., Pan, C.D., Chen, H. 2019. The long-term response of photosynthesis in walnut (*Juglans regia* L.) leaf to a leaf-to-fruit ratio. *Photosynthetica* 57: 762–771.

อิทธิพลของวิธีการปลูกต่อค่าความร้อนสะสม การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 และปทุมธานี 1

Effects of planting methods on growing degree days, growth and yields of 'RD49' and 'Pathum Thani 1' rice

เบญญา เจริญท่า^{a,*}, ปาริชาติ พรหมโชติ^a, สุตเขตต์ นาคะเสถียร^a, ธาณี ศรีวงศ์ชัย^a, พีรพงษ์ พักโพธิ์เย็น^b, อธิชา ศรีจ้อย^b, จิรัชญานัน คงสุวรรณ^b

Benya Choemta^{a,*}, Parichart Promchote^a, Sutkhet Nakasathien^a, Tanee Sreewongchai^a, Peerapong Pakphoyen^b, Athicha Srijiui^b, Jiratchaya Kongsuwan^b

^aภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bBachelor of Science in Tropical Agriculture Program, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: benya.choe@ku.th

บทคัดย่อ

การประเมินอิทธิพลของวิธีการปลูกที่มีผลต่อค่าความร้อนสะสม (Growing Degree Days; GDD) ในแต่ละระยะของการพัฒนา การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวที่ปลูกในฤดูแล้ง ดำเนินการโดยใช้แผนการทดลองแบบสตริบพโลทในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ทำ 4 ซ้ำ ปัจจัยหลักคือ ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ กข49 และปทุมธานี 1 ปัจจัยรอง คือ วิธีการปลูกร่วมกับการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการหว่าน การหยอด และการดำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกด้วยวิธีการดำเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ และสุกแก่เร็วที่สุด มีค่า GDD ต่ำที่สุด และให้ผลผลิตสูงสุดในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ส่วนการปลูกข้าวพันธุ์กข49 ด้วยวิธีการดำและการหยอดให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าวิธีการหว่าน

คำสำคัญ: ข้าว, ความร้อนสะสม, ดัชนีพื้นที่ใบ, ผลผลิต, วิธีการปลูก

Abstract

The evaluation of planting-method effects on Growing Degree Days (GDD) for each developmental stage, growth and yield of 'RD49' and 'Pathum Thani 1' rice grown in dry season was conducted using strip plot design in RCBD with four replications. Main factors were two rice cultivars: 'RD49' and 'Pathum Thani 1' ('PTT1'). Sub plots were three planting methods with different seeding rates: broadcast, sowing using paddy drum seeder and transplant. The results suggested that transplanted rice of the two cultivars reached each developmental stage and maturity earlier with lower GDD than those from broadcast and paddy drum seeder methods. The transplanted 'PPT1' rice provided the highest yield, whereas the 'RD49' yields from transplant and paddy drum seeder were not different and higher than those of the broadcast method.

Keywords: Growing degree days, Leaf area index, Planting method, Rice, Yield

คำนำ

เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ปลูกข้าวด้วยวิธีนาหว่านน้ำตมและนาหว่านสำรวย คิดเป็น 96 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกในประเทศ โดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 24–27 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อัตราแนะนำ คือ 10–15 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมการข้าว, 2562) การใช้อัตราเมล็ดพันธุ์สูงเกินไป ส่งผลต่อการระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าว (กรมการข้าว, 2551) และผลผลิตลดลง (Sharif et al., 2016) การปลูกข้าวด้วยระยะที่เหมาะสมช่วยเพิ่มผลผลิตได้ 25–40 เปอร์เซ็นต์ ลดค่าใช้จ่ายและปัจจัยการผลิต (IRRI, 2007) ทั้งนี้การปลูกด้วยระยะห่างทำให้ข้าวแตกกอได้ดีกว่าการปลูกถี่ (Krishna et al., 2009) นอกจากนี้ วิธีการปลูกข้าวยังมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต เช่น การปลูกโดยการหยอดเมล็ดให้ผลผลิตสูงกว่าการหว่าน (ศราวุธ, 2561) และการใช้เครื่องหว่านข้าวแบบนั่งขับให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้เครื่องพ่นสายพายหลัง (นริศราและคณะ, 2550) อุณหภูมิอากาศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และอายุสุกแก่หรือวันเก็บเกี่ยว (Arthi and Maragatham, 2013) จึงมีการประยุกต์ใช้ค่าความร้อนสะสม (Growing Degree Day, GDD) ประเมินระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชแทนการนับจำนวนวันตามปฏิทิน เช่น ทานตะวัน (Robinson, 1971) ข้าวโพด (Andrade et al., 2000) ฝ้าย (Viator et al., 2005) และข้าว (Sahu et al., 2018) ในการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของวิธีการปลูกข้าวที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติคือนาหว่าน เปรียบเทียบกับนาดำและนาหยอด ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ค่า GDD ในแต่ละระยะการพัฒนาของข้าวและอายุสุกแก่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการแปลงปลูกข้าวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสตริปในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Strip plot design in RCBD) ปัจจัยหลักคือ ข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ กข49 และปทุมธานี 1 ปัจจัยรองคือ วิธีการปลูกร่วมกับการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการหว่าน (25 กิโลกรัมต่อไร่) การหยอด (15 กิโลกรัมต่อไร่) และการดำ (6 กิโลกรัมต่อไร่) โดยใช้ต้นกล้าอายุ 20 วัน และระยะปลูก 25×25 เซนติเมตร ทำ 4 ซ้ำ ทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (ธันวาคม 2562 ถึง เมษายน 2563) และศูนย์เรียนรู้โครงการพระราชดำริ โรงเรียนข้าวและชาวนา กรมการข้าว กรุงเทพมหานคร (ธันวาคม 2563 ถึง เมษายน 2564) มีการไถปรับแปลงนาให้เรียบสม่ำเสมอก่อนปลูกข้าว เมื่อข้าวอายุ 7 วัน ฉีดพ่นสารชีวพืชรากในอัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 25 ลิตร เพื่อควบคุมวัชพืช ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หลังปักดำ 7–10 วัน หรือหลังหว่านเมล็ด 25–30 วัน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ร่วมกับ 16-20-0 และ 0-0-60 ในอัตรา 4.00, 7.25 และ 0.83 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอายุ 40–50 วัน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปริมาณ 4 กิโลกรัมต่อไร่ ฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ 300 มิลลิลิตรต่อน้ำ 25 ลิตร และคุมตาข่ายกันนกเมื่อข้าวอายุ 70–80 วัน ระบายน้ำออกจากแปลงเมื่อข้าวอายุ 90 วัน และเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวสุกแก่

สุ่มเก็บตัวอย่างต้นข้าวจากแปลงทดลองขนาด 0.16 ตารางเมตร จำนวน 4 จุดต่อซ้ำ ทุก 2 สัปดาห์หลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว เพื่อนับจำนวนกอต่อต้น วัดพื้นที่ใบด้วยเครื่อง LI-3100C Area Meter และคำนวณค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยใช้อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบข้าวจากที่สุ่มจำนวน 1 ใบต่อ 1 ซ้ำ เจาะตัวอย่างใบด้วย Cork borer ขนาดพื้นที่ 0.4 ตารางเซนติเมตร ใส่ในหลอดที่เติมสาร N, N-dimethylformamide (DMF) ปริมาณ 4 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตรและ 647 นาโนเมตร คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และทั้งหมด (mg dm^{-2}) ตามสมการที่ระบุใน Moran (1982) และวัดน้ำหนักแห้งของต้นข้าวหลังจากอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อรวชข้าวสุกแก่ เก็บเกี่ยวในพื้นที่ 6 ตารางเมตร รายงานผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้บันทึกจำนวนวันหลังปลูกเมื่อข้าวเข้าสู่ระยะแตกกอ แตกกอสูงสุด ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และสุกแก่ทางสรีรวิทยา พร้อมทั้งคำนวณค่า GDD (Equation 1) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลรายวันของ

อุณหภูมิสูงสุด (Tmax) และอุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) (องศาเซลเซียส; °C) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาปทุมธานี (14.116527 °N, 100.620601 °E) และเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ ภาควิชาพืชไร่ นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร (13.850171 °N, 100.571888 °E) และอุณหภูมิฐาน (Tbase) 10 °C

$$GDD = \sum \left(\frac{T_{max}(^{\circ}C) - T_{min}(^{\circ}C)}{2} \right) - T_{base}(^{\circ}C) \quad (1)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวพันธุ์ กข49 และปทุมธานี 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการปักดำที่ปทุมธานี มีการพัฒนาในแต่ละระยะการเจริญเติบโต และสุกแก่เร็วกว่าการปลูกด้วยวิธีการหยอดและการหว่าน ซึ่งสอดคล้องกับค่า GDD ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าการปลูกด้วยวิธีการอื่น และให้ผลเช่นเดียวกับการปลูกที่กรุงเทพมหานคร โดยประเมินได้ว่า ข้าวพันธุ์ กข49 ที่ปลูกด้วยวิธีการหว่าน การหยอด และการดำ ณ สองสถานที่ทดลอง สุกแก่ทางสรีรวิทยาเมื่อมีค่า GDD เท่ากับ 1957.40–2009.50 °C, 1989.00–2029.60 °C และ 1690.05–1882.50 °C ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการหว่าน การหยอด และการดำ สุกแก่ทางสรีรวิทยาเมื่อค่า GDD เท่ากับ 2271.00–2229.00 °C, 2150.11–2184.50 °C และ 1916.50–1903.50 °C ตามลำดับ (Table 1, 2) ทั้งนี้ข้าวที่ปลูกที่ปทุมธานีพัฒนาและสุกแก่ช้ากว่าที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งสัมพันธ์กับแปลงปลูกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติและค่า GDD ที่สูง (Jasti et al., 2017) ด้วยค่า GDD แปลงรวมตามวิธีการปลูกและสิ่งแวดล้อม จึงไม่อาจใช้ GDD อย่างเดียวในการประเมินระยะการพัฒนาระยะการพัฒนาด่าง ๆ ของข้าว

Table 1 GDD (°C) and days after planting (DAP) at each developmental stage of 'RD49' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at Pathum Thani province and Bangkok

Developmental stages	Pathum Thani			Bangkok		
	Broadcast	Paddy drum seeder	Transplant	Broadcast	Paddy drum seeder	transplant
Maximum tillering	813.5 (43 DAP)	813.5 (43 DAP)	675 (36 DAP)	1139.7 (66 DAP)	972.6 (54 DAP)	683 (40 DAP)
Panicle initiation	927 (49 DAP)	927 (49 DAP)	694.5 (37 DAP)	1176.3 (68 DAP)	1013.75 (56 DAP)	884.1 (52 DAP)
50% flowering	1482 (78 DAP)	1403.5 (74 DAP)	1173.5 (62 DAP)	1483.6 (84 DAP)	1558.35 (82 DAP)	1157.8 (67 DAP)
Maturity	2009.5 (103 DAP)	1989 (102 DAP)	1882.5 (97 DAP)	1957.4 (107 DAP)	2029.6 (105 DAP)	1690.05 (94 DAP)

Table 2 GDD (°C) and days after planting (DAP) at each developmental stage of 'PTT1' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at Pathum Thani province and Bangkok

Developmental stages	Pathum Thani			Bangkok		
	Broadcast	Paddy drum seeder	Transplant	Broadcast	Paddy drum seeder	transplant
Maximum tillering	813.5 (43 DAP)	813.5 (43 DAP)	675 (36 DAP)	1253.4 (72 DAP)	1178.95 (64 DAP)	919.75 (54 DAP)
Panicle initiation	940.5 (50 DAP)	940.5 (50 DAP)	813.5 (43 DAP)	1288.15 (74 DAP)	1239.65 (67 DAP)	1086.05 (63 DAP)
50% flowering	1607 (83 DAP)	1544.5 (81 DAP)	1308.0 (69 DAP)	1670.45 (93 DAP)	1624.85 (85 DAP)	1525.2 (86 DAP)
Maturity	2229 (113 DAP)	2184.5 (111 DAP)	1903.5 (98 DAP)	2271 (122 DAP)	2150.5 (111 DAP)	1916.9 (105 DAP)

ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูก ณ ปทุมธานี ด้วยวิธีการปักดำ มีดัชนีพื้นที่ใบสูงกว่าข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการหยอดและการหว่านตามลำดับ โดยข้าวที่ปลูกทั้งสามวิธี มีดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในช่วงอายุ 84 วันหลังปลูก

หลังจากนั้นค่าดัชนีพื้นที่ใบลดลง (Figs. 1A, 1B) สอดคล้องกับการปลูกทดสอบ ณ กรุงเทพมหานคร ยกเว้นข้าวนาดำที่มีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดในช่วงอายุ 70 วันหลังปลูก (Figs. 1C, 1D) ซึ่งเร็วกว่าข้าวที่ปลูกที่ปทุมธานี ในทำนองเดียวกัน น้ำหนักแห้งของต้นข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกด้วยวิธีการดำที่ปทุมธานี สูงกว่าน้ำหนักแห้งของต้นข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการหยอด และการหว่านตามลำดับ ต้นข้าวจากนาดำและนาหว่านมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดเมื่ออายุ 84 วันหลังปลูก แล้วลดลง ในขณะที่น้ำหนักแห้งของข้าวนาหยอดมีแนวโน้มคงที่ (Figs. 2A, 2B) สำหรับข้าวนาดำที่ปลูกที่ กรุงเทพมหานคร มีการสะสมน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกับข้าวนาหยอดแต่สูงกว่าน้ำหนักแห้งของข้าวนาหว่าน ทั้งนี้ ข้าวนาดำพันธุ์กข49 สะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด (84 วัน) เร็วกว่าข้าวนาหยอดและนาหว่าน (98 วัน) ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการดำและการหยอดมีเวลาสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 84 วันหลังปลูก (Figs. 2C, 2D) ผลที่สอดคล้องกันระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบกับน้ำหนักแห้ง แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของประชากรพืชและระยะปลูกต่อประสิทธิภาพในการรับแสง (light interception) และการแก่งแย่งธาตุอาหาร ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ต่างกันเมื่อปลูกต่างวิธีกัน (Thakur and Patel, 1998; Baloch et al., 2006) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบช่วยเพิ่มพื้นที่รับแสงสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสะสมอาหารเพื่อสร้างผลผลิต (Li et al., 2014)

ใบข้าวพันธุ์ กข49 จากนาดำมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด รองลงมาคือ ใบข้าวจากนาหยอดและนาหว่านตามลำดับ ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงอายุ 70 วันหลังปลูก และลดลงจนถึงเก็บเกี่ยว (Fig. 3A) ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากนาหยอดมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด รองลงมาคือ การปลูกแบบนาหว่านและนาดำ ตามลำดับ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดที่อายุ 84 วันหลังปลูก (Fig. 3B) ทั้งนี้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบและค่าน้ำหนักแห้ง ซึ่งแตกต่างจากรายงานผลการวิจัยอื่นที่แสดงให้เห็นว่าผลรวมของปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับการสะสมน้ำหนักแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ และผลผลิตเมล็ด เช่นในข้าวสาลี (Guendouz et al., 2016) และถั่วเหลือง (Liu et al., 2004)

พันธุ์ข้าวและวิธีปลูกต่างกันให้ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์กข49 ที่ปลูกที่ปทุมธานี ด้วยวิธีการหยอด ให้ผลผลิตสูงสุด (349 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือนาดำ (213 กิโลกรัมต่อไร่) และนาหว่าน (120 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการปักดำให้ผลผลิตสูงสุด (633.2 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือนาหยอด (418 กิโลกรัมต่อไร่) และนาหว่าน (310 กิโลกรัมต่อไร่) (Fig. 4A) ที่กรุงเทพมหานคร ปรากฏว่า ผลผลิตข้าวพันธุ์กข49 ที่ปลูกด้วยวิธีการหยอด (898 กิโลกรัมต่อไร่) และวิธีการดำ (868 กิโลกรัมต่อไร่) ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสูงกว่าการปลูกด้วยการหว่าน (484 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกโดยวิธีการดำ ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 1,258 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ข้าวนาหยอดและนาหว่านให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน คือ 717 และ 594 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Fig. 4B) ซึ่งผลผลิตมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งและดัชนีพื้นที่ใบ (Ghosh and Singh, 1998) และข้าวที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่ำให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงข้าวที่มีความหนาแน่นสูง (Zhimomi et al., 2021) นาหว่านมีจำนวนประชากรข้าวหนาแน่นกว่านาดำและนาหยอด อาจเกิดการแย่งแสงและธาตุอาหาร ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ขนาดและจำนวนเมล็ดต่อต้น และผลผลิต (Sun et al., 1999; Baloch et al., 2006) นอกจากนี้ผลผลิตข้าวจากพันธุ์และวิธีปลูกเหมือนกันให้ผลผลิตต่างกันในสองสถานที่ปลูก เนื่องจากสภาพแวดล้อมของแปลงปลูกที่แตกต่างกันในด้านสภาพอากาศ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และศัตรูพืช รวมทั้งการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อสภาพแวดล้อมและการจัดการในแปลงที่แตกต่างกัน

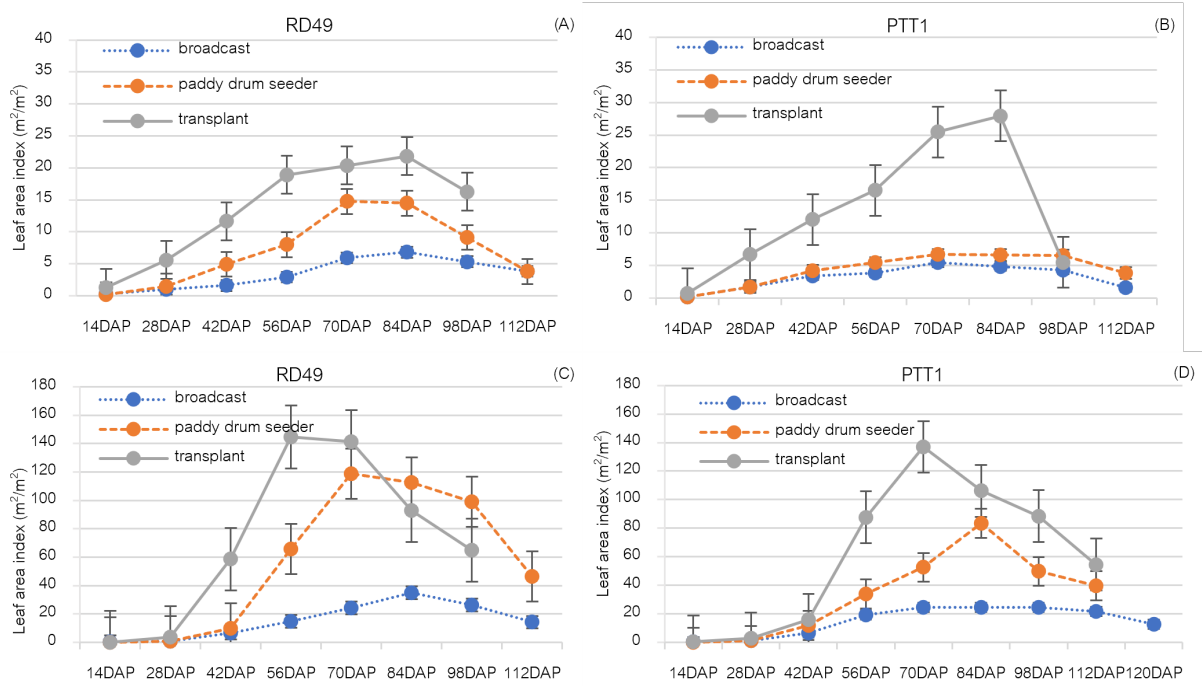


Fig. 1 Leaf area index at different ages (day after planting; DAP) of 'RD49' and 'PTT1' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at Pathum Thani province (A, B) and Bangkok (C, D)

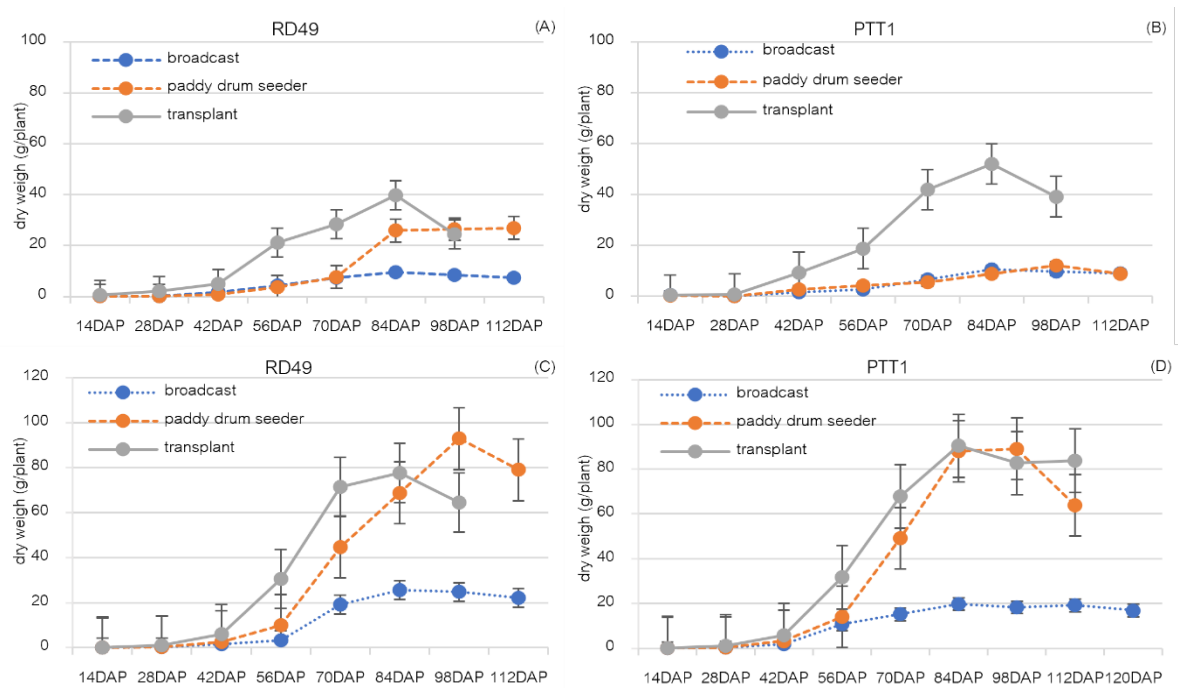


Fig. 2 Total dry weights at different ages (day after planting; DAP) of 'RD49' and 'PTT1' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at Pathum Thani province (A, B) and Bangkok (C, D)

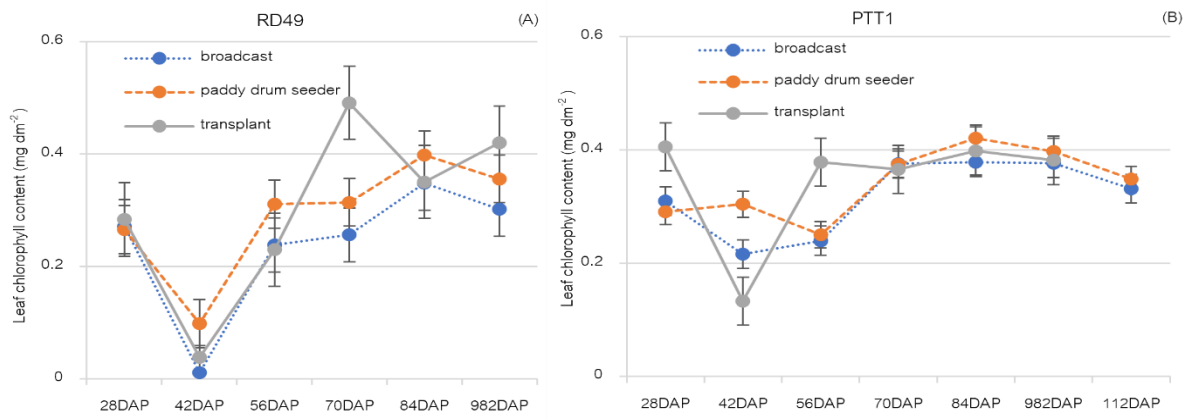


Fig. 3 Leaf chlorophyll content of (A) 'RD49' and (B) 'PTT1' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at Pathum Thani province

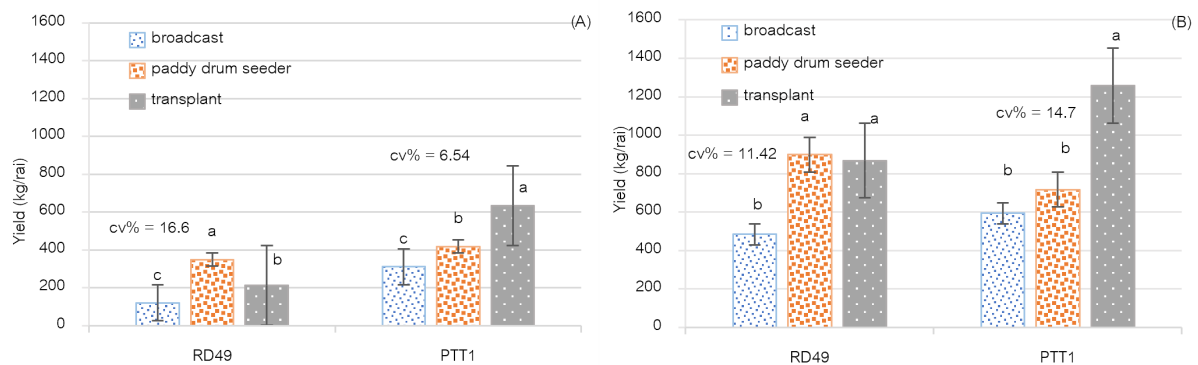


Fig. 4 Grain yields of 'RD49' and 'PTT1' rice planted using broadcast, paddy drum seeder and transplant methods at (A) Pathum Thani province and (B) Bangkok. Means among bar charts followed by the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD

สรุป

พันธุ์และวิธีการปลูก 3 วิธี ได้แก่ วิธีการหว่าน (อัตราเมล็ดพันธุ์ 25 กิโลกรัมต่อไร่) วิธีการหยอด (อัตราเมล็ดพันธุ์ 15 กิโลกรัมต่อไร่) และวิธีการดำ (อัตราเมล็ดพันธุ์ 6 กิโลกรัมต่อไร่) มีผลต่อการพัฒนาเข้าสู่ระยะต่าง ๆ และปริมาณผลผลิตของข้าว โดยข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกด้วยวิธีการดำมีการเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ และสุกแก่เร็วที่สุด สอดคล้องกับค่า GDD ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหยอดและการหว่าน การปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ด้วยวิธีการดำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าวิธีการหยอดและการหว่าน ส่วนการปลูกข้าวพันธุ์ช49 ด้วยวิธีการดำและการหยอดให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าวิธีการหว่าน แสดงให้เห็นว่าวิธีการปลูกที่ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่ำเป็นวิธีที่เหมาะสมในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการพัฒนาใช้เครื่องปักดำต้นกล้าที่มีต้นทุนในการดำเนินการต่ำเพื่อลดข้อจำกัดในด้านการใช้แรงงานคน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อปฏิรูปเกษตรไทยสู่ระบบอัจฉริยะ (ปีที่ 2) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว, 2551. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551.
- กรมการข้าว. 2562. กรมการข้าวเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าว 10 พันธุ์ 10,000 ตันช่วยชาวนาผู้ประสบภัยแล้ง.
<https://gnews.apps.go.th/news?news=43934>, 14 ธันวาคม 2564.
- นริศรา ปานดอน, บัญญัติ เศรษฐฐิติ, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์. 2550. การเปรียบเทียบข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่หว่านด้วยเครื่องหว่านข้าววงอกแบบนั่งขับและเครื่องพ่นหว่านสะพายหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ศราวุธ เกิดแล้ว, สุดเขตต์ นาคะเสถียร, ธานี ศรีวงศ์ชัย, 2561. ผลของอัตราปลูกต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข49 โดยการปลูกแบบใช้เครื่องโรยเมล็ด. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56. กรุงเทพฯ.
- Andrade, F.H., Otegui, M.E., Vega, C. 2000. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. *Agron J.* 92: 92–97.
- Arthi, B., Maragatham, N. 2013. Effect of elevated temperature on rice phenology and yield. *Indian Journal of Science and Technology* 6: 5095–5097.
- Baloch, M.S., Awan, I.U., Hussan, G. 2006. Growth and yield of rice as affected by transplanting dates and seedlings per hill under high temperature of Dera Ismail Khan. *Journal of Zhejiang University-Science B* 7: 572–579.
- Ghosh, D.C., Singh, B.P. 1998. Crop growth modeling for wetland rice management. *Journal of Ecology and Environment* 16: 446-449.
- Guendouz, A., Semcheddine, N., Moumeni, L., Hafsi, M. 2016. The effect of supplementary irrigation on leaf area, specific leaf weight, grain yield and water use efficiency in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *Ekin J.* 2: 82–89.
- IRRI. 2007. Transplanting-Rice Knowledge Bank-IRRI. Rice Production / II.4-Transplanting. <http://www.knowledgebank.irri.org/PlantEstablish/WebHelp/default.htm>. 25 May 2020.
- Jasti, V.R., Satish, B., Ajithkumar, J.C., Vysakh, A. 2017. Heat units requirement for different rice varieties in the central zone of kerala. *Contemporary Research in India* 7: 1–6.
- Krishna, A., Biradarpatil, K., Manjappa, K. 2009. Influence of seedling age and spacing on seed yield and quality of short duration rice under system of rice intensivity cultivation. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 22: 53–55.
- Li, T., Heuvelink, E., Dueck, T.A., Janse, J., Gort, G., Marcelis, L.F.M. 2014. Enhancement of crop photosynthesis by diffuse light: Quantifying the contributing factors. *Ann. Bot London* 114: 145–156.

- Liu, F., Jensen, C.R., Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crop. Res.* 86: 1–13.
- Robinson, R.G. 1971. Sunflower phenology—year, variety, and date of planting effects on day and growing degree-day summations. *Crop Sci.* 11: 635–638.
- Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-Dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69: 1376–1381.
- Sahu, R.R., Patel, D., Sahu, D.K., Balabarik, S., Toppo, A.R., Kerketta, P.L. 2018. Estimation of gdd (growing degree days) under different phenophase to different rice genotypes under sri and traditional methods cultivation. *Int. J. Cur. Microbiol. App. Sci.* 7: 2319–7706.
- Sharif, A., Elizabeth, H., Muhamad, S., Bhagirath, S.C. 2016. Growth, yield and nitrogen use efficiency of dry-seeded rice as influenced by nitrogen and seed rates in Bangladesh. *Field Crop. Res.* 186: 18–31.
- Sun, Y.F., Liang, J.M., Ye, J., Zhu, W.Y. 1999. Cultivation of super-high yielding rice plants. *China Rice.* 5: 38–39.
- Thakur, D.S., Patel, S.R. 1998. Growth and sink potential of rice as influenced by the split application of potassium with FYM in inceptisols of eastern central India. *J. Potassium Res.* 14: 73–77.
- Viator, R.P., Nuti, R.C., Edmisten, K.L., Wells, R. 2005. Predicting cotton boll maturation period using degree days and other climatic factors. *Agron J.* 97: 494–499.
- Zhimomi, T., Tzudir, L., Reddy, P.R.K., Kumari, S. 2021. Effect of spacing and age of seedling on yield of rice under system of rice intensification. *Int. J. Cur. Microbiol. App. Sci.* 10: 763–769.

การประเมินความต้องการน้ำของมะเขือเทศและมะระจีนที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพิจิตรโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ

Assessment of water requirements of tomato and bitter gourd grown in Phichit province using climate data

พิมพ์พิสุทธิ์ ชื่อตรง, ลำแพน ขวัญพูล*

Pimpisut Suetrong, Lampan Khurnpoon*

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: lampan.kh@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบความต้องการใช้น้ำของมะเขือเทศและมะระจีน ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพิจิตร กับปริมาณน้ำที่ให้อาหารวิธีของเกษตรกร โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2554–2562 เพื่อประเมินปริมาณการให้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) ด้วยวิธีของ Hargreaves สำหรับเป็นแนวทางในการให้น้ำแก่มะเขือเทศ และมะระจีน จากการศึกษาพบว่าค่า ET_o มีค่ามากที่สุดอยู่ช่วงเดือนเมษายน (4.0 มม./วัน) และต่ำสุด ได้แก่ ช่วงเดือนสิงหาคม (2.4 มม./วัน) และเมื่อประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช (ET_{crop}) พบว่า ปริมาณน้ำที่ให้แก่มะเขือเทศตามวิธีเกษตรกรมีค่ามากกว่าการให้น้ำตามค่า ET_{crop} เท่ากับ 1,362 ลิตร/ไร่/วัน สำหรับการให้น้ำแก่มะระจีน ตามวิธีของเกษตรกรมีปริมาณการให้น้ำมากกว่าการให้น้ำตามค่า ET_{crop} ถึง 36,250 ลิตร/ไร่/วัน นอกจากนี้ยังพบว่า การให้น้ำตามวิธีของเกษตรกรในพืชทั้งสองชนิดมีปริมาณมากกว่าความต้องการใช้น้ำของพืชตามค่า ET_{crop} ในทุกระยะการเจริญเติบโต

คำสำคัญ: การให้น้ำของพืชอ้างอิง, การให้น้ำ, ปริมาณน้ำ

Abstract

Crop water requirement using climate data for tomato and bitter gourd grown in Phichit province were compared to the amount of water provided by farmer's practice. Reference evapotranspiration (ET_o) was assessed by Hargreaves method during 2011–2019 as an irrigation guideline for tomatoes and bitter gourds in each growing stages. This study found that, ET_o appeared to be highest in April (4.0 mm/Day) and lowest in August (2.4 mm/Day). Then, crop water requirement based on crop evapotranspiration (ET_{crop}) was determined. It was found that, the irrigation method for tomatoes by farmer's practice was higher than irrigate by ET_{crop} approximately 1,362 L/Rai/Day. In bitter gourd, it was found that irrigation according to farmer's practice was also higher than irrigate by ET_{crop} approximately 36,250 L/Rai/Day. This research found that irrigate by farmer's practice was higher amount of water than using ET_{crop} as a guideline in all growth stages of tomato and bitter gourd.

Keywords: Amount of water, Irrigation, Reference crop evapotranspiration

คำนำ

จังหวัดพิจิตร เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำยม และมีแม่น้ำน่าน หนานจากทิศเหนือสุดทิศใต้ ในปัจจุบันมีพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด มีการทำนาเป็นหลักทั้ง นาปีและนาปรัง (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดพิจิตร, 2564) แต่เมื่อมีการทำนาซ้ำในพื้นที่เดิม ทำให้เกิดปัญหาดิน เสื่อมโทรม นอกจากนี้ในพื้นที่ยังประสบปัญหาภัยแล้ง เนื่องจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากอดีต ทำให้เกษตรกร มีการปรับตัวเพิ่มทางเลือกในการปลูกพืชที่ให้ราคาสูงทดแทนการทำนาปรัง ได้แก่ พืชผักอายุสั้น เช่น มะเขือเทศ มะระจีน โดยพืชทั้งสองชนิดเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อย โดยใช้น้ำตลอดการปลูกจนเก็บผลผลิตเพียง 500 ลบ.ม./ไร่ (สำนักงาน ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562) โดยทำการปลูกพืชเหล่านี้หลังฤดูการทำนา ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือน พฤษภาคม การบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญยิ่ง หากได้รับน้ำมากหรือน้อยเกินความต้องการ อาจส่งผลถึงการเจริญเติบโตของพืช ดังเช่นการศึกษาผลของการขาดน้ำในข้าวสาลี โดยมีการรดให้น้ำในช่วงที่ข้าวตั้งท้อง และช่วงเมล็ดเป็นน้านม พบว่าผลผลิตของข้าวสาลีลดลง โดยเฉพาะในทางรดน้ำข้าวสาลีช่วงเมล็ดเป็นน้านม ส่งผลให้ ผลผลิตลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (สวิตร, 2528) นอกจากนี้การให้น้ำมากเกินไป อาจทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหารจากดิน ลงไปสู่ดินด้านล่างจนเลยเขตราก ทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารบางส่วน ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี

การหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop evapotranspiration; ET_{crop}) สามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูล สภาพอากาศในพื้นที่นั้นๆ เพื่อประเมินค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration; ET_o) ตรวจวัด ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) สำหรับคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกในขณะที่มีพืช ปลูกปกคลุมอยู่ ร่วมกับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Crop coefficient; K_c) ซึ่งเป็นค่าคงที่แตกต่างตามชนิดของ พืชได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (กรมชลประทาน, 2554) ซึ่งปัจจุบันสภาพอากาศส่งผลให้ความ ต้องการน้ำของพืชเปลี่ยนไป มีการศึกษาในทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยสุมิตร (2561) ที่ได้ประเมินปริมาณความต้องการน้ำ ช่วงเดือนเมษายน ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ค่า ET_o และค่าสัมประสิทธิ์พืช (K_c) จากข้อมูลสภาพอากาศ ที่ได้จากการ ติดตั้งสถานีอากาศภายในแปลงปลูก เปรียบเทียบกับการประเมินการใช้น้ำจากการติดตั้งหัวตรวจวัดการเคลื่อนที่ของน้ำ (Sap flow) ผลปรากฏว่า ปริมาณน้ำที่ได้จากค่า ET_o สัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำต่อวันที่วัดได้จาก Sap flow โดยมีการ ใช้น้ำอยู่ที่ 100–270 ลิตร/วัน สามารถทำให้ประหยัดน้ำที่ให้แก่ทุเรียนได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความต้องการน้ำของพืช สามชนิด ได้แก่ ข้าวโพด พริกไทย และมะเขือเทศ ของพื้นที่ประเทศไนจีเรีย โดยใช้ข้อมูลอุตุณิยมวิทยา 21 ปี (1990–2010) ในพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ และ 10 ปี สำหรับพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าทั้งสองพื้นที่มีค่า ET_{crop} ต่างกัน โดยค่า ET_{crop} ของพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้มากกว่าพื้นที่ตะวันออกเฉียงใต้ในพืชทั้งสามชนิด ในด้านพื้นที่ตะวันออกเฉียงใต้ พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเพียงพอโดยไม่ต้องให้น้ำเสริม การมีน้ำเพียงพอสำหรับพืชผลในทางตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงฤดู ปลูกจะทำให้ผลผลิตดีและพืชผลคุณภาพดีเมื่อเปรียบเทียบกับทางตะวันตกเฉียงใต้ (Adebola et al., 2017) จะเห็นได้ว่า ความต้องการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ และยังขึ้นอยู่กับชนิดพืช สภาพดิน ความลาดเทของพื้นที่ เนื่องจากดิน แต่ละชนิด มีอัตราการซึมผ่านของน้ำที่ต่างกัน การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง ปริมาณการให้น้ำตามวิธีเดิมของเกษตรกร และปริมาณน้ำที่ประเมินจากการใช้ข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อเป็นแนวทางใน การจัดการน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประเมินความต้องการน้ำของพืช (ET_{crop}) โดยวิธีการคำนวณตามค่า ETo

1.1 คำนวณค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo)

ทำการคำนวณค่า ETo ตามวิธีของ Hargreaves (Hargreaves and Samani, 1985) จากข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร ที่ตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลที่ต้องการประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดอุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งรายงานในหน่วยองศาเซลเซียส (°C) และค่ารังสีดวงอาทิตย์ (MJ/m²) ตรวจวัดโดยกระทรวงพลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2554–2562 เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ดัง Equation 1:

$$ETo = 0.0023(0.408)(T_{\text{mean}} + 17.8)(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0.5}R_a \quad (1)$$

เมื่อ ETo = การคายระเหยน้ำอ้างอิง (มม./วัน)

T_{mean} = อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน (°C)

T_{max} = อุณหภูมิสูงสุดต่อเดือน (°C)

T_{min} = อุณหภูมิต่ำสุดต่อเดือน (°C)

R_a = รังสีอาทิตย์ (MJ/m²)

1.2 คำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืช (ET_{crop})

พืชที่ใช้ทดสอบได้แก่ มะเขือเทศสีดา (Srida pink egg tomato) และมะระจีนพันธุ์ลูกผสมเขียวหยก 16 F1 โดยใช้ค่า ETo ที่คำนวณได้จากข้อ 1.1 และค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดพืช และตามระยะการเจริญเติบโต (Table 1) โดยระยะการเจริญเติบโต มีดังนี้ (1)ระยะเริ่มงอก (Germination stage), (2) ระยะเจริญเติบโตทางต้นและใบ (Vegetative growth), (3) ระยะออกดอกและพัฒนาดอก (Flowering and Fruit setting stage), (4) ระยะพัฒนาและขยายขนาดผล (The First phase of fruit size developed), (5) ระยะเริ่มต้นเก็บเกี่ยว (Early harvesting stage) และ (6) ระยะสมบูรณ์พร้อมเก็บเกี่ยว (Harvesting stage) นำมาคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืช (ET_{crop}) โดยใช้ Equation 2

$$ET_{\text{crop}} \text{ (ลิตร/ไร่/วัน)} = (ETo \times Kc) \times 1,600 \quad (2)$$

เมื่อ ET_{crop} = ความต้องการน้ำของพืช (ลิตร/ไร่/วัน)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์พืช

Table 1 Crop Coefficient (Kc) of tomato and bitter melon calculated by the Hargreaves method from the beginning of germination to the harvesting stage

Weeks	Growth Stage	Kc of tomato	Weeks	Growth Stage	Kc of bitter melon
1	Germination stage	0.66	1	Germination stage	0.93
2	Vegetative growth	0.82	2	Vegetative growth	1.07
3		0.83	3		1.28
4		Flowering and Fruit setting stage	0.90		4
5	The First phase of fruit size developed	0.98	5	Early harvesting stage	1.33
6		0.96	6		1.31
7		1.05	7		1.19
8		1.03	8		1.26
9	Early harvesting stage	1.15	9	Harvesting stage	1.24
10		1.14	10		1.3
11		1.11	11		1.24
12	Harvesting stage	1.02			
13		0.98			
14		0.88			
15		0.76			

2. ประเมินปริมาณน้ำโดยวิธีการให้น้ำของเกษตรกร

ทำการสำรวจจากเกษตรกรที่ปลูกมะเขือเทศและมะระจีน ภายในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ชนิดละ 3 ราย มีการเตรียมแปลงปลูกโดยทำการยกร่อง ไม่มีการคลุมแปลงปลูก มะเขือเทศ ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 30 ซม. ระหว่างแถว 120 ซม. มีการให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด วันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น เปิดรดประมาณ 10 นาที หัวน้ำหยดมีอัตราการจ่ายน้ำสูงสุด 7.8 ลิตร/ชั่วโมง ใช้หัวน้ำหยด 1 หัวต่อตารางเมตร ส่วนในด้านของมะระจีน ระยะปลูกระหว่างต้น 50 ซม. ระหว่างแถว 100 ซม. มีการให้น้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง จนต้นกล้าตั้งตัวได้ ให้น้ำครั้งละประมาณ 10 นาที โดยใช้ระบบน้ำหยด โดยใช้หัวฝีเสื้อที่มีอัตราการจ่ายน้ำอยู่ที่ 120 ลิตร/นาที ระยะการวางหัวอยู่ที่ 2 หัวต่อตารางเมตร สามารถคำนวณปริมาณน้ำต่อไร่ ได้ดัง Equation 3

$$\text{ปริมาณน้ำ (ลิตร/ไร่/วัน)} = \frac{(A \times B \times C \times 1,600)}{1000} \times D \quad (3)$$

เมื่อ A = อัตราการจ่ายน้ำของอุปกรณ์ให้น้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)

B = เวลาที่มีการให้น้ำ (นาที)

C = จำนวนหัวน้ำหยดต่อตารางเมตร

D = จำนวนครั้งที่ให้น้ำต่อวัน

หลังจากนั้น นำมาประเมินความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่ได้จากการคำนวณค่า ETcrop โดยการใช้ค่า ETo และการให้น้ำโดยวิธีทั่วไปของเกษตรกรในพืชทั้งสองชนิด โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำรวมทั้งหมด ตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตของพืช เพื่อดูความเหมาะสมที่จะเป็นแนวทางการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าต่อหน่วยผลผลิต

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ.2554–2562 ตามวิธีของ Hargreaves พบว่าค่า ETo มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยค่ามากที่สุดอยู่ช่วงเดือนเมษายน เท่ากับ 4.0 มม./วัน ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุด จึงส่งผลให้ค่า ETo สูง และช่วงที่มีค่า ETo ต่ำสุด ได้แก่ เดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 2.4 มม./วัน (Table 2) เมื่อคำนวณปริมาณความต้องการน้ำ (ETcrop) จากข้อมูลสภาพอากาศ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำโดยวิธีการให้น้ำของเกษตรกร พบว่าตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตจนถึงระยะเก็บเกี่ยว มะเขือเทศมีความต้องการน้ำ 61,038 ลิตร/ไร่/วัน ขณะที่ปริมาณน้ำที่ให้โดยวิธีของเกษตรกร มีค่า 62,400 ลิตร/ไร่/วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียง 1,362 ลิตร/ไร่/วัน (Table 3) ส่วนการศึกษาในมะระจีน พบว่าการให้น้ำโดยวิธีของเกษตรกรกับการให้น้ำตามค่า ETcrop มี ปริมาณน้ำที่ให้แก่มะระจีนแตกต่างกัน ถึง 36,250 ลิตร/ไร่/วัน โดยความต้องการน้ำของมะระจีนตามค่า ETcrop มีค่า 55,270 ลิตร/ไร่/วัน ซึ่งใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่าการให้ตามวิธีของเกษตรกร ที่มีค่าเท่ากับ 91,520 ลิตร/ไร่/วัน (Table 4)

Table 2 Monthly temperature, radiation and reference crop evapotranspiration in Muang district Pichit province during 2011–2019

Months	Temperature (°C)			R _a (MJ/m ²)	ETo (mm/day)
	Mean	Max	Min		
Jan	24.8	33.9	15.6	14.9	2.5
Feb	26.5	36.1	16.9	17.1	3.1
Mar	28.9	38.1	19.8	18.5	3.5
Apr	30.9	39.8	24.1	20.5	4.0
May	31.3	39.3	23.2	20.7	3.8
Jun	30.1	36.7	23.5	18.3	3.0
Jul	29.4	35.8	23.0	16.6	2.6
Aug	29.0	34.8	23.0	16.1	2.4
Sep	29.2	35.2	23.1	17.1	2.6
Oct	28.8	35.1	22.5	17.3	2.7
Nov	27.8	35.0	20.5	16.1	2.6
Dec	25.0	34.3	15.6	14.9	2.6

เมื่อพิจารณาตามระยะเวลาการเจริญเติบโต หากวางแผนการเพาะปลูกหลังการทำนา เริ่มปลูกเดือนพฤศจิกายน พบว่ามะเขือเทศมีความต้องการน้ำมากที่สุดในระยะก่อนเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการพัฒนาผลอย่างเต็มที่ ซึ่งตรงกับช่วงปลายเดือนธันวาคม ถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีค่า ETo เท่ากับ 2.6 และ 2.5 mm. ตามลำดับ และเมื่อประเมินความ

ต้องการใช้น้ำของมะเขือเทศ พบว่ามีค่าเท่ากับ 18,053 ลิตร/ไร่/วัน ขณะที่วิธีการของเกษตรกรให้น้ำในระยะนี้อยู่ที่ประมาณ 16,640 ลิตร/ไร่/วัน ซึ่งน้อยกว่าการให้น้ำตามค่า ETcrop เท่ากับ 1,413 ลิตร/ไร่/วัน (Table 3 และ 4) เนื่องจากเกษตรกรเชื่อว่าการลดปริมาณน้ำลงตามอัตราปกติ จะช่วยทำให้มะเขือเทศเข้าสู่ระยะบรรุนุ่มเร็วขึ้น เก็บเกี่ยวได้เร็ว และมีรสชาติดี สอดคล้องกับการศึกษาของธานี และคณะ (2561) พบว่าการให้น้ำที่ระดับความชื้น 60% FC (508 มม./วัน) ทำให้ผลมะเขือเทศมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดคือ 8.60°Brix และอัตราส่วนของ TSS/TA มากที่สุดคือ 25.14

Table 3 Crop evapotranspiration (ETcrop) and amount of water by farmer's irrigation method of tomato in different growing stage based on weather data (the first week starts from November until February)

Weeks	Growth Stage	Tomato	
		ETcrop L/Rai/Day	Farmer's irrigation method L/Rai/Day
1	Germination stage (7 Days)	2,777	4,160
2	Vegetative growth	3,451	4,160
3	(14 Days)	3,493	4,160
4	Flowering and Fruit setting stage (7 Days)	3,787	4,160
5	The First phase of fruit	4,030	4,160
6	size developed	3,948	4,160
7	(21 Days)	4,318	4,160
8		4,235	4,160
9	Early harvesting stage (28	4,674	4,160
10	Days)	4,633	4,160
11		4,511	4,160
12		4,145	4,160
13	Harvesting stage	4,876	4,160
14	(28 Days)	4,379	4,160
15		3,782	4,160
	Total	61,038	62,400

Table 4 Crop evapotranspiration (ET_{crop}) and amount of water by farmer's irrigation method of bitter gourds in different growing stage based on weather data (the first week starts from November until February)

Weeks	Bitter Gourd		
	Growth Stage	ET _{crop} (L/Rai/Day)	Farmer's irrigation method (L/Rai/Day)
1	Germination stage (7 Days)	3,913	8,320
2	Vegetative growth (14 Days)	4,503	8,320
3		5,386	8,320
4	Flowering and Fruit	5,176	8,320
5	setting stage (21 Days)	5,469	8,320
6		5,387	8,320
7	Early harvesting stage (21 Days)	4,893	8,320
8		5,181	8,320
9		5,039	8,320
10	Harvesting stage	5,283	8,320
11	(7 Days)	5,039	8,320
	Total	55,270	91,520

อย่างไรก็ตามการให้น้ำลดลงหรือการทำชลประทานแบบให้น้ำน้อยอาจส่งผลเสียกับพืชบางชนิด ดังเช่น การศึกษาในถั่วลิสงโดยการให้น้ำด้วยวิธี PRD (Partial root drying) เป็นการลดการให้น้ำทำให้รากบางส่วนแห้ง พบว่าถั่วลิสงมีอัตราการเกิดโรคมากกว่าในถั่วลิสงที่ได้รับน้ำอย่างเต็มที่ ซึ่งหมายความว่า การให้น้ำมากกว่าและต่ำกว่าความชื้นในดินให้ผลดีและเสียแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดพืช (Sezen et al., 2019) เมื่อทราบความต้องการน้ำของพืชแต่ละช่วงการเจริญเติบโตแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเพาะปลูกเพิ่มเติม คือ ปริมาณฝนใช้การ อัตราการซึมผ่านของดิน และการเตรียมแปลง (จุลินดา, 2550) ซึ่งอัตราการซึมผ่านของดินแต่ละชนิดนั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ดินที่มีความโปร่งร่วนซุยอัตราการซึมผ่านของดินก็จะมากกว่าดินที่มีเนื้อละเอียดและแน่น ซึ่งหมายความว่าดินร่วนจะมีการกักเก็บน้ำไว้ได้น้อยกว่าและจะสูญเสียน้ำลงไปยังดินชั้นล่างได้มากกว่าดินเหนียว นอกจากนี้การสูญเสียน้ำยังสามารถสูญเสียได้ในรูปของการระเหย หากเกษตรกรมีการคลุมแปลงปลูกก็จะทำให้ดินมีการสูญเสียน้ำน้อยลง ดังนั้นการประเมินปริมาณน้ำตามความต้องการของพืชก่อนทำการเพาะปลูกภายใต้สภาพแวดล้อมต่างๆ จึงเป็นแนวทางที่จะทำให้สามารถกำหนดปริมาณการให้น้ำต่อพืชได้อย่างแม่นยำและเพียงพอ ทั้งยังเป็นการบริหารจัดการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุป

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิส่งผลต่อค่า ET_o ในทุกช่วงเดือน ปริมาณน้ำที่ประเมินได้มีความแตกต่างกันในทั้งสองวิธี โดยที่ปริมาณน้ำตามวิธีของเกษตรกรมีค่ามากกว่าการใช้ค่า ET_o ทั้งในมะเขือเทศและมะระจีน และเมื่อพิจารณาตามระยะการเจริญเติบโต พบว่า มะเขือเทศในช่วงระยะก่อนเก็บเกี่ยว การให้น้ำตามวิธีของเกษตรกรมีค่าน้อยกว่าปริมาณน้ำ

จากการคำนวณ ETcrop ในด้านมะระจีน พบว่าการให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร มีค่ามากกว่าการคำนวณ ETcrop ในทุก
 ระยะการเจริญเติบโต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำหรับข้อมูลในการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2554. คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และค่าสัมประสิทธิ์พืช. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, กรมชลประทาน. กรุงเทพฯ.
- ปรีชยา คล้ายทวน. 2559. ปลูกมะเขือเทศแบบประณีต ระบบน้ำหยดในโรงเรือน. เกษตรกรรมชาติ 19: 4–11
- ธานี ศิริโสม, ปรียานุช จุลกะ, พิจิตรา แก้วสอน, พัชรียา บุญกอกแก้ว. 2561. ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของมะเขือเทศเชอร์รี่ในระบบปลูกพืชแบบขับสเตรท. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49: 445–448
- รุจินดา ภูระย้า. 2550. การศึกษาความต้องการใช้น้ำชลประทานเพื่อการเพาะปลูกข้าว กรณีศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารังสิตใต้. ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สาวิตร์ มีจุ้ย. 2528. ผลกระทบของวันปลูกและการขาดน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสาลีพันธุ์ Inia-66. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุมิตร คุณเจตน์. 2561. การศึกษาปริมาณความต้องการน้ำและวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. ใน: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดพิจิตร. 2564. ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดพิจิตร.
<https://www.opsmoac.go.th/phichit-dwl-preview-412991791937>, 10 ตุลาคม 2564.
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2562. 10 พืชทนแล้ง ปลูกได้ ใช้น้ำน้อย กรมวิชาการเกษตร.
https://www.opsmoac.go.th/news-preview-412791791022?fbclid=IwAR1sXKgXgjm6vZ_58WTywixyHNQ6RyyC7J19tzaZlz5CS1Cx_On0C02xOIY, 10 ตุลาคม 2564.
- Adebola, A.A., Badejo, A.A., Opafola, O.T., Bada, B.S., Nkeshita, F.C. 2017. Estimation of water requirements of selected field crops in South- West and South- East Nigeria. Journal of Agriculture and Sustainability 10: 172–186.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture 1: 96–99.
- Sezen, S.M., Yucel, S., Tekin, S. Yildiz, M. 2019. Determination of optimum irrigation and effect of deficit irrigation strategies on yield and disease rate of peanut irrigated with drip system in Eastern Mediterranean. Agricultural Water Management 221: 211–219.

การพัฒนา Mobile application บันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง จังหวัดปทุมธานี

Development of mobile application for electronic spatial HomThong banana data, Pathum Thani province

สมพงษ์ ศราวุธธิกุล, สุเพชร จิระจรกุล

Sompong Saaravutthikul, Supet Jirakajohnkool

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120
Department of Sustainable Development Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: sompong7257@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทองบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ MIT App Inventor โดยแสดงตำแหน่งพิกัดแปลงปลูกกล้วยหอมทองบนแผนที่กูเกิล ผลที่ได้จากการพัฒนาทำให้สามารถบันทึกข้อมูลแปลงเกษตรกรและข้อมูลเกษตรกรรวมถึงข้อมูลพื้นฐาน และนำไปให้ผู้ใช้งานทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจจากแบบสอบถามโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรในพื้นที่อำเภอหนองเสือจำนวน 15 ราย และพ่อค้าตลาดไทจำนวน 15 ราย ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจระดับปานกลางทุกหัวข้อ สำหรับหัวข้อความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลได้ต่ำสุด ($\bar{X} = 3.53$) เนื่องจากมีข้อจำกัดของความเร็วของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือส่วนพ่อค้ามีระดับความพึงพอใจระดับมากและปานกลาง หัวข้อการรับรู้ข้อมูลและการแสดงผลตำแหน่งพื้นที่ได้ค่าสูงเท่ากัน ($\bar{X} = 4.60$) และเสนอแนะเพิ่มช่องทางการสื่อสารระหว่างผู้ใช้แอปพลิเคชันให้สามารถสื่อสารได้ด้วยกันอย่างเบ็ดเสร็จในแอปพลิเคชันเดียว

คำสำคัญ: ข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์, แอปพลิเคชัน

Abstract

This research aimed to study for the development of an application to storage electronic spatial data of the HomTong Banana on a mobile phone using MIT App Inventor and show that location on google map as a result of the development, it was possible to store plantation location and farmer data, including basic information. It was used to test and assess satisfaction from a questionnaire sample group of 15 farmers in Nong Suea District and 15 Thai market traders. The results showed that farmers had moderate satisfaction on all topics. The topic access speed was lowest ($\bar{X} = 3.53$), which had limitations on mobile phone and network usage, and merchants had high and moderate satisfaction levels. The topic of sensing information and displaying the area's position was equally high ($\bar{X} = 4.60$) and suggesting more communication channels between application users to be able to communicate together in this application

Keywords: Application, Electronic spatial data

คำนำ

กล้วยหอมทองเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมปลูกมากในปัจจุบันเพราะมีแนวโน้มความต้องการสูงมีปริมาณตลาดที่รองรับทั้งในประเทศและตลาดต่างประเทศทั้งตลาดยุโรป เอเชีย โดยเฉพาะจีนและญี่ปุ่น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ประกอบกับจุดเด่นของกล้วยหอมทองที่มีสีเหลือง รสชาติดี กลิ่นหอมชวนรับประทานและมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย รวมถึงเป็นผลไม้มงคลตามความเชื่อของชาวจีนและใช้ในทางพิธีการทางศาสนา ในเทศกาลต่างๆ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และระดับประเทศ เป็นเหตุให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี

จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจพบว่าพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองของจังหวัดปทุมธานีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2560 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) และจังหวัดปทุมธานีเป็นจังหวัดที่มีเกษตรกรปลูกกล้วยหอมทองมากที่สุดด้วยศักยภาพของทางภูมิศาสตร์ที่เป็นพื้นที่ลุ่ม ดินดำ น้ำดี อยู่ในทำเลตลาดการค้าส่งของประเทศ(สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดปทุมธานี, 2563) ทำให้เกษตรกรหันมาสนใจปลูกเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับจังหวัดปทุมธานีมีสถานที่ศึกษาระดับอาชีวศึกษาและอุดมศึกษารวมทั้งสิ้น 18 แห่ง (สำนักงานจังหวัดปทุมธานี, 2563) ซึ่งสามารถให้ความรู้เกี่ยวกับการปลูกกล้วยหอมทองแก่ผู้ที่สนใจได้ จากการขยายตัวของพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองดังกล่าวทำให้การจัดเก็บข้อมูลด้วยวิธีดั้งเดิมเกิดปัญหาเพราะข้อมูลเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากขึ้น เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสำหรับบริหารจัดการ ต้องใช้เวลาในการรวบรวมและตรวจสอบ นอกจากนั้นหากผู้สนใจทั่วไปต้องการใช้ข้อมูล เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งปลูกกล้วยหอมทอง หรือข้อมูลเพื่อติดต่อสื่อสารกับเกษตรกร ทำได้ยากและไม่สะดวก ดังนั้น หากมีการวิเคราะห์และออกแบบให้ข้อมูลดังกล่าวมีการจัดเก็บที่เป็นระบบและมีช่องทางในการเข้าถึงที่เหมาะสมรวมถึงการปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องทันสมัยโดยตัวเจ้าของข้อมูลเองจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ นอกจากนั้นถ้าผนวกกับเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำให้มีการใช้งานที่หลากหลายและกว้างขวางมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยออกแบบระบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลเกษตรกร ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของพื้นที่แปลงปลูกกล้วยหอมทอง สถานที่รายละเอียดของเกษตรกรเพื่อการติดต่อสื่อสาร รวมไปถึงอย่างเป็นระบบ

เหตุที่พัฒนาในรูปแบบของ Mobile Application เนื่องจากโทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย รวมถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้นของโทรศัพท์มือถือ ที่ผู้ผลิตได้พัฒนาระบบปฏิบัติการและสร้างเครื่องมือให้นักพัฒนาระบบสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำงานในระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์มือถือให้มีความซับซ้อนและหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทำให้ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือใช้โปรแกรมต่าง ๆ เพื่อดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น ทำให้ Mobile Application กลายเป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตของคนในสังคม (ธนภุต, 2560) การศึกษารุ่นนี้เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้กับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.4 ขึ้นไป ที่เอื้อต่อการเข้าถึงข้อมูลของเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมทองและผู้ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปขยายผลต่อในด้านบริหารจัดการของผู้ที่เกี่ยวข้องอีกทั้งสนับสนุนนโยบายการพัฒนาเกษตรกรไทยให้เข้ากับยุคประเทศไทย 4.0 ตามการขับเคลื่อนของนโยบายรัฐบาล

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

ศึกษาระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อแสดงข้อมูลเกษตรกรและตำแหน่งพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองและ รูปแบบการใช้งานและเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน บน

โทรศัพท์มือถือโดยศึกษาจากแหล่งต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูล พิกัดภูมิศาสตร์และรูปภาพพื้นที่แปลงปลูกกล้วยหอมทอง-ข้อมูลเกษตรกร และข้อมูลทั่วไปของสมาชิก

การวิเคราะห์ระบบ

ในการวิเคราะห์ระบบแบ่งฟังก์ชันการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ส่วนของผู้ใช้งาน User สามารถระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์แปลงปลูกกล้วยหอมทอง ค้นหาข้อมูลตำแหน่งที่บันทึก สามารถใช้ร่วมกับระบบนำทาง สามารถดูราคากล้วยหอมทอง และสภาพอากาศ และสามารถเพิ่ม แก้ไขข้อมูล และสมัครสมาชิก และส่วนที่ 2 ส่วนของผู้ดูแลระบบ Admin สามารถ เพิ่ม แก้ไขข้อมูล ควบคุมฐานข้อมูล

การออกแบบระบบ

ด้านแผนที่สามารถนำแผนที่ฐานจาก Google Map Server โดยใช้ Map Android API มาแสดงบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนสามารถค้นหาสถานที่จากหน้าแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟนได้ เบื้องต้นแอปพลิเคชันจะแสดงสถานที่ทั้งหมดจากฐานข้อมูลทั้งหมด พร้อมพิกัดของสถานที่ และรายละเอียดต่างๆ แอปพลิเคชันผู้ใช้สามารถค้นหาและแสดงเส้นทางเพื่อนำทางได้ โดยแอปพลิเคชันจะส่งค่าพิกัดตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของผู้ใช้จากระบบ GPS และพิกัดของสถานที่ปลายทางที่ผู้ใช้เลือกไปยัง Google Map Server โดยผ่านการทำงานของ Google Map Direction และส่งค่าเส้นทางพร้อมระยะทางและเวลาในการเดินทางกลับมายังแอปพลิเคชัน เพื่อนำไปแสดงผลต่อไปในส่วนข้อมูลพื้นฐาน แอปพลิเคชันสามารถแสดงข้อมูลราคาผลผลิตการเกษตร กล้วยหอม ซึ่งเป็นราคาปัจจุบันนอกจากนั้นสามารถแสดงข้อมูลสภาพอากาศของพื้นที่ได้

การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบเพื่อให้ระบบที่พัฒนามีฟังก์ชันการทำงานที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของระบบที่ได้วิเคราะห์มาแล้วข้างต้น จึงใช้เครื่องมือในการเขียนด้วย APP Inventor เวอร์ชัน 2 (สมชาติ, 2556) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญการเขียนโปรแกรม โดยแบ่งระบบที่พัฒนาขึ้นเป็น 4 ส่วน

ส่วนของฐานข้อมูลเป็นส่วนที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของสถานที่ เช่น ชื่อเกษตรกร ที่อยู่ พิกัดทางภูมิศาสตร์ รูปภาพของสถานที่ต่างๆ และข้อมูลผลผลิต โดยฐานข้อมูลดังกล่าวมีระบบจัดการฐานข้อมูล firebase ของ google ทำหน้าที่ดูแลจัดการฐานข้อมูล ทั้งนี้หากมีการติดต่อกับฐานข้อมูลสามารถกระทำได้โดยผ่านเครื่องมือมาตรฐานของระบบจัดการฐานข้อมูล firebase google

ส่วนของหน้าจอแอปพลิเคชันผู้วิจัยได้ออกแบบแอปพลิเคชันให้ง่ายต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อน การออกแบบจึงเน้นให้ดำเนินการผ่านอินเตอร์เฟซบนหน้าจอของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

ส่วนของการค้นหาตำแหน่งและนำทาง สามารถเลือกสถานที่จาก รายการจุดหมายปลายทางที่ระบบแสดงให้ในหน้าจอเมื่อผู้ใช้เลือกสถานที่แล้วระบบจะแสดงพิกัดของสถานที่ดังกล่าวบนแผนที่ สำหรับการนำทางระบบจะนำค่าพิกัดของสถานที่ดังกล่าวที่อยู่ในฐานข้อมูลส่งไปยัง Google Map Direction เพื่อกำหนดเป็นจุดหมายปลายทางและนำค่าพิกัดปัจจุบันของผู้ใช้มากำหนดเป็นจุดตั้งต้นมากำหนดเส้นทางและนำทาง

ส่วนของข้อมูลพื้นฐานการเกษตร ผู้ใช้งานสามารถแก้ไข ปรับปรุงข้อมูลพื้นฐานด้วยตนเองโดยกดปุ่มบัญชีผู้ใช้งานจากหน้าจอเพื่อให้แอปพลิเคชันแสดงข้อมูลเดิมที่จัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้ปรับปรุงแก้ไข และบันทึกกลับเข้าไปยังฐานข้อมูลสำหรับใช้งานต่อไป

การทดสอบระบบ

การทดสอบฟังก์ชันการใช้งานแอปพลิเคชัน “Banana HomTong” ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลแปลงปลูกกล้วยหอมทองและข้อมูลที่เกี่ยวข้องของเกษตรกรในเบื้องต้นจำนวน 60 ราย พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนข้อมูลราคากว้างหอมทอง ข้อมูลสภาพอากาศ จากการใช้บริการข้อมูลสาธารณะของกรมการค้าภายใน และข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาและเป็นตัวอย่างตั้งต้นในการทดลองใช้งาน

ประเมินความพึงพอใจ

การประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันผ่านระบบแบบสอบถามเขียนคำถามตามที่กำหนดไว้โดยให้คำถามมีความชัดเจนแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ระดับ (ภักขญา, 2561) โดยการเรียงค่าคะแนนค่าพึงพอใจจากระดับที่ 5 คือมากที่สุด ระดับ 4 มาก ระดับ 3 ปานกลาง ระดับ 2 น้อย และระดับ 1 น้อยที่สุด โดยแบ่งกลุ่มประชากรในการประเมินเป็น 2 ส่วนคือ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอมทองจำนวน 15 คน ในอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี และพ่อค้าที่จำหน่ายกล้วยหอมทองในตลาดไทจำนวน 15 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ได้มาจากการสุ่มประชากรแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาในการออกแบบแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง ได้แบ่งผลออกเป็น 2 ส่วนคือผลจากพัฒนาแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง และผลจากการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานโดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการพัฒนา Mobile Application บันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง

แอปพลิเคชันที่ได้จากการพัฒนาในครั้งนี้สามารถใช้งานบนโทรศัพท์มือถือที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.4 ขึ้นไป โดยผู้ใช้จะต้องเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายโทรศัพท์มือถือและติดตั้งแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่ต้องการใช้งานระบบ การเข้าถึงข้อมูลของระบบสามารถทำได้ผ่านหน้าจอของระบบที่ได้ออกแบบตามบทบาทของผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องลงทะเบียนเป็นสมาชิกต่อจากนั้นระบบจึงกำหนดบทบาทการเข้าถึงข้อมูลตามประเภทของสมาชิก รายละเอียดหน้าจอบรรยายดังนี้

หน้าจอเข้าระบบ

ก่อนที่จะเข้าสู่หน้าจอหลักของระบบ ระบบจะแบ่งกลุ่มผู้ใช้ออกเป็น 2 ส่วน คือบุคคลทั่วไปและสมาชิก (Fig.1 A) เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหาและการทำงาน โดยที่ระบบจะให้เลือกรูปแบบการเข้าใช้ และหากผู้ใช้งานต้องการสมัครสมาชิกสามารถเลือกปุ่มสมัครสมาชิกได้ (Fig.1 B) และกรอกข้อมูลและทำการยืนยัน (Fig.1 C)

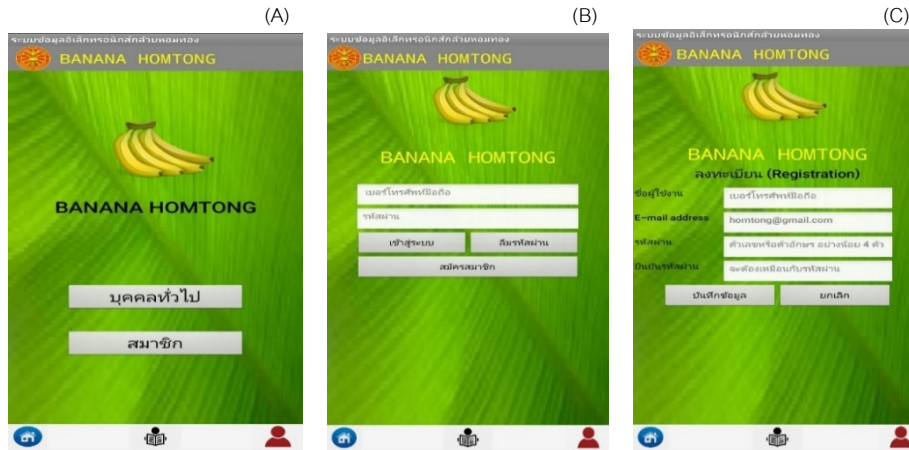


Fig. 1 Home screen of application Banana HomTong

หน้าจอสำหรับการค้นหาพื้นที่

เมื่อเข้าสู่หน้าจอหลักแล้ว จะพบหัวข้อพื้นที่เพาะปลูก หัวข้อพื้นที่เพาะปลูกเป็นหัวข้อสำหรับการดำเนินการเกี่ยวกับพื้นที่แปลงเกษตรกรโดยผู้ใช้งานสามารถค้นหาพื้นที่แปลงเกษตรกรจากแผนที่ในระบบ (Fig. 2A) หรือเลือกจากเมนูรายการจุดหมายปลายทาง ระบบจะนำรายชื่อข้อมูลเกษตรกรที่ลงทะเบียนไว้ ขึ้นมาแสดง (Fig. 2B) เมื่อเลือกรายชื่อเกษตรกรแล้ว ระบบจะแสดงเส้นทางนำทางโดยแสดงเส้นทางการเดินทาง จากตำแหน่งที่ผู้ใช้งานอยู่ในปัจจุบันไปยังจุดหมายปลายทางที่ผู้ใช้เลือก (Fig. 2C)

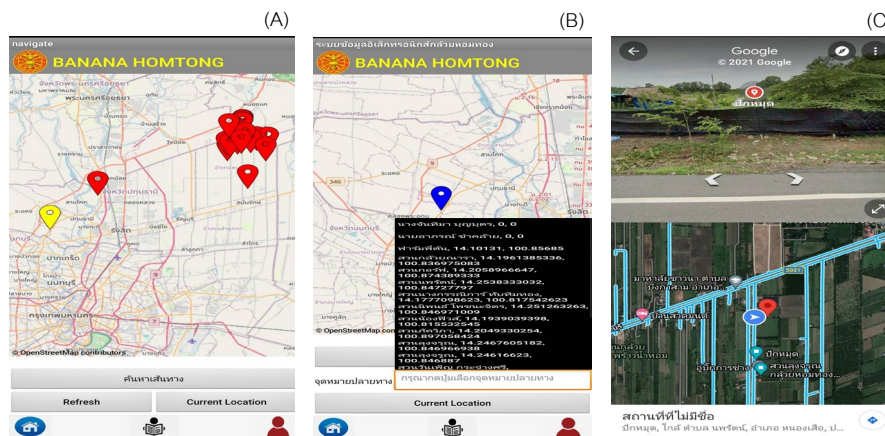


Fig. 2 Search and navigation screen

หน้าจอสำหรับการดูข้อมูลพื้นฐาน

เป็นหน้าจอที่สร้างเพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานเข้าสู่หน้าจอหลัก (Fig. 3A) เลือกหัวข้อที่ต้องการดูได้แก่ ราคากล้วยหอมทอง (Fig. 3B) สำหรับเข้ามาตรวจสอบราคากล้วยหอมทองซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งที่มากรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ (กระทรวงพาณิชย์, 2564) และสภาพอากาศวันนี้ (Fig. 3C) เป็นข้อมูลติดตามสภาพอากาศ ณ ตำแหน่งปัจจุบันซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564)

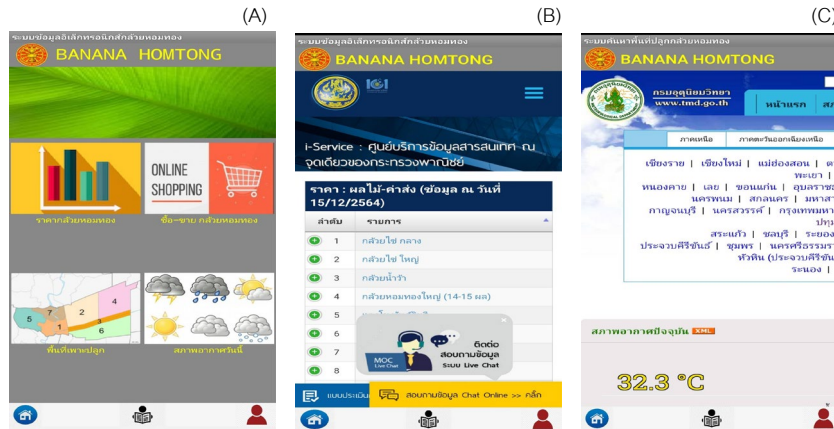


Fig. 3 Basic information Screen

หน้าจอสำหรับการบันทึก แก้ไขข้อมูล

ในการใช้งานระบบ จำเป็นต้องมีส่วนที่เพิ่มเติมข้อมูลในการบันทึกตำแหน่งที่ตั้งพื้นที่ และการแก้ไขข้อมูลหากมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบระบบ ให้ผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิกสามารถทำรายการในส่วนนี้ได้ด้วยตนเอง โดยจำกัดเฉพาะข้อมูลที่เป็นของตนเองเท่านั้นที่สามารถเข้าไปเพิ่ม แก้ไข แล้วทำการบันทึกข้อมูลกลับเข้าสู่ระบบซึ่งจะมีผลทำให้ข้อมูลถูกตรวจสอบและแก้ไขให้ถูกต้องโดยตัวของเจ้าของข้อมูลโดยตรง ไปแสดงในส่วนหน้าของหน้าแผนที่ทันที (Fig. 4)

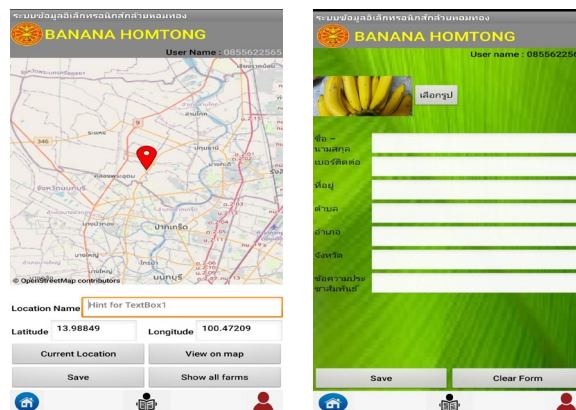


Fig. 4 Add and edit area information screen

ผลการประเมินความพึงพอใจ

ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบบันทึกข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ด้วยหอมทอง แบ่งผู้ประเมินออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรปลูกกล้วยหอมทอง และกลุ่มของพ่อค้าแม่ค้าที่จำหน่ายกล้วยหอมในตลาดไท กลุ่มละ 15 คน รวมจำนวน 30 คน ได้ผลการประเมินดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม มีเพศชายจำนวน 13 คน เพศหญิง จำนวน 17 คน ช่วงอายุของผู้ทำการประเมิน 20-35 ปี จำนวน 6 คน อายุ 36-50 จำนวน 17 คน และอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป จำนวน 7 คน มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีจำนวน 8 คน ระดับปริญญาตรีจำนวน 18 คน สูงกว่าปริญญาตรีจำนวน 4 คน และมีประสบการณ์ในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือจำนวน 26 คน และไม่มีประสบการณ์ในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ จำนวน 4 คน ในส่วนของการประเมินระบบแอปพลิเคชัน

Table 1 The results of the evaluation part 2, farmers' opinions of using the application

Evaluation Topic	Level Satisfaction			
	\bar{X}	SD	Meaning	CV
Beauty of the screen	3.93	0.70	Moderate	18.00
Easy to read font	3.87	0.83	Moderate	21.56
Interpretation and pictures	3.87	0.74	Moderate	19.22
Difficulty in use	3.80	0.86	Moderate	22.68
Data access speed	3.53	0.64	Moderate	18.11
Awareness of general background information	3.80	0.68	Moderate	17.79
System clearly displays the location of the farmland	3.67	0.72	Moderate	19.74

ผลจาก Table 1 การศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันของเกษตรกรในภาพรวมผมว่ามีความพึงพอใจในระดับปานกลางทุกหัวข้อ โดยหัวข้อความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 3.53 และหัวข้อความสวยงามของหน้าจอมีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 3.93

Table 2 The results of the evaluation part 2, merchants' opinions of using the application

Evaluation Topic	Level Satisfaction			
	\bar{X}	SD	Meaning	CV
Beauty of the screen	4.47	0.52	Much	11.56
Easy to read font	4.20	0.68	Moderate	16.10
Interpretation and pictures	4.47	0.52	Much	11.56
Difficulty in use	3.93	0.70	Moderate	17.89
Data access speed	4.07	0.59	Moderate	14.60
Awareness of general background information	4.60	0.51	Much	11.02
System clearly displays the location of the farmland	4.60	0.51	Much	11.02

ผลจาก Table 2 การศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันของพ่อค้าในภาพรวมผมว่ามีความพึงพอใจในระดับปานกลางและระดับพอใจมากซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2 หัวข้อคือ หัวข้อรับรู้ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป และหัวข้อระบบแสดงผลตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูก มีค่าเฉลี่ยที่ 4.60 และน้อยสุดอยู่ที่หัวข้อความง่ายในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.93

วิจารณ์ผลการศึกษา

ความพึงพอใจในการใช้งานของแอปพลิเคชัน Banana HomTong ของผู้ประเมิน จำนวน 30 คน มีทั้งหมด 7 หัวข้อ โดยที่หัวข้อความสวยงามของหน้าจอเกษตรกรให้คะแนนสูง จากการวิเคราะห์พบว่าเกษตรกรบางส่วนไม่สะดวกในการใช้งานเนื่องจากข้อจำกัดของโทรศัพท์มือถือ ซึ่งไม่สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันได้ และปัญหาการเชื่อมต่อของเครือข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ตค่อนข้างช้า และในส่วนของตัวอักษรไม่ชัดเจน เนื่องจากโทรศัพท์มือถือมีขนาดเล็กจึงทำให้ตัวอักษรหรือข้อความเล็กเกินไป ซึ่งตรงกับคะแนนที่ได้จากความพึงพอใจในหัวข้อความยากง่ายในระดับน้อยที่สุด สำหรับพาคำให้ความคิดเห็นว่าแอปพลิเคชันนำใช้งาน สามารถสืบค้นข้อมูลพื้นที่แปลงเกษตรและนำทางได้ รวมถึงมีข้อมูลอื่นๆ เช่น ข้อมูลราคา ทำให้เขาทราบราคากล้วยหอมทองและประเมินราคาในอนาคตได้ อยากให้มีในส่วนของสารสนเทศเกี่ยวกับทางเกษตรกรได้เลยในแอปพลิเคชัน สอดคล้องกับการศึกษาของ ฉัตรนภา และดวงกลม (2564) ความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน Thai Organic Platform ของผู้ค้าในตลาดสุขใจ ได้กล่าวว่า การใช้ประโยชน์จากแอปพลิเคชันซึ่งเป็นการใช้งานยังไม่ได้จบในแอปพลิเคชันเดียว ต้องมีการใช้แอปพลิเคชันไลน์หรือโทรศัพท์นอกเหนือจากแอปที่เปิดใช้งานอยู่

สรุป

การพัฒนา Mobile application บันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่อิเล็กทรอนิกส์กล้วยหอมทอง จังหวัดปทุมธานี สรุปได้ว่าสามารถแก้ปัญหาของผู้ใช้งานในกลุ่มพาคำเรื่องการเข้าถึงข้อมูลโดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ย ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางและมาก จากแบบสำรวจหัวข้อการรับรู้ข้อมูลและการแสดงผลตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูกในส่วนของเกษตรกร ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีถึงดีมากแต่ยังมีประเด็นเรื่องข้อจำกัดในการใช้งานของโทรศัพท์มือถือและเครือข่าย

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชันของ Banana HomTong ควรปรับปรุงช่องทางในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้แอปพลิเคชันให้สามารถสื่อสารได้อย่างเบ็ดเสร็จในแอปพลิเคชัน Banana HomTong โดยไม่ต้องกระทำผ่านสื่อสังคมออนไลน์อื่นๆ ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2564. พยากรณ์อากาศประจำวัน. <https://www.tmd.go.th/>, 7 ตุลาคม 2564.

กระทรวงพาณิชย์. 2564. i-service ศูนย์บริการข้อมูลสารสนเทศ ณ จุดเดียวของกระทรวงพาณิชย์.

<https://www.moc.go.th/th/page/item/index/id/1>, 3 ตุลาคม 2564.

ฉัตรนภา นาคมณู, ดวงกลม ปานรศทิพธรรมานิววัฒน์. 2564. ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน Thai Organic Platform ของผู้ค้าในตลาดสุขใจ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 59. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 838-845.

ธนกฤต โพธิ์ชี. 2560. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ "Taladnut Night Market".

http://www.northbkk.ac.th/research_/?news=research&id=000412, 13 ตุลาคม 2564.

ภัทชญา นิตยสุทธิ. 2561. การศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน Si vWORK ของบุคลากร โรงพยาบาลศิริราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สมชาติ เผื่อนำจ. 2556. คู่มือการอบรมการสร้าง Apps for Android ด้วย MIT app Inventor.

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9zbWFyYXNzcm9vbTEyYfGd4OjIwMjczODQzN2ExNzIiYjI>, 5 ตุลาคม 2564.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดปทุมธานี. 2563. ข้อมูลเพื่อการวางแผนการพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ รายสินค้าของจังหวัดปทุมธานี ปี 2563. กัลยหอมทอง. https://www.opsmoac.go.th/pathumthani-doc_download, 8 ตุลาคม 2564.

สำนักงานจังหวัดปทุมธานี. 2563. บรรยายสรุปจังหวัดปทุมธานี.

http://123.242.173.131/pathumthani_news/attach_file/pathum_summary.pdf, 7 ตุลาคม 2564.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2563.

https://www.oae.go.assets/portals/1/ebookcategory/67_commodity2563/, 8 ตุลาคม 2564.

ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติทางเคมีดินและการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง

Effect of organic manures on soil chemical properties and growth of *Musa* (AAA Group) 'Kluai Hom Thong'

ณัฐนันท์ บุญโกย^a, ทศไนย จารูวัฒนพันธ์^{a,*}, อารยา อาจเจริญ เทียนหอม^a, เจนจิรา ชุมภูคำ^a, เกศศิริินทร์ แสงมณี^b
Nuttanon Boonkoey^a, Tassanai Jaurwattanaphan^{a,*}, Araya Arjcharoen Theanhom^a, Jenjira Chumpookam^a,
Katsirin Sangmanee^b

^aภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bสาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrtnj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 4 ชนิดต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทองที่ปลูกในอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) มูลวัว 500 กรัม/ต้น 2) มูลไก่เกลบ 500 กรัม/ต้น 3) มูลไส้เดือนดิน 300 กรัม/ต้น และ 4) มูลสุกร 500 กรัม/ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจนครบอายุ 6 เดือน ผลการศึกษาพบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินส่งผลให้การเจริญเติบโตของกล้วยหอมทองหลังปลูกไปแล้ว 6 เดือน ด้านความสูง เส้นรอบวง ความยาวใบ และความกว้างใบ มากที่สุดเท่ากับ 46.33 ซม. 16.06 ซม. 49.11 ซม. และ 23.00 ซม. ตามลำดับ ส่วนการใส่มูลวัวจะส่งผลต่อจำนวนใบมากที่สุด (20 ใบ)

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง, การเจริญเติบโต, ปุ๋ยคอก

Abstract

The effect of animal manures on soil chemical properties and growth of Hom Thong bananas grown in Lat Lum Kaeo District, Pathum Thani Province. The experiment was design in Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 3 replications. The treatments were 1) cow manure 500 g/plant 2) chicken manure + rice husk 500 g/plant 3) vermicompost 300 g/plant and 4) swine manure 500g/plant. The results of this study revealed that application of vermicompost had the greatest effect on the growth of Hom Thong bananas with in 6 months after planting, the height, circumference, leaf length and leaf width were 46.33 cm 16.06 cm 49.11 cm and 23.00 cm, respectively. Adding cow manure was found to result in the maximum number of leaves, (20 leaves).

Keywords: Animal manure, Growth, *Musa* (AAA Group) 'Kluai Hom Thong'

คำนำ

กล้วยหอมทองเป็นพืชเจริญเติบโตเร็ว ดูแลรักษาไม่ยาก เจริญเติบโตได้ทุกภาคของประเทศไทย และเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (กัลยาณี, 2558; เบญจมาศ, 2558) เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็วหากได้รับปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอ กล้วยหอมทองมีความต้องการธาตุอาหารค่อนข้างสูงในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) โดยเฉพาะไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ต้องการประมาณ 15.3 4.0 และ 49.6 กิโลกรัม/ไร่ต่อปี ตามลำดับ (สรสิทธิ์, 2527) ซึ่งหากปลูกกล้วยหอมทองในพื้นที่เดิมติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนาน อาจทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ลดลง และสมบัติทางกายภาพบางประการเปลี่ยนแปลง เช่น การระบายน้ำและอากาศ ดังนั้นการปรับปรุงบำรุงดินบริเวณรอบ ๆ กอจะส่งผลต่อการดูดธาตุอาหาร และทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุยมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยคอก เพราะสามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพของดินดีขึ้น เช่น ช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน เพิ่มการดูดซับน้ำในดิน เพิ่มการระบายอากาศ ลดอัตราการชะล้างพังทลายและช่วยให้จุลินทรีย์ในดินทำงานได้ดีขึ้น ทั้งนี้ได้มีการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลโค กระบือ สุกรและสัตว์อื่น ๆ เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ส่งเสริมให้ดินมีสมบัติเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น (ธงชัย, 2550; มุกดา, 2560) ซึ่งมีการศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยมูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของกล้วยไข่ พบว่าการให้ปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อต้น โดยวิธีการหว่านรอบโคนต้นเดือนละครั้ง ทำให้กล้วยไข่มีการเจริญเติบโตและมีคุณภาพผลผลิตดีไม่ต่างจากการให้ปุ๋ยเคมี (นฤชิต และคณะ, 2558) จากที่กล่าวมาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของปุ๋ยคอกประเภทต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเคมีของดินและการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง ที่ปลูกในชุดดินรังสิต

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองที่แปลงปลูกกล้วยหอมทองของเกษตรกร ตำบลระแหง อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ใส่มูลไก่แกลบ 500 กรัม/ต้น 2) ใส่มูลวัว 500 กรัม/ต้น 3) ใส่มูลไส้เดือนดิน 300 กรัม/ต้น และ 4) ใส่มูลสุกร 500 กรัม/ต้น

การเตรียมแปลงวิจัยเริ่มจาก ขุดหลุมปลูกขนาด $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกตามทรีตเมนต์ข้างต้น คลุกเคล้าปุ๋ยคอกกับดินชั้นบนให้เข้ากัน นำหน่อกล้วยขนาดประมาณ 30×50 เซนติเมตร ที่เตรียมไว้วางตรงกลางหลุม จากนั้นทำการกลบ โดยให้ยอดหน่อกล้วยสูงกว่าระดับดินประมาณ 10 เซนติเมตร โดยมีระยะปลูก 2×2 เมตร หลังจากย้ายปลูกได้ 1 เดือน ใส่ปุ๋ยคอกตามทรีตเมนต์ข้างต้น เดือนละ 1 ครั้ง รวม 6 ครั้ง โดยการหว่านรอบโคนต้น ให้ห่างจากโคนต้นประมาณ 20-30 เซนติเมตร การดูแลและกำจัดวัชพืชในแปลงกล้วยโดยการตัดหญ้าร่วมกับการฉีดสารกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นไตรโคโรมาเพื่อกำจัดและป้องกันเชื้อราที่เป็นสาเหตุก่อโรคพืชอัตรา 25 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และฉีดเมทาโรเซียมผสมบิวเวอเรียอัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร เพื่อกำจัดด้วง เพลี้ยและแมลงศัตรูพืช สำหรับการให้น้ำในแปลงทดลองใช้ระบบสมาร์ตฟาร์ม โดยการติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับความชื้นดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ควบคุมการจ่ายน้ำผ่านหัวมินิสปริงเกอร์ อัตราการไหล 40 ลิตร/ชั่วโมง โดยระบบจะจ่ายน้ำเมื่อระดับความชื้นดินน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาตร และหยุดจ่ายน้ำเมื่อความชื้นดินอยู่ที่ร้อยละ 70 โดยปริมาตร บันทึกข้อมูลด้านสมบัติทางเคมีดินก่อนและหลังทดลอง ได้แก่ ปฏิกริยาดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน และบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของกล้วยหอมที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้นของลำต้นเทียม (เซนติเมตร) เส้นรอบวงลำต้นเทียม (เซนติเมตร) ความยาวใบ (เซนติเมตร) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) และจำนวนใบ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

(analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติแบบ Fisher's Least Significant Difference (LSD)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของปุ๋ยคอกแต่ละชนิดต่อสมบัติทางเคมีดิน พบว่า ก่อนการใส่ปุ๋ยคอก ดินมีปฏิริยาดิน อยู่ที่ 6.63 (เป็นกลาง) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.81 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับต่ำมาก) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.06 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับต่ำมาก) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อยู่ในระดับต่ำ) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 132.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อยู่ในระดับสูงมาก) หลังจากใส่ปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ดินมีปฏิริยาดินเพิ่มขึ้นมากกว่า 7.00 (เป็นกลาง) การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็น 1.46 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับต่ำ) และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยคอกจากมูลวัวทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 153.00 และ 220.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (อยู่ในระดับสูงมาก) ตามลำดับ (Table 1) ด้านการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทองหลังย้ายปลูกได้ 6 เดือน พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่การใส่มูลไส้เดือนดินทำให้ความสูงของลำต้นเทียม เส้นรอบวงลำต้นเทียม ความยาวใบและความกว้างใบมากที่สุด คือ 46.33, 16.06, 49.11 และ 23.00 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) และ (Fig. 1) เป็นเพราะปุ๋ยไส้เดือนดินเหมาะสำหรับบำรุงต้นและราก ในช่วงที่พืชกำลังเติบโต และยังช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น ระบายน้ำและอากาศได้ดี และเก็บความชื้นได้มากขึ้น ช่วยให้ระบบรากพืชกระจายตัวได้ดีขึ้น (มุกดา, 2560) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พงศธร (2561) ที่รายงานว่า การใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินทำให้การเจริญเติบโตของความสูงของลำต้นเทียม เส้นรอบวงของลำต้นเทียมและขนาดก้าน มากที่สุดในกล้วยน้ำว้า พันธุ์ปากช่อง 50 นอกจากนี้ เบญจวรรณ และคณะ (2562) รายงานว่าการใส่มูลไส้เดือนดิน 3000 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-8-8 อัตรา 75 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นเทียม เส้นรอบวงลำต้นเทียมและจำนวนใบมากที่สุด เนื่องจากมูลไส้เดือนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนที่สูง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ และยังพบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูง (40.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งฟอสฟอรัสมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากและลำต้น ช่วยในการสังเคราะห์แสง การหายใจและการแบ่งเซลล์ ช่วยให้รากดูดธาตุอาหารจากดินมาใช้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้นและช่วยให้ลำต้นแข็งแรงและปริมาณโพแทสเซียมที่พบอยู่ในระดับที่สูงมาก (187.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งโพแทสเซียมช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทำให้อากดูต้นน้ำ และธาตุอาหารได้ดีขึ้น มีบทบาทต่อการขยายขนาดของเซลล์และการพัฒนาด้านลำต้น (ยงยุทธ, 2558) จึงเป็นผลให้กล้วยหอมทองที่ใส่มูลไส้เดือนดินมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนการใส่มูลไก่เกลบทำให้การเจริญเติบโตช้าที่สุดคือ ด้านความสูงของลำต้นเทียม (27.77 เซนติเมตร) เส้นรอบวงลำต้นเทียม (10.55 เซนติเมตร) ความยาวใบ (34.11 เซนติเมตร) และความกว้างใบ (16.89 เซนติเมตร) และการใส่มูลวัว พบว่า ทำให้จำนวนใบมากที่สุด (20.00 ใบ) รองลงมาคือ การใส่มูลไส้เดือนดิน (19.89 ใบ) การใส่มูลสุกร (17.89 ใบ) และการใส่มูลไก่เกลบ (17.22 ใบ) (Table 2) จากการศึกษาพบว่า ปุ๋ยคอกสามารถปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น แต่ควรใช้ร่วมกับปุ๋ยทางใบหรือปุ๋ยประเภทอื่น เพื่อให้กล้วยหอมทองเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทั้งนี้การเจริญเติบโตของกล้วยหอมทองที่ได้นั้นควรมีความสูงของลำต้นเทียม 2.5-3.5 เมตร และเส้นรอบวงลำต้นเทียม 20 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองนี้จะเห็นว่าการใส่มูลไส้เดือนดิน ส่งผลดีต่อทั้งความสูงของลำต้นเทียมและเส้นรอบวงลำต้นเทียม ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาของกล้วยที่แข็งแรงและเจริญเติบโตจนให้ผลผลิตที่ดีได้

Table 1 Chemical properties of the soil before and after experiment

Period	Treatment (manure)	pH		Organic matter		N	Avail. P		Exch. K	
		pH	Level	%	Level	%	mg/kg.	Level	mg/kg.	Level
Before planting	-	6.63	Natural pH	0.81	Very low	0.06	6.67	Low	132.67	Very high
6 months after planting	Chicken manure + rice husk	7.07	Natural pH	0.80	Low	0.06	17.58	Medium	188.67	Very high
	Cow manure	7.13	Natural pH	1.12	Low	0.07	153.00	Very high	220.00	Very high
	Vermicompost	7.02	Natural pH	1.46	Low	0.08	40.03	High	187.67	Very high
	Swine manure	6.97	Natural pH	1.29	Low	0.08	19.20	Medium	194.00	Very high

*Samples were analyzed at Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

Table 2 Average vegetative growth parameter of Hom Thong banana treated by different animal manures

Treatments	Pseudostem height (cm)	Pseudostem circumference (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaves
Chicken manure + rice husk	27.77	10.55	34.11	16.89	17.22
Cow manure	42.00	13.78	45.44	22.72	20.00
Vermicompost	46.33	16.06	49.11	23.00	19.89
Swine manure	46.22	15.28	46.56	21.44	17.89
F - test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	19.25	6.12	24.31	11.23	5.06

ns Means in the same column are not significantly different ($p > 0.05$)

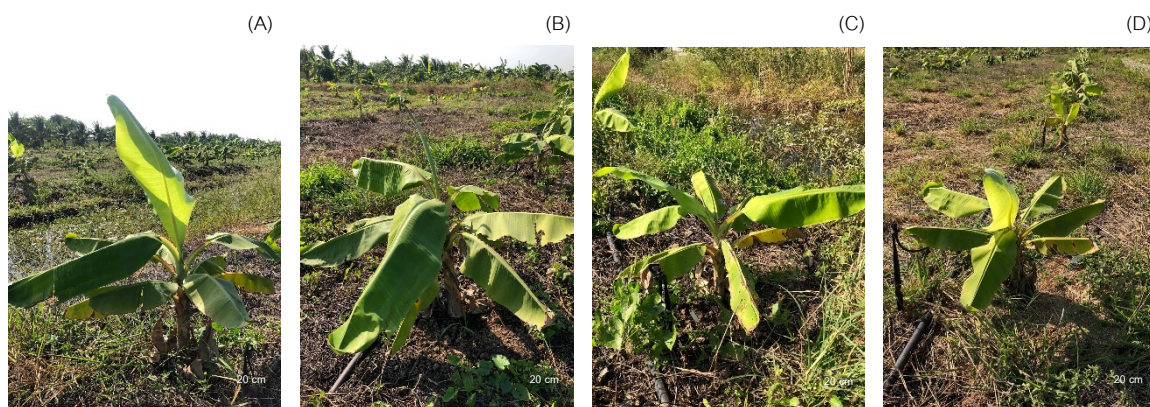


Fig. 1 Hom Thong bananas growth using different organic fertilizers: vermicompost (A); Swine manure (B); cow manure (C); and chicken manure (D) after 6 months

สรุป

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ มูลวัว มูลไก่แกลบ มูลไส้เดือนดินและมูลสุกร ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เพิ่มขึ้น และแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลิ่นหอมของที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์จากมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มส่งเสริมการ

เจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นเทียม เส้นรอบวงลำต้นเทียม ความยาวใบและความกว้างใบมากที่สุดหลังปลูกไปแล้วเป็นเวลา 6 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี สุวิวัฒน์. 2558. กล้วยฉบับสมบูรณ์. สำนักพิมพ์เอ็มไอเอส จำกัด. กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์, พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นฤชิต ศรีสวัสดิ์, เจนจิรา หม่องอ้น, อารมณ จันทะสอน. 2558. ผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของกล้วยไข่ ในอำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว. ว.วิชาการเกษตร 33: 265-274.

เบญจมาศ ศิลาชัย. 2558. กล้วย, พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เบ็ญจวรรณ ชูติชูเดช, ประสิทธิ์ ชูติชูเดช, Kong Sela. 2562. ผลของมูลไส้เดือนดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเบบี๋ฮ่องเต้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 39: 103-112.

พงศธร กองแก้ว. 2561. การศึกษาผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนในการปรับปรุงดินสำหรับการปลูกกล้วย และถ่ายทอดองค์ความรู้สู่เกษตรกรเพื่อสร้างชุมชนต้นแบบ. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2560. ปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับปรับปรุง) Organic fertilizer. สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ผลของการเติมปูนโดโลไมท์ในดินบนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในชั้นดินลึกเขตรากพืช และน้ำชะดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออกเฉียงใต้การจำลองสภาพในไลซิมิเตอร์

Effects of surface-applied lime (dolomite) on soil characteristics of soil profile and leachates under durian orchard soil in eastern Thailand using soil simulation in a lysimeter

อัศววัฒน์ วอเพ็ชร*, ณัฐพล ใจซื่อ, พัชรารัตน์ เทียมเก๋า, นุกูล ถวิลถึง

Akarawat Worphet*, Nattapon Jaisue, Pattarat Teamkao, Nukoon Tawinteung

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: akarawat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ ต่อสมบัติของดินและน้ำชะดินภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์ เก็บดินจากสวนทุเรียนจำนวน 2 พื้นที่การศึกษา โดยเป็นดินต่างกัน คือ เนื้อละเอียด (SC) และดินเนื้อปานกลาง (SCL) บรรจุในไลซิมิเตอร์ ตามความลึก 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. เติมปูนโดโลไมท์บนผิวดินในอัตรา 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน (LR) ชะดินด้วยน้ำประปา 10 ครั้ง แต่ละครึ่งห่างกัน 10 วัน เก็บตัวอย่างดินและน้ำชะดินทุกครั้งเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี จากผลการทดลองพบว่าการเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อระดับความเป็นกรด-ด่างของดินที่เพิ่มขึ้นจาก 5.80 เป็น 6.13 และ จาก 4.91 เป็น 5.51 สำหรับในดินเนื้อละเอียด และดินเนื้อปานกลางตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินได้ 1.85 และ 2.6 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง โดยส่วนใหญ่สะสมอยู่ดินชั้นบน (0-5 ซม.) การเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีปูน ไออออนของเกลือ และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ถูกชะละลายไปกับน้ำและลงไปชั้นดินลึกได้มากขึ้น

คำสำคัญ: การใส่ปูนในดินบน, ดินกรด, ปูนโดโลไมท์, สวนทุเรียน

Abstract

The purpose of the experiment was to investigate the effect of dolomite application on soil properties and leachate under lysimeter simulation. Soils with sandy clay (SC) and sandy clay loam (SCL) were collected from 2 durian orchards and packed in a lysimeter according to soil depth: 0-5, 5-15, 15-30, and 30-50 cm. Dolomite was applied to the soil surface at the rates of 0, 0.5, 1.0 and 1.5 fold of lime requirement (LR). Leach the soil 10 times with tap water at each 10-day interval. Soil samples and leachates were collected each time for chemical analysis. The result indicated that the application of dolomite raised the soil pH of SC soil from 5.80 to 6.13 and SCL soil from 4.91 to 5.51. The surface applied lime resulted in an increase in Ca and Mg of 1.85 and 2.6 times, respectively, with the majority of the increase accumulating on the topsoil (0-5 cm). The higher rate of applied dolomite resulted of lime, salt ions and exchangeable Al being leached into the soil's deeper layer by leachate.

Keywords: Acid soil, Dolomite, Durian orchard, Surface-applied lime

คำนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.5–6.5 (กรมวิชาการเกษตร, 2547) อย่างไรก็ตามกลับพบว่าดินในสวนทุเรียนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.31–5.60 (สุมิตรา และคณะ, 2544) นอกจากนี้ Jaisue et al. (2021) ยังพบว่า 60–70% ของตัวอย่างดินในสวนทุเรียนเป็นดินกรดจัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และธาตุบางธาตุละลายออกมามากจนอาจเป็นพิษต่อพืช การแก้ปัญหาความเป็นกรดทำได้โดยการเติมปูน ซึ่งนอกจากจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินแล้ว ยังสามารถเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งปูนโดโลไมท์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ที่ให้ทั้งธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม จึงเหมาะสมอย่างมากกับดินกรดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีการขาดทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียม (สุมิตรา และคณะ, 2544; Jaisue et al., 2021) อัตราการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของดินจากการใส่ปูนขึ้นกับหลายปัจจัย โดยเนื้อดินนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ (เทียนชัย, 2539) Danilo et al. (2018) พบว่าการใส่แมกนีเซียมออกไซด์ในกลุ่มดินเนื้อละเอียด ระยะเวลา 24 ปีส่งผลให้มีการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ในดินช้ามาก โดยสามารถยกระดับได้เพียง 20% เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปูน

ในสวนผลไม้ที่มีระบบรากลึก เกษตรกรนิยมใส่ปูนในบริเวณผิวดินรอบทรงพุ่มเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ในเขตรากพืชทั้งดินบนและดินล่าง ซึ่งระยะเวลาการเคลื่อนย้ายของปูนจากผิวดินลงไปยังดินล่างจะใช้เวลาค่อนข้างนาน ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่นอัตราการเติมปูน (Danilo et al, 2018) ชนิดของปูน อัตราการซึมซาบน้ำ ความเป็นต่างในชั้นดินบน จำนวนประจุบวกในดิน และช่องว่างในดิน (Doug and Anna, 2003) ดังนั้นอัตราการเคลื่อนย้ายปูนจากผิวดินลงสู่ชั้นดินล่างในดินแต่ละชนิดจึงแตกต่างกัน Whitten et al. (2000) ศึกษาการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในอัตรา 2-15 ตันต่อเฮกตาร์ ในความลึก 0–40 ซม. พบว่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระดับความลึก 20 ซม. และ 30 ซม. เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ใส่ปูน อย่างไรก็ตามแคลเซียมคาร์บอเนตจะสะสมอยู่บนผิวดินเป็นส่วนใหญ่ และจะเคลื่อนย้ายลงสู่เขตรากพืชอย่างช้าๆ Guangdi et al. (2019) เปรียบเทียบการใส่ปูนและไม่ใส่ปูนเป็นระยะเวลา 18 ปี ในดินที่ปลูกไม้ยืนต้น พบว่าดินมีความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นอย่างน้อย 0.09 หน่วยต่อปี ในระดับความลึก 10 ซม. และ 0.005 หน่วยต่อปี ในระดับความลึก 10–20 ซม. แต่ไม่ส่งผลต่อดินที่มีระดับความลึกมากกว่า 30 ซม. Belkacem and Nys (1997) ศึกษาการเติมปูนในดิน acid brown soil พบว่าการใส่ CaCO_3 ร่วมกับ MgO ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ CaCO_3 เพียงอย่างเดียว และพบปริมาณแคลเซียมสูงขึ้นไปในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป การศึกษาเรื่องการเคลื่อนย้ายปูนไปยังเขตรากพืชในสวนผลไม้ ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสวนทุเรียน ดังนั้นจุดประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อศึกษาผลการเติมปูนโดโลไมท์ต่อการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง (ตามความต้องการของเกษตรกร) และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและน้ำชะดิน ทั้งดินบนและดินล่างในเขตรากของทุเรียนและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในกลุ่มดินเนื้อละเอียด และกลุ่มดินเนื้อปานกลาง ภายใต้การจำลองโดยใช้ไลซิมิเตอร์

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

จัดกลุ่มทดลองแบบ 2×4 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 คือกลุ่มเนื้อดิน 2 กลุ่ม คือกลุ่มดินเนื้อละเอียด (sandy clay) และกลุ่มดินเนื้อปานกลาง (sandy clay loam) ปัจจัยที่ 2 คืออัตราการเติมโดโลไมท์มี 4 อัตรา คือ 0.0, 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความต้องการปูน (LR) โดยเฉลี่ยจากความต้องการปูนของทุกชั้นดิน (0–50 ซม.)

ซึ่งในกลุ่มดินเนื้อละเอียด (SC) เดิมโดโลไมท์ในอัตรา 0.00, 0.95, 1.90 และ 2.58 กก./ตร.ม. (เกษตรกรต้องการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ไปที่ 6.5) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (SCL) เดิมโดโลไมท์ในอัตรา 0.00, 0.39, 0.78 และ 1.15 กก./ตร.ม. (เกษตรกรต้องการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ไปที่ 5.5) ดังนั้นจึงมีตัวรับการทดลองทั้งหมด 8 ตัวรับการทดลอง

การเก็บดินจากสวนเกษตรกรและเตรียมปูนโดโลไมท์สำหรับการทดลอง

เก็บดินจากสวนทุเรียนของเกษตรกรในเขตภาคตะวันออก 2 สวน คือสวนที่มีดินเนื้อละเอียด (จังหวัดจันทบุรี) และสวนที่มีดินเนื้อปานกลาง (จังหวัดตราด) ทำการเก็บดินที่ 4 ระดับความลึก ได้แก่ 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. ส่วนปูนโดโลไมท์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าการทำให้เป็นกลาง (CCE%) 110% มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 31.1% และ 21.1% ตามลำดับ มีความเป็นกรด-ด่าง 9.8 มีความชื้น 0.08% และ 99% ผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ดังนั้นจึงมีปูน 25% ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

การเตรียมไลซิมิเตอร์และการชะดิน

ไลซิมิเตอร์ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 ซม. ความยาว 50 ซม. เคลือบผิวภายในด้วยทราย ปิดด้านล่างของท่อ โดยใช้แผ่นอะคริลิกเจาะรูโดยเว้นระยะห่างแต่ละรู 2 ซม. รองพื้นด้านล่างโดยใช้ตาข่ายพลาสติกและผ้าขาวบาง บรรจุดินในแต่ละชั้นให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับสภาพจริงในสวนทุเรียน โดยใส่ดินเรียงตามความลึกจากด้านล่างคือ 30-50, 15-30, 5-15 และ 0-5 ซม. ใส่อากาศออกจากดินโดยให้น้ำซึมผ่านดินในไลซิมิเตอร์จากด้านล่าง และเติมโดโลไมท์โดยใส่ให้กระจายทั่วบริเวณผิวหน้าดินของไลซิมิเตอร์ หลังจากนั้นทำการชะดินด้วยน้ำประปา ซึ่งคำนวณตามปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระยะ 10 ปี (พ.ศ.-ต.ศ.) ของแต่ละพื้นที่ ตามวิธีของ Belkacem and Nys (1997) สำหรับดินเนื้อละเอียด (SC) คือ 27.8 มม. และดินเนื้อปานกลาง (SCL) คือ 17.9 มม. ตามลำดับ (กรมอุตุนิยมิวิทยา, 2563) ดังนั้นในแต่ละครั้งจึงชะดินด้วยน้ำประปา 1.4 ลิตร สำหรับดินเนื้อละเอียด (SC) และ 0.9 ลิตร สำหรับดินเนื้อปานกลาง (SCL) โดยคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของไลซิมิเตอร์ (0.049 ตร.ม.)

การเก็บตัวอย่างดินและน้ำชะดินจากไลซิมิเตอร์

เก็บตัวอย่างดินในไลซิมิเตอร์และน้ำชะดินทุกๆ 10 วัน จำนวน 10 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งหมด 100 วัน เก็บตัวอย่างดินโดยใช้หลอดเจาะดินที่มีความลึก 0-5, 5-15, 15-30 และ 30-50 ซม. หลังจากเก็บตัวอย่างดิน นำท่อ PVC ขนาดเท่ากับหลอดเจาะดินที่เคลือบด้วยทรายมาใส่แทนช่องว่างที่เก็บตัวอย่างดิน เพื่อรักษาความหนาแน่นของดินไว้ หลังจากการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละครั้ง ทำการชะดินและเก็บตัวอย่างน้ำชะดินในวันถัดไป กรองตัวอย่างน้ำชะดินด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลังจากสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดโดยแยกแต่ละชั้นดิน เพื่อวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง

การวิเคราะห์ดินและน้ำชะดิน

ดินจากสวนทุเรียนเกษตรกรทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (soil core method) อัตราการซึมผ่านน้ำของดินโดยใช้ double ring infiltrometer (ธนพจน์, 2560) วิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยของดินโดยใช้วิธีของ Vietch (Blair and Prince, 1920) และวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีในแต่ละชั้นดินคือ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า สภาพกรดของดิน (Soil acidity) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) และจุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable Fe, Mn, Zn, Cu) วิเคราะห์น้ำชะดินคือ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และเบสที่ละลายน้ำได้

(Water soluble Ca, Mg) ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (2547) ข้อมูลที่ได้ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดย ANOVA วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบข้อมูลดินก่อนและหลังการทดลอง โดย paired sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติของดินก่อนการทดลอง

ดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วงสูงถึงสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก แคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ จุลธาตุอยู่ในระดับเกินพอ ยกเว้นสังกะสีอยู่ในระดับเหมาะสม ส่วนอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมาก ความหนาแน่นรวมของดิน (Bd) อยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตต่อรากพืช เนื่องจากมี Bd ต่ำกว่า 1.58 และ 1.75 กรัม/ลบ.ซม. ในดินเนื้อละเอียด (SC) และเนื้อปานกลาง (SCL) ตามลำดับ (USDA, 1987) และอัตราการซึมผ่านของน้ำ (infiltration rate) ทั้งสองเนื้อดินอยู่ในช่วงปานกลาง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Selected physico-chemical properties of soils

Soil	depth	pH	EC	OM	P ^{1/}	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	SA ^{2/}	Bd	IR ^{3/}	
Texture	(cm)	(1:1)	(dS/m)	(%)	<----- (mg/kg) ----->										(cmol/kg)	(g/cm ³)	(cm/hr)
	0-5	5.93	0.29	3.22	190	206	814	56.8	82.5	24.3	0.95	7.2	78.1	0.25	1.64	10	
sandy	5-15	5.93	0.29	3.14	340	184	829	70.6	98.2	34.0	0.95	6.1	108	0.21	1.51		
clay	15-30	5.88	0.33	3.01	187	190	728	84.8	85.4	20.9	0.64	4.4	109	0.22	1.38		
	30-50	5.47	0.15	2.78	232	144	526	68.1	93.0	26.2	1.10	5.7	98.2	0.24	1.43		
	0-5	4.99	0.33	4.32	22.1	104	313	52.8	69.3	16.1	1.04	4.5	0.73	0.67	1.57	8.61	
sandy	5-15	4.90	0.32	3.74	21.9	83.7	317	48.5	81.3	29.6	0.86	4.5	0.73	0.83	1.73		
clay loam	15-30	4.87	0.18	3.62	22.5	65.3	207	36.1	84.6	23.8	0.69	3.0	0.73	0.75	1.57		
	30-50	4.86	0.99	3.64	27.3	48.3	239	33.1	93.8	8.49	0.94	4.8	0.87	0.62	1.84		

^{1/}P = available P (Bray II), ^{2/}SA = Soil acidity, ^{3/}IR = Soil infiltration rate

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติของดิน

ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เพราะเติมปูนในดินเนื้อละเอียดมากกว่าดินเนื้อปานกลาง เนื่องจากเป้าหมายของการยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ต่างกัน โดยดินเนื้อละเอียด (SC) มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างเพิ่มจาก 5.80 เป็น 6.13 ในขณะที่ดินเนื้อปานกลาง (SCL) เพิ่มจาก 4.91 เป็น 5.51 (Table 2) ส่วนอัตราการเติมโดโลไมท์พบว่าส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดใน 1.5 LR (เพิ่ม 0.63 หน่วยเทียบกับ 0.0 LR) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบความเป็นกรด-ด่าง ตามระดับความลึกและเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการปรับ พบว่าในดินเนื้อละเอียด (SC) การเติมปูนทุกอัตราส่งผลให้ดินมีความเป็นกรด-ด่าง ที่ระดับความลึก 0-5 ซม. สูงกว่าเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการคือ 6.5 อย่างไรก็ตามในระดับความลึกมากกว่า 5 ซม. ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าลดลงยกเว้นใน 1.5 LR ที่ยังสูงกว่า 6.5 (Fig. 1A) ส่วนในดินเนื้อปานกลาง (SCL) พบในทำนองเดียวกันคือที่ระดับ 0-5 ซม. การเติมปูนทุกอัตราส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการคือ 5.5 และลดลงในชั้นดินลึกลงไป การใส่ปุ๋ยที่ 1 LR

สามารถยกระดับความเป็นกรด-ด่าง ได้ 5.5 ในขณะที่การเติมปูนในอัตรา 1.5 LR จะยกระดับได้มากกว่าเกิน 5.5 ขึ้นไป (Fig. 1D) สอดคล้องกับการศึกษาของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าหลังเติมปูนในระยะเริ่มต้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ดินในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำมาก จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความเค็ม หรือการสะสมเกลือเนื่องจากการใส่ปุ๋ย อย่างไรก็ตามพบว่าการเติมปูนในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ยังคงไม่ได้ส่งผลกระทบต่อพืช (Table 2)

Table 2 Effect of dolomite application to chemical properties of soils and leachates

Soil / Leachate		Soil properties					Leachate			
Parameters		pH	EC	Ca	Mg	Al	pH	EC	Ca	Mg
(Unit)		(1:1)	dS/m	<----- mg/kg ----->				dS/m	<--- mg/kg --->	
Soil texture	- sandy clay (SC)	6.13 ^{A4/}	0.147 ^B	1,266 ^A	170 ^A	97.0 ^A	6.34 ^A	1.39 ^A	14.32 ^A	0.602 ^A
	- sandy clay loam (SCL)	5.51 ^B	0.171 ^A	519 ^B	117 ^B	1.1 ^B	5.87 ^B	0.821 ^B	7.75 ^B	0.295 ^B
Rate of dolomite	0.0 LR	5.47 ^D	0.139 ^C	666 ^D	104 ^C	49.7 ^{AB}	5.78 ^C	1.00 ^B	9.37 ^B	0.332 ^C
	0.5 LR	5.81 ^C	0.154 ^B	827 ^C	138 ^B	63.1 ^A	6.01 ^B	1.18 ^A	11.9 ^A	0.481 ^{AB}
	1.0 LR	5.90 ^B	0.170 ^A	973 ^B	167 ^A	38.3 ^B	6.27 ^A	1.04 ^B	10.2 ^B	0.457 ^B
	1.5 LR	6.10 ^A	0.175 ^A	1105 ^A	164 ^A	45.0 ^B	6.36 ^A	1.18 ^A	12.7 ^A	0.525 ^A
F-test	- Soil texture	**1/	**	**	**	**	**	**	**	**
	- Rate of dolomite	**	**	**	**	*2/	**	**	**	**
	- Soil texture x rate of LR	ns ^{3/}	*	ns	ns	*	**	ns	ns	ns
CV (%)		7.0	34.5	48.4	58.0	53.2	6.08	25.8	43.4	32.0

**1/ and *2/ significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/}ns = nonsignificant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently by DMRT

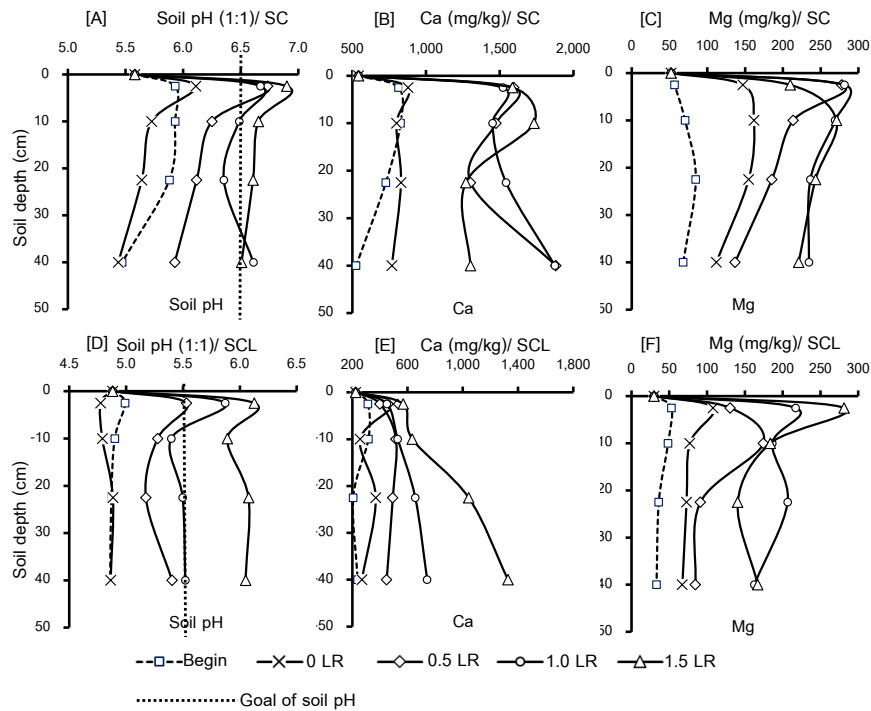


Fig. 1 Effect of dolomite to soil pH ([A] = SC [D] = SCL) Ca ([B] = SC [E] = SCL) and Mg ([C] = SC [F] = SCL)

แคลเซียมและแมกนีเซียม การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้ดินมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 1.85 และ 2.6 เท่าเมื่อเทียบกับดินก่อนการเติมปูน โดยในดินเนื้อละเอียด (SC) พบปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับที่เหมาะสม (1,266 และ 170 มล./กก.) แต่กลับพบในระดับต่ำ (519 และ 117 มล./กก.) ในดินเนื้อปานกลาง (SCL) (Table 2) การเติมปูนทุกอัตราในดินเนื้อดินทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ตั้งแต่ดินบนถึงดินล่าง อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมส่วนใหญ่สะสมอยู่บนผิวดิน (0-5 ซม.) ตั้งแต่การชะดินครั้งที่ 2 ถึงครั้งที่ 10 (Figs. 1B, 1C, 1E และ 1F) ซึ่งให้ผลคล้ายกับงานทดลองของ Belkacem and Nys (1997) ที่พบว่าการเติมปูน CaCO_3 ส่งผลให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในช่วง 6 ซม. และลดลงในชั้นดินที่ลึกลงไป Robert et al. (2015) พบว่าโดโลไมท์ที่ไม่ละลายจะตกค้างบนดินได้นานมากกว่า 15 ปี และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินในดินลึกได้มากกว่า 20 ปี

อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ดินในสวนทุเรียนทั้ง 2 สวนพบปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำมาก โดยในดินเนื้อปานกลาง (SCL) ที่พบเพียง 0.73-0.87 มก./กก. เท่านั้น (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากดินเนื้อละเอียด (SC) อย่างชัดเจน ดังนั้นความแตกต่างของอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้น่าจะเกิดจากสมบัติพื้นฐานของดินเป็นหลักมากกว่าเกิดจากผลของการเติมปูน อย่างไรก็ตามพบว่า การเติมปูนส่งผลให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตามอัตราปุ๋ยที่ใส่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Syed-Omer et al. (1991) ที่พบว่าการเติมโดโลไมท์ส่งผลให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงจาก 39.6 เป็น 26.4 เซนติโมล/กก.

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อน้ำชะดิน

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินจากดินเนื้อละเอียด (SC) มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) คล้ายกับความเป็นกรด-ด่าง ของดิน และพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างเนื้อดินและอัตราการเติมโดโลไมท์ นอกจากนี้ยังพบว่าเติมโดโลไมท์ในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำชะดินสูงขึ้นจนถึงระดับกรดเล็กน้อย (6.3–6.4) โดยเฉพาะการเติมปุ๋ยในอัตรา 1.0 LR และ 1.5 LR แสดงว่ามีปุ๋ยบางส่วนถูกชะไปกับน้ำลงไปในพื้นที่ดินลึกได้ (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ahmad et al. (2013) ซึ่งเก็บน้ำชะดิน 101 วัน พบว่าความเป็นกรด-ด่าง จากการเติมปุ๋ยเพิ่มจาก 5.65 เป็น 6.39

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชะดิน (EC) การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินของดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และพบว่าการเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) แสดงว่ามีเกลือถูกชะมาพร้อมกับน้ำชะดินมากขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (1.00–1.18 เดซิซีเมน/ม.) ทั้งนี้อาจเกิดจากการบรรจุดินในไลซิมิเตอร์มีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งทำให้เกิดช่องว่างที่น้ำชะผ่านได้ถึงแม้จะใส่ท่อ PVC เข้าไปแทนที่หลอดเจาะดินแล้วก็ตาม อย่างไรก็ตามในสภาพดินในสวนทุเรียนการชะละลายเกลืออนาจะเกิดได้น้อยกว่าในไลซิมิเตอร์

แคลเซียมและแมกนีเซียม การเติมโดโลไมท์ส่งผลให้น้ำชะดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินเนื้อละเอียด (SC) สูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2) สาเหตุที่สำคัญน่าจะเกิดจากการเติมปุ๋ยในดินเนื้อละเอียด (SC) มีปริมาณสูงกว่าดินเนื้อปานกลาง (SCL) ดังที่กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำชะดินสูงขึ้น มีโอกาสสะสมในเขตรากของพืชในชั้นดินลึก หรือไม้ก็อาจถูกชะละลายเลยเขตรากของพืชได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Syed-Omer et al. (1991) พบว่าการเติมปุ๋ยโดโลไมท์ ส่งผลให้มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในน้ำชะดินสูงกว่าการไม่เติมปุ๋ย 10% และ 110% ตามลำดับ

ผลของการเติมโดโลไมท์ต่อสมบัติดินก่อนและหลังการทดลอง

การเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินทั้งก่อนและหลังการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันทั้งดินเนื้อละเอียด (SC) และดินเนื้อปานกลาง (SCL) (Table 3) โดยพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้รวมถึงจุลธาตุ (Fe Mn และ Cu) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $p < 0.01$) ทั้งนี้อาจเกิดจากการชะดินติดต่อกันถึง 10 ครั้ง ส่งผลให้ธาตุอาหารเหล่านี้ถูกชะละลายไปด้วย ส่วนสภาพกรดของดิน (soil acidity) พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) หลังจากการเติมปุ๋ย ตรงข้ามปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้

Table 3 A comparisons of soil properties before and after the experiment

Soil texture		OM	P ^{5/}	K	Fe	Mn	Cu	Zn	SA ^{6/}
		(%)	<----- (mg/kg) ----->						(cmol/kg)
sandy clay	Before	3.03 ^{A 4/}	237 ^A	180 ^A	89.7 ^A	25.2 ^A	0.908 ^A	5.85	0.223 ^A
	After	2.67 ^B	153 ^B	145 ^B	46.5 ^B	8.60 ^B	0.607 ^B	4.44	0.102 ^B
F-test (SC)		**1/	*2/	**	**	**	**	ns ^{3/}	**
sandy clay	Before	3.83 ^A	23.4 ^A	71.2 ^A	82.2 ^A	20.0 ^A	0.881 ^A	4.18	0.718 ^A
	loam	3.31 ^B	7.93 ^B	37.8 ^B	44.3 ^B	6.51 ^B	0.548 ^B	2.77	0.306 ^B
F-test (SCL)		**	**	**	**	**	**	ns	**

**1/ and *2/ significant differences at $p < 0.01$ and < 0.05 , ^{3/} ns = nonsignificant differences, ^{4/} means followed by same letter are not significantly differently by Pair sample T-test, ^{5/} P = available P, ^{6/} SA = Soil acidity

สรุป

ดินในสวนทุเรียนเป็นดินกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก มีแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำมาก การเติมโดโลไมท์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มจาก 5.80 เป็น 6.13 ในดินเนื้อละเอียด (SC) และเพิ่มจาก 4.91 เป็น 5.51 ในดินเนื้อปานกลาง (SCL) การเติมปุ๋ยในอัตรา 1 LR ส่งผลให้ดินมี ความเป็นกรด-ด่าง ในระดับเป้าหมายที่เกษตรกรต้องการตลอดความลึก (0-50 ซม.) แต่ถ้าเติม 1.5 LR พบว่าดินมี ความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าระดับที่เกษตรกรต้องการแต่ยังไม่อยู่ในสภาพเกินปุ๋ย ผลของการเติมปุ๋ยส่งผลให้ดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นประมาณ 1.85 และ 2.6 เท่า ซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่บนชั้นผิวดิน (0-5 ซม.) อย่างไรก็ตามในดินเนื้อปานกลาง (SCL) ยังพบปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในระดับต่ำ การเติมปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีปุ๋ย รวมถึงแคลเซียมและแมกนีเซียม ไอออนของเกลือ และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ ถูกชะละลายไปกับน้ำและลงไปในชั้นดินลึกได้มากขึ้น หลังการทดลองพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่สกัดได้ และจุลธาตุลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ของดินซึ่งตรงข้ามกับปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (แคลเซียมและแมกนีเซียม) ที่พบว่าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยเกษตร (องค์กรมหาชน) ที่ทำการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณบริษัทเว้งกรุ๊ปโฮลดิ้งจำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยโดโลไมท์เพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจการรับรองมาตรฐานสินค้า. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการ ทุเรียน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2563. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี. กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539. เคมีของดิน. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

- ธนพจน์ จิรธนาคุณวงศ์. 2560. การศึกษาปริมาณน้ำฝนวิกฤตเพื่อการเตือนภัยลาดดินพิบัติ: กรณีศึกษา ต.คลองทราย อ.นาทวี จ.สงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2563. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม, นุกูล ถวิลถึง, สมพิศ ไม้เรียง, พิมล เกษสยาม, จีรพงษ์ ประสิทธิ์เขตร. 2544. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในทุเรียน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย .กรุงเทพฯ.
- Ahmad, W., Singh, B., Dijkstra, F. A., Dalal, R.C. 2013. Inorganic and organic carbon dynamics in a limed acid soil are mediated by plants. *Soil Biol. Biochem.* 57: 549–555.
- Belkacem, C., Nys, C. 1997. Effects of liming and gypsum regimes on chemical characteristics of an acid forest soil and its leachates. *Ann. For. Sci.* 54: 169–180.
- Danilo, S.R., Tales, T., Renan, G., Mohsin, Z., Gustavo, B. 2018. Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a longterm experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. *Geoderma.* 313: 7–16.
- Doug, C.E., Anna, M.R., 2003. *Handbook of Soil Acidity.* CRC Press. Florida, FL, USA.
- Guangdi, D.L, Mark, C., Keith, R.H., Chris, J.L., Graeme, J.P., Brian, R.C. 2019. Long-term surface application of lime ameliorates subsurface soil acidity in the mixed farming zone of south-eastern Australia. *Geoderma.* 338 : 236–246.
- Jaisue, N., Tawinteung, N., Worphet, A., Khurnpoon, L. 2021. Distribution and management of total and available sulfur under Durian orchard soils in the Eastern Thailand. *IJAT.* 17: 1767–1778.
- Robert, P.L., Scott, W.B., Stephen, B.H., Thomas, J.H., Bryan, R.S., David, R.D. 2015. Long-term of forest liming on soil, soil leachate, and foliage chemistry in Northern Pennsylvania. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79: 1223–1236.
- Syed-Omar, S.R., Zulkili, H.S., Zuraidah, J.Y., Wynne, J.C., Elkan, G.H. 1991. Use of lime, gypsum and their combinations of improve nodulation and yield of groundnut in an acidic soil. Springer. Dordrecht, the Netherlands
- USDA. 1987. *Soil Mechanics Level I. Module 3 – USDA Textural Soil Classification.* Soil Conservation Service. Oklahoma, OK, USA.
- Whitten, M.G., Wong, M.T., Rate, A.W. 2000. Amelioration of subsurface acidity in the south-west of Western Australia: Downward movement and mass balance of surface incorporated lime after 2–15 years. *Aust. J. Soil Res.* 38: 711–728.

ผลของการใส่ตอซังข้าวและใบอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกข้าว

Effect of rice stubble and sugarcane leaf application on soil properties change after rice planting

นันทน์ช ชาวพะเยาว์*, สุกัญญา แยมประชา

Nantanat Chaopayao*, Sukunya Yampracha

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: 62604019@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใส่ตอซังข้าวและใบอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกข้าว วางแผนการทดลองแบบ 2×3+1 Factorial in Randomized Complete Block Design 3 ซ้ำ ปัจจัย A การใส่เศษซากพืช 2 ชนิด 1) ตอซังข้าว 2) เศษใบอ้อย ปัจจัย B อัตราการใส่เศษซากพืช 3 ระดับ 1) 2.5% 2) 5% 3) 7.5% และทรีตเมนต์ควบคุม (ไม่ใส่เศษซากพืช) พบว่า การใส่ตอซังข้าวมีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการใส่ใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการไม่ใส่เศษซากพืช (ทรีตเมนต์ควบคุม) แต่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการใส่เศษซากพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพืชได้รับไนโตรเจนเพียงพอทำให้เจริญเติบโตได้ดี การใส่ตอซังข้าวส่งผลให้มีค่าฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลอง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ในขณะที่การใส่ใบอ้อยส่งผลให้มีค่า Loss on ignition แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใส่ตอซังข้าว ค่า Loss on ignition ไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่เศษซากพืช

คำสำคัญ: ตอซังข้าว, ใบอ้อย, สมบัติดิน

Abstract

To study the effect of rice stubble and sugarcane leaf application on soil properties changed after rice planting. The experiment was 2×3+1 factorial in Randomized Complete Block Design with three replications. Factor A consisted of two residues from rice stubble (R) and sugarcane leaf (S). Factor B consisted of three application rates e.g. 2.5%, 5%, and 7.5% and treatment control (without residues). The results revealed the nutrients uptake was significantly higher in rice stubble application than sugarcane leaf application. However, the nutrient uptake in the without residues application (treatment control) was significantly higher than residues application treatments due to chemical nitrogen fertilizer was applied in control treatment as provide sufficient nitrogen for rice growth. Rice stubble application resulted in the highest available phosphorus and exchangeable potassium in soil after the experiment. Whereas sugarcane leaf application resulted in Loss on ignition, exchangeable calcium and magnesium in soil were significantly different from rice stubble application. Loss on ignition, total nitrogen, total sulfur, available phosphorus, and exchangeable potassium increased with the level of application rate of residues.

Keywords: Rice stubble, Sugarcane leaf, Soil properties

คำนำ

ข้าวและอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีเพาะปลูก 2562/63 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 68.54 ล้านไร่ คิดเป็น 45.92% ของพื้นที่การเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) และปีการผลิต 2563/64 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศประมาณ 10.86 ล้านไร่ คิดเป็น 7.28% ของพื้นที่การเกษตร (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) ทั้งนี้ข้าวและอ้อยถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี โดยในปี พ.ศ. 2562/63 จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเป็นอันดับ 1 ของภาคกลาง มีพื้นที่เพาะปลูก 1.80 ล้านไร่ และปีการผลิต 2563/64 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เป็นอันดับที่ 3 ของภาคกลาง มีพื้นที่เพาะปลูก 0.59 ล้านไร่ ซึ่งเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรีมักปลูกข้าวแล้วอ้อยสลับกันในพื้นที่เดียวกัน หรือปลูกในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ขึ้นอยู่กับระบบชลประทานและปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี การจัดการวัสดุเหลือทิ้งของข้าวและอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว ในจังหวัดสุพรรณบุรีจึงเป็นเรื่องน่าสนใจซึ่งตามปกติเกษตรกรมักใช้วิธีการเผา โดยในพื้นที่เพาะปลูกข้าว 1 ไร่ หลังการเก็บเกี่ยวจะเหลือมวลชีวภาพประมาณ 0.86–1.08 ตัน/ไร่ ซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เท่ากับ 5.32–7.46, 0.50–0.66, 0.66–18.50, 2.60–3.08, 1.16–2.11 และ 1.90–2.99 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (นันทน และคณะ, 2562) และในพื้นที่ปลูกอ้อย 1 ไร่ หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีเศษเหลือใบอ้อยที่ประกอบด้วย ยอดอ้อย ใบอ้อยสด และใบอ้อยแห้ง เป็นเศษเหลือทิ้งอยู่ในแปลงอ้อยประมาณ 0.63–1.51 ตัน/ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2556) ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้ในแปลง ในช่วงฤดูแล้งใบอ้อยอาจเกิดการเสียดสีกันทำให้เกิดไฟลุกไหม้ได้ แต่หากนำมาใช้ประโยชน์โดยการใส่ในดินนาจะช่วยในการเพิ่มธาตุอาหารในดิน เนื่องจากใบอ้อยประกอบด้วยธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เท่ากับ 6.2–11.5, 0.6–3.6, 5.6–28.0, 1.4–12.9, 0.9–4.1 และ 1.1–2.4 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Oliveira et al., 2002; Meier et al., 2006; Hemwong et al., 2009) จากงานทดลองของ Saothongnoi et al. (2014) พบว่า ฟางข้าวช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ (OM), อินทรีย์คาร์บอน (OC) และโพแทสเซียม (K) นอกจากนี้การใส่ฟางข้าวลงไปในดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินต่ำ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการเตรียมดิน แต่ในช่วงเก็บเกี่ยวเกษตรกรมักนิยมเผาต่อซังข้าวและใบอ้อย เนื่องจากง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน และลดต้นทุนการผลิต แต่การเผาส่งผลเสียอย่างยิ่งในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ โดยการเผาต่อซังข้าวในพื้นที่การเกษตรทำให้เกิด PM_{2.5} ประมาณ 24.6–37.8% (Kim Oanh, 2017) ส่งผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน (วิรัตน์ และคณะ, 2557) ด้านผลผลิตของพืช ทำให้สูญเสียธาตุอาหารจากเศษซากพืช ธาตุอาหารในดินลดลง และเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ดินเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทำให้ผลผลิตลดลง และด้านเศรษฐกิจทำให้เกษตรกรต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีมากขึ้นเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่สูญเสียไป ปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเผาในพื้นที่การเกษตร โดยได้จัดทำโครงการส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่เกษตร และโครงการส่งเสริมการไถกลบและผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น เพื่อให้ความรู้ และความเข้าใจให้แก่เกษตรกรตระหนักถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเผาเศษซากพืช และประโยชน์จากการนำเศษซากพืชกลับมาใช้ ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ต่อซังข้าวและใบอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกข้าว ซึ่งสามารถนำผลการทดลองที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลในการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของพื้นที่ปลูกข้าวหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองในกระถางในโรงเรือน ชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์-กรกฎาคม พ.ศ. 2564 วางแผนการทดลองแบบ 2×3 +1 Factorial in Randomized Complete Block Design 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัย A เศษซากพืช 2 ชนิด คือ 1) ตอซังข้าว และ 2) เศษใบอ้อย ปัจจัย B อัตราการใส่เศษซากพืช 3 ระดับ คือ 1) อัตราเศษซากพืช 2.5% (น้ำหนักแห้งเศษซากพืช/น้ำหนักดินแห้ง) 2) อัตราเศษซากพืช 5% (น้ำหนักแห้งเศษซากพืช/น้ำหนักดินแห้ง) 3) อัตราเศษซากพืช 7.5% (น้ำหนักแห้งเศษซากพืช/น้ำหนักดินแห้ง) และ ทรีตเมนต์ควบคุม (ไม่ใส่เศษซากพืช)

การเตรียมตัวอย่างดินและเศษซากพืช

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาใน ตำบลเดิมบาง อำเภอดีเดิมบางนางบัว จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นชุดดินชัสนาทางอ้างอิงจากแผนที่กรมพัฒนาที่ดินมาตราส่วน 1: 25,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วทั้งแปลง เก็บที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร คลุกเคล้าดินให้เข้ากัน แบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับการวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น โดยนำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ก่อนนำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ส่วนที่ 2 สำหรับการปลูกข้าว วิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น ได้แก่ เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินมีค่า pH เป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.08 mS/cm แสดงว่าดินไม่เค็ม มีค่า Loss on ignition และไนโตรเจนทั้งหมดปานกลาง ซัลเฟอร์ทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (Table 1)

Table 1 Soil physical and chemical properties before planting

Soil properties	Chainat soil series (Cn)
Texture	Silty Clay
pH (soil : water = 1:1)	6.80
EC (soil : water = 1:5) (mS/cm)	0.08
Loss on ignition (%)	2.52
Total N (g/kg)	1.20
Total S (g/kg)	0.50
Available P (mg/kg)	16.51
Exchangeable K (mg/kg)	51.60
Exchangeable Ca (mg/kg)	2,405
Exchangeable Mg (mg/kg)	288
Exchangeable Na (mg/kg)	251

เก็บตัวอย่างตอซังข้าว (ตัดส่วนเหนือดินหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าว) และใบอ้อย (เก็บตัวอย่างใบที่ห่างจากต้น) จากแปลงเกษตรกรในตำบลเดิมบาง อำเภอดเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วทั้งแปลง นำตัวอย่างมาตัดให้ขนาดความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร สำหรับใช้ในงานทดลอง และทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (Table 2) โดยนำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช

ความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดในตอซังข้าว มีคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ในรูปทั้งหมด เท่ากับ 383, 6.41, 1.38, 11.81, 2.27, 0.83 และ 1.84 g/kg ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดในใบอ้อย มีคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ในรูปทั้งหมด เท่ากับ 419, 2.80, 0.57, 4.25, 4.36, 1.59 และ 2.36 g/kg ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Total concentration of plant macronutrient (Total C, N, P, K, Ca, Mg and S) in plant residues

Residues	Total C	Total N	Total P	Total K	Total Ca	Total Mg	Total S	C:N ratio
	------(g/kg)-----							
Rice stubble	383	6.41	1.38	11.81	2.27	0.83	1.84	60:1
Sugarcane leaf	419	2.8	0.57	4.25	4.36	1.59	2.36	150:1

วิธีการปลูกพืชและการเก็บตัวอย่างดินหลังปลูก

ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในกระถาง โดยซังดินใส่ในกระถาง กระถางละ 10 กิโลกรัม และใส่ตอซังและใบอ้อยตามทริตเมนต์ที่กำหนด หมักดินที่ผสมกับตอซังและใบอ้อยก่อนปลูกข้าวเป็นเวลา 30 วัน เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน ปักดำกระถางละ 6 ต้น ทุกทริตเมนต์ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกเป็นปุ๋ยพื้นฐานในอัตรา 13 กก. ไนโตรเจน/ไร่ และเมื่อ 40 วัน หลังจากย้ายปลูก ในอัตรา 13 กก. ไนโตรเจน/ไร่ (ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน) (สถาบันวิจัยข้าว, 2547) เก็บตัวอย่างส่วนเหนือดินที่ระยะเก็บเกี่ยว แยกเมล็ดและตอซัง นำส่วนตอซังซังน้ำหนักสด ก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปซังเพื่อหาน้ำหนักแห้ง และนำมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร การเก็บตัวอย่างดิน สุ่มเก็บตัวอย่างในกระถางโดยใช้หลอดเจาะดิน (Soil tube) จำนวน 3 จุด จากนั้นนำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ก่อนนำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติดิน

วิธีวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง

วิเคราะห์เนื้อดิน โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในอัตราส่วนดินต่อน้ำที่ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์การนำไฟฟ้า ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 วัดด้วยเครื่อง EC meter (Richards, 1954) วิเคราะห์ค่า Loss on ignition (Buchanan, 1984) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด และซัลเฟอร์ทั้งหมด วัดด้วยเครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016) วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วย Bray II วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer wavelength 882 nm (Bray and Kurtz, 1945) วิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน สกัดด้วย 1 N NH₄COOH (pH 7) (Soil Chemical Research Center, 2001) วัดความเข้มข้นของธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively couple plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES)

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างเศษซากพืชและพืช

วิเคราะห์ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ในรูปทั้งหมด ด้วยวิธี Dry ashing เผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ละลายแก้ด้วยกรด aqua regia ($\text{HNO}_3:\text{HCl}$; 1:3) วัดความเข้มข้นของธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively couple plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) (สุกัญญา, 2556) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดและซัลเฟอร์ทั้งหมด ด้วยวิธี Dry combustion โดยใช้เครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016) แล้วนำข้อมูลมาคำนวณการดูดใช้ธาตุอาหารพืช คำนวณจากสูตร % ความเข้มข้นของธาตุอาหารคูณกับน้ำหนักแห้งพืชหาร 100 (Kabir et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ประเมินความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดูดใช้ธาตุอาหารในตอซังข้าว

การดูดใช้ธาตุอาหารในตอซังข้าว พบว่า การใส่เศษซากพืชทั้ง 2 ชนิด และอัตราการใส่เศษซากพืชแตกต่างส่งผลให้การดูดใช้ทุกธาตุอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ มีค่าสูงในทรีตเมนต์ควบคุม และในอัตรา 0% (ควบคุม) เท่ากับ 0.74, 0.16, 0.46, 0.27 และ 0.20 g/pot ยกเว้น การดูดใช้โพแทสเซียมมีค่าสูงในการใส่ตอซังข้าว เท่ากับ 0.66 g/pot และการดูดใช้ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของทรีตเมนต์ที่ใส่ใบข้าวสูงกว่าใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในตอซังข้าวสูงกว่าใบอ้อย (Table 2) และอาจเกิดจากใบอ้อย (C:N ratio อยู่ระหว่าง 80–110:1) (Calcino et al., 2018) มีค่า C:N ratio ที่สูงกว่าตอซังข้าว (C:N ratio 67:1) (Wang et al., 2021) จึงส่งผลให้อัตราการย่อยสลายของใบอ้อยช้ากว่าตอซังข้าว ทำให้ปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อยกว่า การใส่เศษซากพืชในอัตรา 2.5% มีแนวโน้มทำให้มีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการใส่เศษซากพืชมากกว่าการใส่ในอัตราอื่น อย่างไรก็ตามการไม่ใส่เศษซากพืช (ทรีตเมนต์ควบคุม) มีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงสุด อาจเนื่องจากการใส่เศษซากพืชในอัตราตั้งแต่ 2.5 % โดยน้ำหนักเป็นอัตราที่สูง เศษซากพืชอาจย่อยสลายไม่สมบูรณ์ (สุปรานี และคณะ, 2556) ทำให้ทรีตเมนต์ที่มีการใส่เศษซากพืชเจริญเติบโตต่ำกว่า ทรีตเมนต์ควบคุม และอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการ immobilization โดยจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายเศษซากพืชดึงดูดธาตุอาหารจากดินและไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยเคมีในโตรเจนมาใช้ในการย่อยสลายเศษซากพืช ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวต่ำกว่าทรีตเมนต์ควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากเศษซากพืชมีค่า C:N ratio สูงโดยทั่วไป C/N ratio ของซากพืชที่ต่ำกว่า 25:1 จะเหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการ N mineralization แต่ถ้ามากกว่า 30:1 มักจะเกิดกระบวนการ N immobilization (Trinsoutrot et al., 2000) ซึ่งจะทำให้พืชขาดธาตุไนโตรเจนชั่วคราวได้ ซึ่งเศษซากพืชทั้งสองชนิดมีค่า C:N ratio สูงมากกว่า 30:1 (Table 2) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเศษซากพืชและอัตราการใส่เศษซากพืชมีผลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการดูดใช้ธาตุอาหารอื่นๆ (Table 3)

Table 3 Total uptake of plant macronutrient (Total N, P, K, Ca, Mg, and S) in rice stubble.

Factor	Uptake N	Uptake P	Uptake K	Uptake Ca	Uptake Mg	Uptake S
	------(g/pot)-----					
Residues (Res)						
Control	0.74 ^a	0.16 ^a	0.34 ^b	0.46 ^a	0.27 ^a	0.20 ^a
Rice stubble	0.46 ^b	0.11 ^b	0.66 ^a	0.12 ^b	0.10 ^b	0.15 ^b
Sugarcane leaf	0.26 ^c	0.07 ^c	0.39 ^b	0.08 ^c	0.06 ^c	0.07 ^c
Average	0.46	0.11	0.48	0.19	0.13	0.14
Rate (R)						
0%	0.74 ^A	0.16 ^A	0.34 ^C	0.46 ^A	0.27 ^A	0.20 ^A
2.5%	0.53 ^B	0.13 ^B	0.55 ^A	0.19 ^B	0.13 ^B	0.19 ^A
5%	0.33 ^C	0.08 ^C	0.55 ^A	0.09 ^C	0.07 ^C	0.10 ^B
7.5%	0.24 ^D	0.06 ^C	0.42 ^B	0.06 ^D	0.05 ^D	0.07 ^B
Average	0.46	0.11	0.48	0.19	0.13	0.14
F-test						
Res	**	**	**	**	**	**
R	**	**	**	**	**	**
Res x R	ns	*	**	ns	ns	ns
CV (%)	8.06	16.16	6.77	10.01	10.67	15.89

** and * are significantly differenced at $p \leq 0.01$ and 0.05 , respectively. ns is not significantly differenced at $p \leq 0.05$. values followed by the same uppercase and lowercase letter in the column of each factor

สมบัติดินหลังการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า การใส่เศษซากพืชทั้ง 2 ชนิด ส่งผลให้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่า LOI ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า LOI แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในทริตเมนต์ที่ใส่ใบอ้อยมีค่า เท่ากับ 5.62% 2,772 และ 396 mg/kg ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าทริตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ วิชญ์ภาส และวรรณวิภา (2563) พบว่า การจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบ เหลือเศษซากใบอ้อยไว้คลุมแปลง ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และการที่แคลเซียมและแมกนีเซียมสูงในดินที่ใส่ใบอ้อย อาจมีผลมาจากธาตุอาหารในใบอ้อยที่ใส่ลงไปในดิน เนื่องจากมีแนวโน้มสูงไปในทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นในเศษซากพืช (Table 2) ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าสูงในการใส่ตอซังข้าว เท่ากับ 36.98 และ 284 mg/kg ตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองของเครือมาศ (2554) พบว่า หลังจากการปลูกข้าวในดินผสมฟางข้าวแห้งทำให้มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินสูงกว่าการไม่ใส่ฟางข้าว

ในด้านอัตราการใส่เศษซากพืชส่งผลให้ ค่าการนำไฟฟ้า แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า LOI ไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าสูงในอัตรา 0% (ควบคุม) เท่ากับ 6.51 โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงในอัตรา 2.5% เท่ากับ 365 mg/kg ส่วนค่า LOI ไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าสูงในอัตรา 7.5% เท่ากับ 5.79%, 0.20%, 0.11%, 39.28 และ 349 mg/kg ตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองของ Darunsontaya et al. (2020) พบว่า การใส่ฟางข้าวในดิน ในอัตราที่แตกต่างกัน (0, 3,125, 6,250 และ 9,375 kg/ha) มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียม ในรูปต่างๆ ที่ 120 วันหลังจากการบ่ม โดยพบว่าปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่ละลายน้ำได้ และในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามอัตราการใส่ฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้อาจปลดปล่อยจากเศษฟางข้าวที่ย่อยสลายได้ในช่วงระยะการบ่ม

ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เศษซากพืชทั้ง 2 ชนิดกับอัตราการใส่ที่แตกต่างกัน พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ต่อไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อสมบัติอื่นๆ (Table 4)

Table 4 The soil pH, electrical conductivity, loss on ignition (LOI), total N, S, available P and exchangeable K, Ca, Mg, and Na content after harvest

Factor	pH	EC (mS/cm)	LOI (%)	Total N (%)	Total S (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable (mg/kg)			
							K	Ca	Mg	Na
Residues (Res)										
Control	6.51	0.32	4.33 ^c	0.17	0.02	26.69 ^c	38.6 ^c	2,579 ^b	343 ^c	301
Rice stubble	6.24	0.42	5.34 ^b	0.19	0.10	36.98 ^a	284 ^a	2,650 ^b	372 ^b	310
Sugarcane leaf	6.21	0.37	5.62 ^a	0.19	0.09	32.44 ^b	186 ^b	2,772 ^a	395 ^a	301
Average	6.31	0.38	5.20	0.19	0.07	32.74	186	2,669	374	304
Rate (R)										
0%	6.51 ^A	0.32	4.33 ^D	0.17 ^C	0.02 ^C	26.69 ^C	38.61 ^D	2,579	343	301 ^B
2.5%	6.21 ^B	0.46	5.08 ^C	0.18 ^B	0.09 ^B	31.39 ^B	122 ^C	2,774	381	365 ^A
5%	6.28 ^B	0.36	5.39 ^B	0.20 ^A	0.07 ^B	33.46 ^B	233 ^B	2,713	388	300 ^B
7.5%	6.20 ^B	0.37	5.97 ^A	0.20 ^A	0.11 ^A	39.28 ^A	349 ^A	2,646	380	251 ^C
Average	6.31	0.38	5.20	0.19	0.07	32.74	186	2,679	374	304
F-test										
Res	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**	**	ns
R	*	ns	**	**	**	**	**	ns	ns	**
Res x R	ns	ns	ns	**	*	ns	**	ns	**	**
CV (%)	0.91	18.82	3.05	3.29	17.11	5.56	10.34	3.30	2.13	8.93

** and * are significantly differenced at $p \leq 0.01$ and 0.05 , respectively. ns is not significantly differenced at $p \leq 0.05$. values followed by the same uppercase and lowercase letter in the column of each factor

สรุป

การใส่ตอซังข้าวและใบอ้อยมีผลต่อการดูใช้ธาตุอาหารของตอซังข้าว และการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน โดยพบว่า การดูใช้โพแทสเซียมจากที่รีตเมนต์ที่ใส่ตอซังข้าว และการใส่เศษซากพืชที่อัตรา 2.5% มีค่าสูงกว่าการใส่ใบอ้อย และที่รีตเมนต์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการไม่ใส่เศษซากพืช (ที่รีตเมนต์ควบคุม) ทำให้มีการดูใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ได้สูง เนื่องมาจากการได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอจากการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนในด้านสมบัติดินพบว่า ค่า Loss on ignition ซึ่งแสดงถึงปริมาณคาร์บอนในดิน แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จากการใส่ใบอ้อยมีค่าสูงกว่าการใส่ตอซังข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ จากการใส่ตอซังข้าวมีค่าสูงกว่าการใส่ใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่เศษซากพืชในอัตรา 7.5% ส่งผลให้มีค่า Loss on ignition ไนโตรเจนทั้งหมด ซัลเฟอร์ทั้งหมด ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราการใส่ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่ตอซังข้าวและใบอ้อยในดินนาแทนการเผาจึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกร ในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดิน และลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้การย่อยสลายตอซังข้าวและใบอ้อยจะต้องใช้ระยะเวลาเพื่อการย่อยสลายที่สมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2556. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตร. http://www.sugarzone.in.th/cane/cane_machine56.pdf, 1 ธันวาคม 2564.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2564. ระบบนำเสนอมุมที่จุดดินมาตราส่วน 1:25,000. <http://eis.idd.go.th/lddeis/SoilView.aspx>, 8 ธันวาคม 2564.
- เครื่องมือ สหกรณ์การ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะ) 4: 932–941.
- นันทนัช ชาวพะเยาว์, อารดา บุญอาจ, พัชรินทร์ สุรินทร์, จวรรชนก ปรีสังข์, สุกัญญา แยมประชา. 2563. อิทธิพลของพันธุ์ข้าวต่อการสะสมมวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหาร. ใน: รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 50. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, หน้า 614–625.
- วิรัตน์ นาคเอี่ยม, สุนันท์ สีสังข์, พรชุลี นิลวิเศษ. 2557. การผลิตข้าวและการจัดการตอซังข้าวของเกษตรกรเขตชลประทาน ในอำเภอดุสิต จังหวัดพิษณุโลก. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี, หน้า 1–10.
- วิษณุภาส อีสา, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2563. การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหลังได้รับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบไม่เผาใบ ภายใต้สภาพดินเหนียวที่ได้รับการเผาใบอย่างต่อเนื่อง. วารสารเกษตรพระวรุณ. 17: 21–32.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. พื้นที่เพาะปลูกข้าว ปีการเพาะปลูก 2562/63. [https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/type%20rice%2062\(1\).pdf](https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/type%20rice%2062(1).pdf), 1 ธันวาคม 2564.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2563/64. <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9200.pdf>, 1 ธันวาคม 2564.
- สุกัญญา แยมประชา. 2556. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

- สุปรานี มั่นหมาย, ภาวนา ลิกขนานนท์, ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต, อธิปัตย์ คลังบุญครอง, ประไพ ทองระอา, นิศารัตน์ ทวีนุต ,พีรพงษ์ เชาวน์พงษ์. 2556. การย่อยสลายตอซังและฟางข้าวในแปลงนาเพื่อให้สามารถปลูกข้าวได้. สำนักวิจัย พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/04/431.1การย่อยสลายตอซังและฟางข้าวในแปลงนาเพื่อให้สามารถปลูกข้าวได้.pdf>, 19 มกราคม 2565.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2547. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39–46.
- Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. In: *Methods for the Study of Marine Benthos*. Scientific Publications. Oxford, UK, pp. 41–64.
- Calcino, D., Schroeder, B., Panitz, J., Hurney, A., Skocaj, D., Wood, A., Salter, B. 2018. Australian Sugarcane Nutrition Manual. Sugarcane Research Australia. Australia.
- Darunsontaya, T., Jindaluang, W. 2020. Effect of rice straw on potassium availability in illite containing soils of central plain, Thailand. *Walailak J. Sci. Tech.* 18: 1–10.
- E-sa, W., Kaewpradit, W. 2020. Changes in soil labile organic carbon pool after change consecutive preharvest burning to unburned sugarcane harvest condition in clay loam soil. *Prawarun Agr. J.* 17: 21–32.
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods*, 5.1, 2nd ed. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI, USA. pp. 383–441.
- Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., Patanothai, A. 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effect on N dynamic, N losses and growth of sugarcane. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 83: 135–151.
- Kabir, M.H., Talukder, N.M., Uddin, M.J., Mahmud, H., Biswas, B.K. 2011. Total nutrient uptake by grain plus straw and economic of fertilizer use of rice mutation STL-655 grown under boro season in saline area. *J. Environ. Sci.* 4: 83–87.
- Oanh, N.T.K. 2017. A study in urban air pollution improvement in Asia. Ph.D Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand.
- LECO Corporation. 2016. Operation In: *Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determinators Instruction Manual*. U.S., LECO Europe B.V., pp. 1–56.
- Meier, E.A., Thorburn, P.J., Wegener, M.K., Basford, K.E. 2006. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soil in the wet tropics of North Queensland. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 75: 101–114.
- Oliveira, M.W., Trivelin, P.C.O., Kingston, G., Barbosa, M.H.P., Vitti, A.C. 2002. Decomposition and release of nutrients from sugarcane trash in two agriculture environment in Brazil. In: *Proceedings of Conference of the Australian Society of Sugarcane Technologists*, pp. 1–10.

- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agriculture. Handbook No 60. Washington, DC, USA, pp. 7–21.
- Saonthongnoi, V., Amkha, S., Inubushi, K., Smakgahn, K. 2014. Effect of Rice Straw Incorporation on soil properties and rice yield. Thai J. Agric. Sci. 47: 7–12.
- Soil Chemical research center. 2001. Soil and plant analysis manual. Soil Science. Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
- Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Linères, M., Chèneby, D., Nicolardot, B. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under non limiting nitrogen conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 918–926.
- Wang, Y., Wang, H., Gao, C., Seglah, P.A., Bi, Y. 2021. Urea application rate for crop straw decomposition in temperate China. Appl. Environ. Soil Sci. 2021: 1–12.

ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดินนา

Effects of rice straw management on carbon sequestration, total carbon and nitrogen content in paddy soil

อารดา บุญอาจ, จวรรชนก ปรีสงค์, สุกัญญา แยมประชา

Arada Boonart, Jawanchanok Preesong, Sukunya Yampracha

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: 62604017@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาผลการกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนทั้งหมดในดิน คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย ($\text{KMnO}_4\text{-C}$) และไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ที่ได้รับอิทธิพลจากการไถกลบตอซังและการเผาตอซังข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินจาก 4 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ชัยภูมิ นครสวรรค์ และสุพรรณบุรี ที่มีการจัดการตอซังข้าวแบบเผาและไถกลบตอซังหลังการเก็บเกี่ยว จำนวน 8 แปลง โดยเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก คือ 0–15 และ 15–30 ซม. พบว่า การเผาตอซังข้าวมีแนวโน้มทำให้ pH สูงกว่าการไถกลบ แต่การกักเก็บคาร์บอนมีแนวโน้มต่ำกว่าการไถกลบตอซัง ในขณะที่ปริมาณคาร์บอน (TC) ค่า loss on ignition (LOI) อินทรีย์คาร์บอนที่วิเคราะห์ด้วยวิธี wet oxidation (OC), $\text{KMnO}_4\text{-C}$ และ TN ไม่แตกต่างทางสถิติ ปริมาณ TC, OC, $\text{KMnO}_4\text{-C}$, TN และการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0–15 ซม. สูงกว่าที่ระดับความลึก 15–30 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่า LOI ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งสองระดับความลึก

คำสำคัญ: การจัดการเศษซากพืช, การวิเคราะห์คาร์บอนในดิน, รูปของคาร์บอนในดิน

Abstract

Study on the effect of burning rice stubble on carbon sequestration, total carbon, labile organic carbon ($\text{KMnO}_4\text{-C}$), and total nitrogen (TN) influenced by rice stubble plowing and burning. Soil samples were collected in 4 provinces there were Nakhon Ratchasima, Chaiyaphum, Nakhon Sawan, and Suphanburi provinces with rice stubble plowing and burning management for 8 plots. The soil samples were collected at 2 depths of 0–15 and 15–30 cm. The result shows that rice stubble burning tended to indicate higher pH than rice stubble plowing. But carbon sequestration tends to be lower than stubble plowing. While, total carbon (TC), loss on ignition (LOI), organic carbon analyzed by wet oxidation (OC), $\text{KMnO}_4\text{-C}$, and TN were not statistically different. However, TC, OC, $\text{KMnO}_4\text{-C}$, TN, and carbon stock at a depth of 0–15 cm were significantly different higher than 15–30 cm while the LOI was not significantly different at both depths.

Keywords: Residual managements, Soil carbon analysis, Soil organic carbon fraction

คำนำ

อินทรีย์คาร์บอนเป็นหนึ่งในดัชนีบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีความเกี่ยวข้องกับสมบัติดินทั้งทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมีของดิน (Sahoo et al., 2019) มีส่วนช่วยทำให้เกิดเม็ดดิน สนับสนุนกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการหมุนเวียนธาตุอาหาร (Kaye and Hart, 1997; Li et al., 2018) ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ ไทยมีพื้นที่ปลูกคิดเป็น 45.92% ของพื้นที่การเกษตร ในปีเพาะปลูก 2562/63 โดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 68.54 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ซึ่งเกษตรกรในประเทศไทยมีการจัดการต่อซังข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน เช่น การไถกลบต่อซังข้าวทั้งหมดในแปลง การนำต่อซังข้าวออกจากแปลงโดยใช้รถอัดต่อซังเพื่อขายหรือนำไปเป็นอาหารสัตว์ และการเผาต่อซังข้าว เป็นต้น ซึ่งการจัดการต่อซังข้าวที่แตกต่างกันที่เกษตรกรปฏิบัติ อาจส่งผลต่อ การกักเก็บคาร์บอน (carbon sequestration) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอน และคาร์บอนในรูปที่ย่อยสลายตัวได้ง่าย เช่น การไถกลบต่อซังข้าวไว้ในดิน มีแนวโน้มส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และการเกิดเม็ดดินสูงกว่าการต่อซังข้าว และนำต่อซังข้าวออกจากแปลง ตามลำดับ (Singh et al., 2005) และการศึกษาของ เครือมาศ (2554) พบว่า ดินที่ไถกลบต่อซังข้าวแห้งมีแนวโน้มของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าการเผาต่อซังข้าว และทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมน้อยกว่าการเผาต่อซังข้าว เป็นต้น การทราบถึงปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจึงเป็นประโยชน์ที่แสดงถึงสมบัติของดินทั้งด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน รวมทั้งไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญของพืช และส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ (Supuan et al., 2018) วิธีวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนจึงมีความสำคัญมาก โดยปกติมักวิเคราะห์ในรูปคาร์บอนทั้งหมดซึ่งอาจวัดความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่มาจากการจัดการเศษซากพืชได้ยากโดยเฉพาะในกลุ่มดินที่มีเนื้อละเอียด วิธีวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมดในดินที่นิยมใช้มากที่สุดคือ wet acid dichromate oxidation เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว แต่สาร $K_2Cr_2O_7$ สามารถออกซิไดซ์ (oxidizable) คาร์บอนได้ประมาณ 75% ของคาร์บอนทั้งหมดในดิน จึงอาจวิเคราะห์คาร์บอนไม่ได้ทั้งหมด ส่วนวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมด คือ วิธี dry combustion โดยจะเปลี่ยนคาร์บอนในดินเป็น CO_2 ด้วยความร้อนสูงแต่เครื่องมือการวิเคราะห์ที่มีราคาสูง (Grewal et al., 1991) และนอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ค่า loss on ignition (LOI) เป็นค่าที่แสดงน้ำหนักที่หายไปของอินทรีย์คาร์บอนหลังจากเผาที่อุณหภูมิ $400^\circ C$ (Buchanan, 1984) แต่การเผาที่อุณหภูมิเกิน $150^\circ C$ อาจส่งผลให้น้ำหรือในองค์ประกอบแร่ในระหว่างอนุภาคดิน (inter layer) หายไปด้วย จึงทำให้ค่าวิเคราะห์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ในดินบางชนิด แต่การวิเคราะห์สามารถทำได้ง่ายในห้องปฏิบัติการทั่วไป (Grim, 1967; Grewal et al., 1991) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์คาร์บอนที่สลายตัวได้ง่าย (labile organic carbon) เช่น คาร์บอนในรูป permanganate oxidized carbon ($KMnO_4-C$; Blair et al., 1995) โดย $KMnO_4-C$ เป็นส่วนของคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่ายทั้งคาร์บอนที่อยู่ในสารฮิวมิก รวมถึงสารโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งในการวิเคราะห์มีการใช้สารเคมีที่ปลอดภัย และประหยัดกว่า วิธี wet acid dichromate oxidation นอกจากนี้คาร์บอนในรูป $KMnO_4-C$ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการหมุนเวียนธาตุอาหาร มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนทั้งหมดในดิน และสามารถใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีการจัดการที่แตกต่างกัน (Grewal et al., 1991; Lal et al., 2001; ศุภจิตา และคณะ, 2562) จะเห็นได้ว่าการจัดการเศษซากพืชที่แตกต่างกันส่งผลต่อคาร์บอนในดิน และอาจส่งผลคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งเป็นรูปที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งยังขาดการศึกษาในประเด็นดังกล่าว ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลจากการจัดการต่อซังข้าวต่อการกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนทั้งหมดในดิน อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดด้วยวิธี wet oxidation รูปของคาร์บอนที่สกัดด้วย $KMnO_4$ และสมบัติดินบางประการ

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาและการวิเคราะห์ดิน

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ นครสวรรค์ และสุพรรณบุรี ที่มีการจัดการแบบเผาตอซังและไถกลบตอซังข้าวหลังการเก็บเกี่ยวต่อเนื่องมากกว่า 1 ปี แบบละ 1 แปลงต่อจังหวัด โดยเก็บแต่ละการจัดการในพื้นที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดในแต่ละจังหวัด รวมทั้งหมด 8 แปลง โดยพิกัด ตำบล อำเภอ และชุดดินของแต่ละแปลงแสดงใน Table 1 ตรวจสอบข้อมูลชุดดินจาก Agri-map online ที่ความละเอียดของแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) การเก็บตัวอย่างดินเก็บ 2 ระดับความลึก ได้แก่ 0–15 และ 15–30 ซม. เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ทำการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2, 0.5 และ 0.149 มม. และเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนดิน (undisturbed soil) โดยใช้กระบอกลูกเก็บดิน (soil core) ด้วยวิธี core sample เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density, BD) ที่ระดับความลึก 0–15 และ 15–30 ซม. จำนวน 2 ซ้ำต่อแปลง

ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ใช้สำหรับวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของดินด้วยเครื่อง pH meter ที่สกัดส่วนดินต่อน้ำ 1:1 วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี pipette method (Gee and Baunder, 1986) และวิเคราะห์ค่า loss on ignition method (LOI; Buchanan, 1984) ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. ใช้สำหรับวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินโดยวิธี wet oxidation (OC) และ อินทรีย์คาร์บอนรูปที่สกัดโดยเพอร์แมงกาเนตออกซิไดซ์เซเบิล (KMnO₄-C) โดยวิธีของ Blair et al. (1995) และตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.100 มม. ใช้สำหรับวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมดในดินด้วยวิธี dry combustion โดยเครื่อง CNS analyzer (LECO, Trumac CNS) โดยตัวอย่างดินแต่ละตัวอย่างและแต่ละวิธีทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ

วิธีคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในดิน

$$C \text{ sequestration (Mg/rai)} = (C \text{ conc. in soil (\%)} \times \text{area (1,600 m}^2\text{)} \times \text{BD (kg/m}^3\text{)} \times \text{soil depth (m)}) / 100 \quad (1)$$

C conc. in soil (%) คือปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนทั้งหมดในดิน วัดด้วยวิธี dry combustion, BD (กก./ลบ.ม.) คือความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density) ที่ระดับความลึก 0–15 หรือ 15–30 ซม.

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล Analysis of Variances (ANOVA) แบบ 2×2 แฟคทอเรียล (Factorial) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ตัวอย่างดินจากจังหวัดนครราชสีมาทั้งแปลงไถกลบตอซัง (non-burn) และเผาตอซัง (burn) เป็นดินคล้ายชุดดินหนองกุ้งที่เป็นดินทรายแป้งละเอียด (Nkg-fsi) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) โดยที่ระดับความลึก 0–15 และ 15–30 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนเหนียวตามลำดับ ในแปลงไถกลบตอซัง และมีเนื้อดินเป็นดินร่วนและดินร่วนเหนียวตามลำดับ ในพื้นที่เผาตอซัง (Table 1 และ Table 2) ตัวอย่างดินจากจังหวัดชัยภูมิตามพิกัดพื้นที่แปลงข้าวไถกลบตอซังเป็นชุดดินธวัชบุรี (Th) มีและแปลงข้าวเผาตอซังเป็นชุดดินหนองกุ้ง (Nkg) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) โดยทั้งสอง

ระดับความลึกมีลักษณะดินร่วนเหนียวในพื้นที่เือกlobalต่อซัง และลักษณะดินเหนียวปนทรายแบ่งในพื้นที่เือกlobalต่อซังข้าวซึ่งมีลักษณะเนื้อดินตามชุดดิน (Table 1 และ Table 2) จังหวัดนครสวรรค์ทั้งสองพื้นที่เป็นชุดดินชุมแสง (Cs) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) มีลักษณะตรงกับการวิเคราะห์เนื้อดินคือมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวทั้งสองการจัดการและทุกระดับความลึก (Table 1 และ Table 2) สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งสองพื้นที่เป็นชุดดินเดิมบาง (Db) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) มีลักษณะตรงกับการวิเคราะห์เนื้อดิน คือ มีลักษณะเนื้อดินร่วนเหนียวปนทรายในทุกระดับความลึกของพื้นที่เือกlobalต่อซังและที่ระดับความลึก 15–30 ซม. ในพื้นที่เือกlobalต่อซัง ในขณะที่ระดับความลึก 0–15 ซม. มีลักษณะเนื้อดินแบบดินร่วนปนทราย (Table 1 และ Table 2) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองเนื้อดินอยู่ในกลุ่มเนื้อปานกลางถึงเนื้อละเอียด

Table 1 Location, sub district, district, and soil series of soil samples

Management	Location		Sub district	District	Province	Soil series
	Latitude	Longitude				
Non-burn	14.3965675	102.4872108	Sa Takhian	Soeng Sang	Nakhon Ratchasima (NR)	Nkg-fsi
	15.7459250	101.8795200	Talat Raeng	Ban Khwao	Chaiyaphum (CP)	Th
	15.6390440	100.3704420	Wang Mahakon	Tha Tako	Nakhon Sawan (NS)	Cs
	14.6288360	99.9696250	Don Chedi	Don Chedi,	Suphanburi (SP)	Db
Burn	14.3957715	102.4872199	Sa Takhian	Soeng Sang	Nakhon Ratchasima (NR)	Nkg-fsi
	15.7271430	101.8749300	Talat Raeng	Ban Khwao	Chaiyaphum (CP)	Nkg
	15.6427940	100.3463440	Wang Mahakon	Tha Tako	Nakhon Sawan (NS)	Cs
	14.6308190	99.9685990	Don Chedi	Don Chedi,	Suphanburi (SP)	Db

Nkg-fsi and Nkg = Nong Kung soil series, Th = Thawatburi soil series, Cs = Chum Saeng soil series, Db = Doem Bang soil series

ดินคล้ายชุดดินหนองกุ้งที่เป็นดินทรายแบ่งละเอียด (Nkg-fsi) มี pH เป็นกรดจัดมาก ในพื้นที่ชุดดินธวัชบุรี (Th) และชุดดินหนองกุ้ง (Nkg) ที่ระดับความลึก 0–15 ซม. มีสภาพความเป็นกรดจัดทั้ง 2 การจัดการ ขณะที่ระดับความลึก 15–30 ซม. มีสภาพความเป็นกรดอ่อนในพื้นที่เือกlobalต่อซังข้าว และเป็นกลางในพื้นที่เือกlobalต่อซังข้าว ชุดดินชุมแสง (Cs) มีสภาพความเป็นกรดจัดมากในพื้นที่เือกlobalต่อซังข้าวทั้ง 2 ระดับความลึก ขณะที่พื้นที่เือกlobalต่อซังข้าวมี pH สูงกว่า โดยที่ระดับความลึก 0–15 ซม. มีสภาพเป็นกรดจัด และ 15–30 ซม. มีสภาพเป็นกรดปานกลาง ในพื้นที่ชุดดินเดิมบาง (Db) มีค่า pH อยู่ในระดับปานกลาง โดยพบว่า ในการจัดการแบบเือกlobalต่อซังข้าวมีแนวโน้มค่า pH สูงกว่าการเือกlobalต่อซังแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 3) อาจเนื่องมาจากการเือกlobalทำให้เกิดเถ้าที่เป็นสารแขวนลอยที่มีอัลคาไลน์ออกไซด์ (alkaline oxide) หรือ basic cation ที่สามารถปลดปล่อย OH⁻ เมื่อมีความชื้นในดิน ทำให้มี pH สูงขึ้นในดินที่มีการเือกlobalต่อซังข้าว (Molina et al., 2007) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐพล และเครือมาศ (2556) พบว่า ดินหลังปลูกข้าวของการจัดการดินที่มีการเือกlobalต่อซังข้าวแบบเือกlobalต่อซังข้าวมีค่า pH สูงกว่า ดินที่เือกlobalต่อซังข้าวไม่เือกlobal และดินไม่เือกlobalต่อซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 2 Soil properties including %sand, %silt, %clay, and soil texture of different straw rice managements at two soil depths

Management	Site	Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
Non-burn	NR	0–15	47	26	27	Sandy clay loam
		15–30	41	28	31	Clay loam
	CP	0–15	32	32	36	Clay loam
		15–30	25	41	34	Clay loam
	NS	0–15	2	28	70	Clay
		15–30	3	28	69	Clay
	SP	0–15	63	16	21	Sandy clay loam
		15–30	65	15	20	Sandy clay loam
Burn	NR	0–15	36	40	24	Loam
		15–30	37	36	27	Clay loam
	CP	0–15	10	44	46	Silty clay
		15–30	9	44	47	Silty clay
	NS	0–15	7	37	56	Clay
		15–30	7	39	54	Clay
	SP	0–15	64	16	20	Sandy loam
		15–30	62	16	22	Sandy clay loam

NR = Nakhon Ratchasima province, CP = Chaiyaphum province, NS = Nakhon Sawan province,

SP = Suphanburi province

การเผาตอซังข้าวและไถกลบตอซังข้าว พบว่า ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (TC และ TN) ค่า loss on ignition (LOI) อินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีวิเคราะห์ wet oxidation (OC) อินทรีย์คาร์บอนที่สกัดด้วยเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4 -C) ความหนาแน่นรวมของดิน และการกักเก็บคาร์บอนในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การจัดการตอซังข้าวแบบเผาตอซังมีแนวโน้มสูงกว่าแบบไถกลบตอซัง ยกเว้นการกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่าการไถกลบมีแนวโน้มสูงกว่าการเผาตอซังข้าว (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินนาของบังอร และคณะ (2555) เปรียบเทียบการเผาและไถกลบตอซังข้าวในพื้นที่ไถพรวนปกติและไถพรวนน้อย พบว่า TC และ LOI หลังเก็บเกี่ยว และการกักเก็บคาร์บอนในดินของการเผาและไถกลบตอซังข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนในแปลงที่ไถกลบตอซังสูงกว่าการเผาตอซัง อาจเนื่องมาจากการเหลือและไถกลบตอซังถือเป็นวิธีกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ (ศุภริดาและปวีณนุช, 2560) และ Wang et al. (2012) รายงานว่าการใส่และไม่ใส่เศษซากพืชของข้าวสาลีและข้าวโพดมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากมีปัจจัยหลายอย่างที่แตกต่างกัน เช่น การไถพรวน ระดับความลึกของดิน และเนื้อดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Xu et al. (2011) พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินจากการเหลือและการไถกลบตอซังไว้ในแปลงเป็นเวลา 2 ปีไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ใส่ตอซัง แต่จะแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใส่ตอซังต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ปี

Table 3 Soil pH, amount of total carbon (TC), nitrogen (TN), loss on ignition (LOI), organic carbon by wet oxidation (OC) and KMnO_4 -C fraction, bulk density, and C sequestration of different rice straw management at 2 soil depth

Factors	pH	TC	TN	LOI	OC	KMnO_4 -C	BD	C
								sequestration
				(g/kg)			(g/cm ³)	(Mg/rai)
Management								
Non burn	5.6	11.81	1.00	25.66	8.95	1.31	1.50	4.32
Burn	5.9	11.89	1.07	25.91	9.80	1.53	1.45	4.00
Soil Depth								
0–15 cm	5.5	14.5 ^a	1.24 ^a	31.05	12.31 ^a	1.75 ^a	1.50	4.96 ^a
15–30 cm	5.9	9.2 ^b	0.83 ^b	20.52	6.45 ^b	1.10 ^b	1.50	3.37 ^b
Average	5.7	11.85	1.04	25.78	9.37	1.42	1.51	4.16
F-test								
Management (M)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Soil Depth (D)	ns	*	**	ns	*	*	ns	*
M*D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20.00	33.56	25.66	47.47	46.28	38.41	28.34	34.99

Means in the same column followed by different superscripts are significantly different followed * are significant at $p < 0.05$, ** is significant at $p < 0.01$ and ns letter is not significantly difference

TC, TN, OC, KMnO_4 -C และการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0–15 ซม. สูงกว่าดินที่ระดับความลึก 15–30 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. (2019) พบว่า การไม่ใส่และใส่เศษซากพืชของข้าวสาลีมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและ KMnO_4 -C ในชั้นดินบน (0–10 ซม.) สูงกว่าชั้นดินล่าง (10–20 ซม.) ในขณะที่ Mi et al. (2019) พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดินในชั้นดินบน (0–10 ซม.) มีแนวโน้มสูงกว่าชั้นดินล่าง (10–20 ซม.) ในการปลูกพืชสภาพขังน้ำ และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินไม่แตกต่างทางสถิติในทั้งสองชั้นระดับความลึก (0–10 และ 10–20 ซม.) ในขณะที่ค่า LOI ทั้งสองระดับความลึกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติเพียงตัวแปรเดียว อาจเนื่องมาจาก LOI มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแร่ดินเหนียว โดยเป็นผลมาจากการเผาที่ อุณหภูมิ 400°C อาจส่งผลให้น้ำในอนุภาคแร่ดินเหนียวหายไปจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างในระดับความลึกที่แตกต่างกัน (Tuffour et al., 2014)

สรุป

การจัดการตอซังข้าวแบบเผาหลังการเก็บเกี่ยวส่งผลให้ pH ของดินสูงกว่าแบบไถกลบ ในขณะที่ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (TC และ TN) ค่า loss on ignition (LOI) อินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีวิเคราะห์ wet oxidation (OC) อินทรีย์คาร์บอนที่สกัดโดยเปอร์แมงกาเนต ($\text{KMnO}_4\text{-C}$) และการกักเก็บคาร์บอนในดินไม่แตกต่างทางสถิติอาจเป็นเพราะเนื้อดินที่ใช้ในการทดลองอยู่ในกลุ่มดินเนื้อปานกลางถึงเนื้อละเอียดจึงทำให้อิทธิพลจากการจัดการเศษซากพืชไม่ชัดเจน แต่เมื่อเปรียบเทียบระดับความลึก 2 ชั้นดิน พบว่าปริมาณ TC, TN, OC, $\text{KMnO}_4\text{-C}$ และการกักเก็บคาร์บอนในดินในชั้นดินบน (0–15 ซม.) สูงกว่าชั้นดินล่าง (15–30 ซม.) ในขณะที่ LOI ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งสองระดับความลึก ซึ่งแตกต่างจากการวิเคราะห์คาร์บอนด้วยวิธีอื่น แสดงให้เห็นว่า $\text{KMnO}_4\text{-C}$ ที่สกัดได้มีความสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมดโดยวิธี dry combustion และ wet oxidation แต่การใช้ LOI อาจไม่เหมาะสม เนื่องจากอาจขึ้นอยู่กับเนื้อดิน และน้ำระหว่างอนุภาคดิน อาจส่งผลต่อการความเข้มข้นของคาร์บอนในดินซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ดินที่ต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2564. Agri-map online.

<https://agri-map-online.moac.go.th>, 11 ธันวาคม 2564.

เครือมาศ สม์ครกร. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. Veridian E-Journal SU. 4: 931–941.

ณัฐพล บัวจันทร์, เครือมาศ สม์ครกร. ผลของการจัดการดินต่อปริมาณธาตุอาหารและการสะสมคาร์บอนในดินนาข้าว.

ใน: รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. หน้า 1872–1880.

บังอร อุบล, ศุภชัย อ่ำคา, เครือมาศ สม์ครกร. 2555. ผลของการไถพรวนและการจัดการเศษเหลือพืชต่อการเติบโตผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนในพืชและดินในการทำนา. วารสารดินและปุ๋ย 34: 1–4.

ศุภจิตา อ่ำทอง, ทวี ชัยพิมลผลิน, ชาศริต โชติอมรศักดิ์. 2562. ความสัมพันธ์ของคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธีเปอร์แมงกาเนตออกซิไดส์เฮลกับอินทรีย์วัตถุ เพื่อเป็นดัชนีคุณภาพของดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 36: 1–10.

ศุภจิตา อ่ำทอง, ปวีณมณฑุช ปวงวงศ์คำ. 2560. ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ และการเก็บสะสมภายใต้ดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 36: 1–13.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. พื้นที่เพาะปลูกข้าว ปีการเพาะปลูก 2562/ 63. [https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/type%20rice%2062\(1\).pdf](https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/type%20rice%2062(1).pdf), 1 ธันวาคม 2564.

Blair, G.J., Lefroy, R.D.B., Lisle, L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Aust. J. Agric. Res. 46: 1459–1466.

Buchanan, J.B. 1984. Sediment analysis. In: Methods for the Study of Marine Benthos, Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK, pp. 41–64.

Ge, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 5.1, 2nd ed. Soil Science Society of America. Inc. Wisconsin, WI, USA. pp. 383–441.

Grewal, K.S., Buchan, G.D., Sherlock, R.R. 1991. A comparison of three methods of organic carbon determination in some New Zealand soils. J. Soil Sci. 42: 251–257. doi.org/10.1111/j.1365-2389.1991.tb00406.x

- Grim, R.E. 1967. Clay Mineralogy. McGraw-Hill. New York, NY, USA.
- Kaye, J.P., Hart, S.C. 1997. Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms. *Trends Ecol. Evol.* 12: 139–143.
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A. 2001. Assessment Methods for Soil Carbon. In: Blair, G., Lefroy, R. (Eds.). *The Development of the $KMnO_4$ Oxidation Technique to Determine Labile Carbon in Soil and Its Use in a Carbon Management Index*. E- Publishing Inc. Florida, FL, USA. pp. 323–336.
- LECO Corporation. 2016. Operation. In: *Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determinators Instruction Manual*. LECO Europe B.V., the Netherlands, pp. 1–56.
- Li, J., Wen, Y., Li, X., Li, Y., Yang, X., Lin, Z., Song, Z., Cooper, J.M., Zhao, B. 2018. Soil labile organic carbon fractions and soil organic carbon stocks as affected by long-term organic and mineral fertilization regimes in the North China plain. *Soil and Till. Res.* 175: 281–290.
- Li, S., Li, X., Zhu, W., Chen, J., Tian, X., Shi, J. 2019. Does straw return strategy influence soil carbon sequestration and labile fractions?. *Agron J.* 111: 897–906. doi.org/10.2134/agronj2018.08.0484
- Mi, W.H., Sun, Y., Zhao, C., Wu, L.H. 2019. Soil organic carbon and its labile fractions in paddy soil as influenced by water regimes and straw management. *Agr. Water Manage.* 224: 105752. doi.org/10.1016/j.agwat
- Molina, M., Fuentes, R., Calderón, R., Escudey, M., Avendaño, K., Gutiérrez, M., Chang, A.C. 2007. Impact of forest fire ash on surface charge characteristics of Andisols. *Soil Sci.* 172: 820–834. doi: 10.1097/ss.0b013e31814cee44
- Sahoo, U.K., Singh, S.L., Gogoi, A., Kenye, A., Sahoo, S.S. 2019. Active and passive soil organic carbon pools as affected by different land use types in Mizoram, Northeast India. *PLoS One* 14: e0219969.
- Singh, G., Jalota, S.K., Sidhu, B.S., 2005. Soil physical and hydraulic properties in a rice-wheat cropping system in India: effects of rice-straw management. *Soil Use Manag.* 21: 17–21.
- Supsuan, P., Surin, P., Yampracha, S. 2018. Effects of organic fertilizer application on the transformation of nitrogen in paddy soil. *Int. J. Agric. Technol.* 14: 1999–2014.
- Tuffour, H.O., Yeboah, I.B., Bonsu, M., Adjei-Gyapong, T., AzizKhalid, A., Abubakar, A., Melenya, C., Kpotor, P. 2014. Soil organic carbon: Relating the Walkley-Black Wet oxidation method to loss on ignition and clay content. *International Journal of Scientific Research in Knowledge* 2: 249–256. doi.org/10.12983/ijsrk-2014-p0249-0256
- Wang, J.J., Li, X.Y., Zhu, A.N., Zhang, X.K., Zhang, H.W., Liang, W.J. 2012. Effects of tillage and residue management on soil microbial communities in North China. *Plant Soil Environ.* 58: 28–33. doi.org/10.17221/416/2011-PSE
- Xu, M., Lou, Y., Sun, X., Sun, X., Wang, W., Baniyammuddin, M., Zhao, K. 2011. Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. *Biol. Fertil. Soils.* 47: 745. doi.org/10.1007/s00374-011-0579-8

การตรวจสอบเอนไซม์และสภาพความคงทนของเชื้อ *Bacillus* spp. ที่คัดเลือกสำหรับการผลิตพริก

Enzyme activity and stress test to screen the *Bacillus* spp. for the chili crop production

กัญญาณัฐ คุณคำ, ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล*, รัตติยา พงศ์พิสูตธา

Kanyanat Koonkum, Chainarong Rattanakreetakul*, Ratiya Pongpisutta

ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: chainarong.r@ku.th

บทคัดย่อ

เชื้อ *Bacillus* spp. แยกมาจากดินปลูกที่แตกต่างกัน ทำการระบุชนิดของเชื้อโดยใช้ข้อมูล 16S rRNA ด้วยไพรเมอร์ 27F/1492R พบว่าเป็น *B. subtilis* (M1, DOA33, B01 และ M5) *B. amyloliquefaciens* (BS2, 329-1, Z01 และ Z03) *B. valenziensis* (Z04) *B. cereus* (BS3) และ *B. aryabhatai* (Z02) ผลการตรวจสอบกิจกรรมการผลิตเอนไซม์พบว่า เชื้อไฮโซเลท B01 มีการผลิตเอนไซม์ amylase และ phytase อยู่ในระดับดีมาก การทดสอบความคงทนของเชื้อ *Bacillus* spp. ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม พบว่า B01 และ M1 สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะอุณหภูมิ 50°C, สภาวะความเค็มที่ 7% NaCl และ สภาวะขาดน้ำ 32.6% polyethylene glycol 6000 ที่ -1.2 MPa ได้ กิจกรรมการยับยั้งการเจริญเชื้อราโดยวิธี dual culture พบว่า *B. subtilis* B01 สามารถเชื้อราสาเหตุโรค *Colletotrichum truncatum* และ *Curvularia lunata* ได้ที่ 69.18% และ 67.62% ตามลำดับ เมื่อนำ *Bacillus* spp. ทดสอบด้วยวิธีการแช่เมล็ด พบว่าสามารถเพิ่มการเจริญของต้นกล้าพริกเมื่ออายุ 28 วัน ผลจากข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถคัดเลือก *Bacillus subtilis* B01 เพื่อใช้กระตุ้นต้นกล้าพริกในระยะแรกได้ และมีแนวโน้มจะสามารถนำมาใช้ในการควบคุมแบบชีววิธี

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis*, แบคทีเรียปฏิปักษ์, ต้นกล้าพริก

Abstract

Bacillus spp. were isolated from different cultivated soil. The sequence data of 16S rRNA with 27F/1492R primer showed likely to *Bacillus subtilis* (M1, DOA33, B01, and M5) *B. amyloliquefaciens* (329-1, BS2, Z01, and Z03), *B. valenziensis* (Z04), *B. cereus* (BS3) and *B. aryabhatai* (Z02). The excellent clear zone result was found on the amylase and phytase activity from bacterial isolates B01 also. The bacterial isolates B01 and M1 growth showed on a stress test: warmer at 50°C, salinity tolerance with 7% NaCl, and drought tolerance at -1.2 MPa with 32.6% PEG6000. The antagonistic activity on the chili fungal phytopathogens as *Colletotrichum truncatum* and *Curvularia lunata* to isolate *Bacillus subtilis* B01 revealed the mycelium inhibition at 69.18% and 67.62% respectively. Also, the bacterial B01 after soaking to seed showed the excellent chili seedling height and number of leaves after 28 days of seedling preparation. The result referred to the bacterial *Bacillus subtilis* B01 expresses a potential as a biocontrol agent and plant growth promoting.

Keywords: *Bacillus subtilis*, Antagonistic bacteria, Chili seedling

คำนำ

พริก (*Capsicum annuum* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ กรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2562 รายงานว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริกประมาณ 167,443 ไร่ ให้ผลผลิต 258,515 ตัน คิดเป็นมูลค่า 12,833.5 ล้านบาท พริกเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญสำหรับการประกอบอาหาร มีแร่ธาตุ วิตามิน และกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อมนุษย์ (Saleh et al., 2018) ปัญหาสำคัญในการผลิตพริกคือความเสียหายทางศัตรูพืช โดยเฉพาะโรคแอนแทรกคโนสจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. (Pongpitsutta et al., 2013) ที่สามารถเข้าทำลายส่วนใบ ลำต้น ดอกและผลพริก แนวคิดการจัดการศัตรูพืชโดยลดการใช้สารเคมีมีความสำคัญมากขึ้น เห็นได้จากการนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาร่วมในการผลิต โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวกในกลุ่ม *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรคพืชที่พบได้ในดิน (soil-borne pathogen) และในอากาศ (air-borne pathogen) ศักยภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์มีการควบคุมศัตรูพืชตั้งแต่การยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชในลักษณะการแข่งขัน (competition) หรือ การสร้างสารยับยั้ง (antibiosis) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับในระบบการผลิตพืช งานวิจัยมีวัตถุประสงค์นำแบคทีเรีย กลุ่ม *Bacillus* spp. มาทดสอบศักยภาพการผลิตเอนไซม์ ศักยภาพการปรับตัวในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ศักยภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชในพริก และศักยภาพการส่งเสริมการเจริญเติบโต เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการยกระดับคุณภาพผลผลิตของพริกต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การแยกเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp.

เชื้อ *Bacillus* spp. แยกได้จากตัวอย่างดินโดย soil dilution plate technique บนอาหาร nutrient glucose agar (NGA) คัดเลือกแบคทีเรียที่มีโคโลนีกลม ผิวหยาบ สีขาวครีม และเป็นชนิดแกรมบวก ก่อนนำไปใช้ทำการ re-streak ให้ได้ single colony เก็บเชื้อไว้ในกลีเซอรอล 20% ภายใต้อุณหภูมิ -20°C

ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย

นำ loop ตะบองโคโลนีเชื้อและนำมาวางในหยดของ 3% KOH เพื่อดูความหนืดและการยืดของแบคทีเรีย และการตรวจสอบการย้อมแกรม (Gram's stain) ของแบคทีเรียที่นำมาทดสอบ ดูลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Sandle, 2004)

การระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

ทำการสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุด geneJET genomic DNA purification kit (Thermo scientific™) จากนั้นเพิ่มปริมาณของดีเอ็นเอบริเวณ 16S rRNA โดยใช้เทคนิค polymerase chain reaction (PCR) ด้วยไพรเมอร์ 27F 5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3' และ 1492R 3'-TACGGYTACCTGTTACGACTT-5' (Heuer et al., 1997) ตรวจสอบขนาด PCR product บน 1.2% agarose gel electrophoresis และส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ นำข้อมูลเปรียบเทียบในฐานข้อมูล National Center for Biotechnology Information (NCBI) ด้วยโปรแกรม BLASTn

การคัดเลือก *Bacillus* spp. ในสภาพหลอดทดลอง โดยการตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์และสภาพความคงทน

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ *amylase*

ดัดแปลงมาจาก Latorre et al. (2016) เลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. อายุ 24 ชั่วโมง วัดความขุ่นของเชื้อด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ OD600 เท่ากับ 0.2 และหยดเชื้อลงบนกระดาษ Whatman no.1 ขนาด 0.4 เซนติเมตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว วางลงตรงกลางของอาหารเลี้ยงเชื้อ starch agar (tryptone 10 กรัม, soluble starch 3 กรัม, KH_2PO_4 5 กรัม, yeast extract 10 กรัม และ วุ้น 15 กรัมต่อน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เททับด้วย สารละลายไอโอดีน (0.4% KI และ 0.2% I_2 ผสมกับน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ) จากนั้นวัดขนาดของ clear zone โดยใช้การหยด nutrient broth บนกระดาษ Whatman no.1 เป็นชุดควบคุม

การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ *phytase*

ดัดแปลงมาจาก Latorre et al. (2016) ทำการหยดเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. อายุ 24 ชั่วโมง ค่า OD600 เท่ากับ 0.2 ลงบนกระดาษ Whatman no.1 ขนาด 0.4 เซนติเมตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว วางลงตรงกลางของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วย 40% phytic acid 2.88 กรัม, CaCO_3 0.44 กรัมและ วุ้น 15 กรัมต่อน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปรับ pH ด้วย NH_4OH ให้ได้ 5.5-5.8 อาหารจะเป็นตะกอนขาวขุ่น บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 ชั่วโมง ตรวจสอบขนาด clear zone เพื่อระบุกิจกรรมของเอนไซม์ *phytase* เทียบกับการหยด nutrient broth บนกระดาษ Whatman no.1

การตรวจสอบคุณสมบัติการสร้างไบโอฟิล์ม

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบน rotary shaker ที่ 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่า OD600 เท่ากับ 0.2 ย้ายเชื้อปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงอาหาร casein-mannitol broth ที่มีปริมาตร 10 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เทส่วนของเหลวออก ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ เติมสารละลาย 1% w/v crystal violet ลงในหลอดทดลอง ทิ้งไว้ 30 นาที รินสารออก ล้างเบาๆ ด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ประเมินความเข้มของสี crystal violet ที่บริเวณขอบหลอดอาหาร (Latorre et al., 2016) ด้วยการเปรียบเทียบความเข้มของการติดสีบริเวณขอบหลอดอาหาร ดัดแปลงมาจาก Fall et al. (2014) และกำหนดให้ nutrient broth เป็นชุดควบคุม

การตรวจสอบการเจริญในสภาพอุณหภูมิ 50°C

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบน rotary shaker ที่ 24 ชั่วโมง ปรับปริมาตรเริ่มต้นให้ได้ OD600 เท่ากับ 0.2 ลงในอาหาร NB บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบค่า OD600 ที่แสดงถึงระดับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ถ้าหาก OD600 มากกว่า 0.1 บันทึกผลเป็น บวก กำหนดให้ nutrient broth เป็น blank (Kumar et al., 2014)

การตรวจสอบการเจริญในสภาวะความเป็นเค็มที่ 7% NaCl

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบน rotary shaker ที่ 24 ชั่วโมง ปรับปริมาตรเริ่มต้นให้ได้ OD600 เท่ากับ 0.2 ลงในอาหาร NB ที่ผสม 7% NaCl ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยการวัดค่า OD600 มากกว่า 0.1 บันทึกผลเป็น บวก กำหนดให้ nutrient broth เป็น blank (Kumar et al., 2014)

การตรวจสอบการเจริญในสภาวะลดความตึงเครียดของน้ำที่ 32.6% polyethylene glycol 6000

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบน rotary shaker ที่ 24 ชั่วโมง ปรับปริมาตรเริ่มต้นให้ได้ OD600 เท่ากับ 0.2 ลงในอาหาร NB ที่ผสม 32.6% PEG6000 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (คิดเป็นความดันออสโมติกที่ -1.2 Mpa) บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยการวัดค่า OD600 มากกว่า 0.1 บันทึกผลเป็น บวก กำหนดให้ nutrient broth เป็น blank (Kumar et al., 2014)

ทดสอบเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคที่พบบนพริก

ทดสอบความเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อ *Bacillus* spp. ในการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum truncatum* และ *Curvularia lunata* ที่ทำการแยกเชื้อจากเมล็ดพริกด้วย blotter method และมีการทดสอบการเกิดโรคด้วยวิธี Detached chili fruit พบว่าสามารถก่อให้เกิดโรคบนผลพริกได้ จากนั้นนำมาทดสอบด้วยวิธีการ dual culture บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) (Morton and Stroube, 1995) ประเมินผลวัดขนาดของโคโลนีที่ถูกยับยั้งจากเชื้อ *Bacillus* spp. เปรียบเทียบขนาดกับขนาดโคโลนีปกติเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของโคโลนีเชื้อรา ดังสมการของ Kabir et al. (2012) คือ Inhibition percentage = $(R1 - R2)/R1 * 100$ เมื่อ R1 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *C. truncatum* และ *C. lunata* ในจานอาหารควบคุม และ R2 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *C. truncatum* และ *C. lunata* ในจานอาหารทดสอบ

ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกจินดา กำแพงแสน

ทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเมล็ดพริกออกจนถึงระยะต้นกล้า โดยนำเมล็ดพริกมาแช่ในสารแขวนลอยแบคทีเรียโดยวัดค่าความขุ่นของเชื้อด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ OD600 เท่ากับ 0.2 เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ย้ายเมล็ดพริกลงในพีทมอส (peat moss) ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ทำการปลูกบนภาชนะกะบะเพาะปลูก ตรวจสอบผลของความงอกและการตอบสนองต่อต้นกล้าพริกเป็นเวลา 28 วัน กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น นำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อ *Bacillus* spp. ที่ใช้ทดสอบ และการจำแนกชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อแบคทีเรีย จำนวน 11 ไอโซเลต แยกได้จากแปลงข้าวโพดคือ 329-1, Z01, Z02, Z03 และ Z04 ไอโซเลตที่แยกได้จากแปลงข้าวคือ DOA33, BS2 และ BS3 ไอโซเลตที่แยกจากแปลงพริกคือ B01 ในส่วนของไอโซเลต M1 แยกได้จากแปลงผัก และ M5 จากแยกได้จากแปลงอ้อย ผลการย้อมแกรมพบว่าแบคทีเรียทุกไอโซเลตย้อมติดสีม่วงของ crystal violet จึงยืนยันว่าเป็นแบคทีเรียแกรมบวก และมีรูปร่างเชื้อเป็นแบบ bacilli ผลการทดสอบด้วย 3% KOH ไม่พบความหนืด และเมื่อเทียบข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนของ 16S rRNA ด้วยไพรเมอร์ 27F/1492R กับฐานข้อมูล NCBI ด้วยโปรแกรม BLASTn พบว่าเชื้อแบคทีเรียไอโซเลต Z04 มีความใกล้เคียงกับเชื้อ *B. velenziensis* เชื้อแบคทีเรีย M01, B01, DOA33 และ M5 มีความใกล้เคียงกับเชื้อ *B. subtilis* สำหรับไอโซเลต BS2, 329-1, Z01 และ Z03 มีความใกล้เคียงกับเชื้อ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลต BS3 มีความใกล้เคียงกับ *B. cereus* และไอโซเลต Z02 มีความใกล้เคียงกับ *B. aryabhattai* (Table 1)

Table 1 Characterization of bacterial isolates from different soil source and result of 16S rRNA similarity

Isolates	Soil source	3% KOH ^{1/}	Shape	Gram staining	Result of 16S rRNA BLAST	% identity
M1	Vegetable	-	Bacilli	Positive	<i>B. subtilis</i>	100
B01	Chili	-	Bacilli	Positive	<i>B. subtilis</i>	100
DOA33	Rice	-	Bacilli	Positive	<i>B. subtilis</i>	99
BS2	Rice	-	Bacilli	Positive	<i>B. amyloliquefaciens</i>	99
BS3	Rice	-	Bacilli	Positive	<i>B. cereus</i>	99
M5	Sugarcane	-	Bacilli	Positive	<i>B. subtilis</i>	100
329-1	Maize	-	Bacilli	Positive	<i>B. amyloliquefaciens</i>	98
Z01	Maize	-	Bacilli	Positive	<i>B. amyloliquefaciens</i>	100
Z02	Maize	-	Bacilli	Positive	<i>B. aryabhattai</i>	100
Z03	Maize	-	Bacilli	Positive	<i>B. amyloliquefaciens</i>	100
Z04	Maize	-	Bacilli	Positive	<i>B. velenziensis</i>	100

^{1/} Lysis and string formation; represent (+) and absence of lysis and string formation; represent (-)

การใช้กิจกรรมเอนไซม์และความคงทนเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* ในสภาพห้องปฏิบัติการที่ใช้คัดเลือกในการผลิตพริก

ผลการทดสอบด้านเอนไซม์ของเชื้อ *Bacillus* spp. ทั้ง 11 ไอโซเลต พบว่า B01, M1, M5, DOA33, 329-1, BS2, Z01, Z02, Z03 และ Z04 มีการผลิตเอนไซม์ amylase ดีมาก (มีการสร้าง clear zone > 5.0 มิลลิเมตร) และ BS3 มีประสิทธิภาพดี (มีการสร้าง clear zone > 2.0–5.0 มิลลิเมตร) (Figure 1A, Table 4) ในส่วนของกิจกรรมเอนไซม์ phytase พบว่า ไอโซเลต B01, M1, M5, DOA33, 329-1 และ Z03 มีคุณสมบัติของกิจกรรมเอนไซม์ดีมาก (มีการสร้าง clear zone > 5.0 มิลลิเมตร) และ BS2, BS3, Z01, Z02 และ Z04 มีประสิทธิภาพดี (มีการสร้าง clear zone > 2.0–5.0 มิลลิเมตร) (Fig. 1B, Table 2) แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมเอนไซม์ใน *Bacillus* spp. มีความแตกต่างกัน และผลการทดสอบการสังเคราะห์ไบโอฟิล์ม โดยประเมินจากความเข้มวงแหวนที่ติดสีในหลอดทดลองพบว่า B01, M1, 329-1, Z02, Z04, BS2, BS3 และ DOA33 มีการสร้างไบโอฟิล์มมาก ไอโซเลตที่สร้างไบโอฟิล์มปานกลาง ได้แก่ M5 และ Z03 และไอโซเลตที่สร้างไบโอฟิล์มน้อย คือ ไอโซเลต Z01 (Fig. 1C, Table 2)

เอนไซม์ amylase มีสามารถสลายแป้งหรือสาร glycogen ให้เป็นน้ำตาล โดยเฉพาะ beta amylase ที่พบได้ในจุลินทรีย์ที่สลาย 1,4-D-glucanmaltohydrolase สารในกลุ่ม beta glucan ได้ สำหรับเอนไซม์ phytase มีคุณสมบัติในการย่อย phytate (inositol hexaphosphate) และช่วยในการดูดซับไอออนของแร่ธาตุกลุ่มแคลเซียมและสังกะสี Singh et al. (2014) พบว่าแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ phytase มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ยังมีการสำรวจพบเอนไซม์ในน้ำหมักชีวภาพ (liquid biofertilizer) และพบการสร้างเอนไซม์ phytase ได้ในกลุ่มของ *Bacillus* spp. บางไอโซเลต (Heafner et al., 2005) สำหรับการสร้างไบโอฟิล์มโดย *Bacillus* spp. มีความแตกต่างกัน และมีความเกี่ยวข้องกับการสร้าง polysaccharide ที่ช่วยให้ *Bacillus* spp. มีความอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Latorra et al., 2016) โดยไบโอฟิล์มสามารถป้องกันเซลล์ทำให้จุลินทรีย์ดำรงชีวิตอยู่ได้ (Hall-Stoodley, Costerton and Stoodley, 2004)

การเจริญของแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า แบคทีเรียที่สามารถทนในสภาวะความอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้แก่ M1, DOA33, B01 และ 329-1 แบคทีเรียที่สามารถทนต่อสภาพความเค็มที่ 7% NaCl ได้แก่ ไอโซเลต M1, B01, 329-1, BS2 และ BS3 แบคทีเรียที่สามารถทนต่อสภาวะลดความต่างศักย์ของน้ำ ได้แก่ ไอโซเลต M1, DOA33, B01, BS2 และ Z02 การคงทนของเชื้อ *Bacillus* spp. ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเกิดได้จาก *Bacillus* spp. มีการปรับตัวได้ดี และสามารถอยู่ข้ามฤดูจากการสร้างเอนโดสปอร์ได้ การคัดเลือกแบคทีเรียโดยใช้สภาพความทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมตั้งแต่สภาพความร้อน ความเค็มหรือสภาพแล้ง รวมถึงการปรับตัวต่อสารรอบตัวจากการผลิตเอนไซม์และการยึดเกาะจะสามารถคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการแข่งขันได้ดีเมื่อนำไปใช้บริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) (Kumar et al., 2014)

Table 2 Enzyme activity produced by *Bacillus* spp. strains, biofilm performing and *Bacillus* spp. after 24 hours under laboratory tested condition for bacterial growth

<i>Bacillus</i> spp. isolates	Enzyme activity produced by <i>Bacillus</i> spp. strains ^{1/,2}		Biofilm Performing ^{3/}	<i>In vitro</i> bacterial growth screening ^{4/}		
	Phytase (millimeter)	Amylase (millimeter)		High temperature 50°C	Salinity (1.2 M)	Drought tolerance (-1.2 MPa)
Control	0.00 ^e	0.00 ^f	-	-	-	-
<i>B. subtilis</i> M1	5.33 ^{abc}	8.00 ^{cd}	+++	0.15 (+)	0.13 (+)	0.12 (+)
<i>B. subtilis</i> B01	6.67 ^a	10.67 ^a	+++	0.16 (+)	0.10 (+)	0.16 (+)
<i>B. subtilis</i> DOA33	5.67 ^a	10.00 ^{ab}	+++	0.30 (+)	0.05 (-)	0.10 (+)
<i>B. amyloliquefaciens</i> BS2	5.33 ^{abc}	7.67 ^d	+++	0.08 (-)	0.12 (+)	0.07 (-)
<i>B. cereus</i> BS3	3.67 ^{cd}	5.00 ^e	+++	0.03 (-)	0.11 (+)	0.05 (-)
<i>B. subtilis</i> M5	5.67 ^{ab}	9.00 ^{bc}	++	0.08 (-)	0.06 (-)	0.01 (-)
<i>B. amyloliquefaciens</i> 329-1	6.00 ^{ab}	10.00 ^{ab}	+++	0.27 (+)	0.12 (+)	0.04 (-)
<i>B. amyloliquefaciens</i> Z01	4.67 ^{ab}	9.33 ^b	+	0.03 (-)	0.09 (-)	0.02 (-)
<i>B. aryabhattai</i> Z02	3.33 ^d	9.00 ^{bc}	+++	0.09 (-)	0.06 (-)	0.12 (+)
<i>B. amyloliquefaciens</i> Z03	5.33 ^{abc}	9.00 ^{bc}	++	0.04 (-)	0.02 (-)	0.01 (-)
<i>B. velenziensis</i> Z04	4.67 ^{bcd}	5.33 ^e	+++	0.07 (-)	0.04 (-)	0.01 (-)
C.V. (%)	10.70	7.75	-	-	-	-

^{1/}Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

^{2/}Enzyme activity was calculated from diameter of clear zone from *Bacillus* colony. Result was classified as excellent (clear zone more than 5 mm), good (clear zone between 2–5 mm) or poor (clear zone less than 2 mm)

^{3/}Measurement of biofilm synthesis was based on color intensity after crystal violet treated with a score ranging from negative (-), slightly (+), strong (++) , very strong (+++). (data from triplicate test)

^{4/}Evaluated of *Bacillus* spp. to the stress tolerant test by spectrophotometer OD600, if an OD of 0.1 was recorded positive (+) and negative (-) if an OD lower than 0.1

ศักยภาพของ *Bacillus* spp. ในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคที่พบในพริก

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคที่พบในพริก พบว่า *Bacillus* spp. สามารถยับยั้ง *Colletotrichum truncatum* และ *Curvularia lunata* ได้ โดยเฉพาะเชื้อ *Bacillus* spp. ไอโซเลต 329-1 และ B01 สามารถควบคุม *Colletotrichum truncatum* ได้ดีที่ 70.83% และ 69.17% และการยับยั้ง *Curvularia lunata* ได้ดี พบในไอโซเลต B01, M5, Z01, 329-1 และ BS2 ที่แสดงผล 67.62%, 67.62%, 67.62%, 66.66% และ 66.66% ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่า *Bacillus* spp. มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพริกได้เช่นเดียวกับ Rong et al. (2020) กล่าวไว้ว่า *Bacillus* spp. สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และเชื้อราสาเหตุโรคพริกอื่นๆ ได้ดี (Keunpech et al., 2014; Huang et al., 2020)

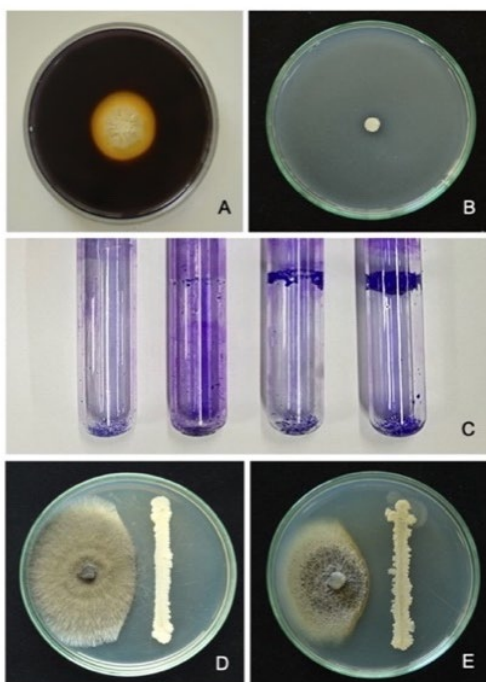


Fig. 1 Enzyme activity, biofilms forming and anti-plant pathogen activity of *Bacillus* spp. (A) amylase (B) phytase (C) biofilm synthesis (D) *Curvularia lunata* and (E) *Colletotrichum truncatum*

ประสิทธิภาพของ *Bacillus* spp. ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริก

การทดสอบประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยการแช่เมล็ดและสังเกตการพัฒนาดันเป็นต้นกล้าพริกภายในช่วง 28 วันพบว่า *B. subtilis* B01 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด รองลงมาคือ ไอโซเลต *B. velenziensis* 329-1 และ *B. amyloliquefaciens* BS2 โดยมีความสูงต้นกล้าพริก 11.22, 9.00 และ 8.00 เซนติเมตร และมีจำนวนใบ 6.00, 5.78 และ 5.11 ตามลำดับ ทั้งนี้มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Table 3) ศักยภาพของเชื้อ *Bacillus* spp. เช่นเดียวกับ Hatayama et al. (2005) ที่พบว่า การแช่หรือคลุกด้วย *Bacillus* spp. เป็นแบบที่เรียกปฏิบัติช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพืชมากกว่าชุดควบคุม

Table 3 Plant pathogenic mycelium inhibition and chili crop performance after 28 days of chili seedling growth^{1/}

Bacillus spp. isolates	Plant pathogenic mycelium inhibition (%)		chili seedling after 28 days of seed treated	
	<i>Colletotrichum truncatum</i>	<i>Curvularia lunata</i>	Height (cm)	Number of leaves
	Control	-	-	5.28 ^f
<i>B. subtilis</i> M1	61.67 ^{cd}	60.96 ^{ab}	5.22 ^f	4.56 ^c
<i>B. subtilis</i> B01	69.17 ^{ab}	67.62 ^a	11.22 ^a	6.56 ^a
<i>B. subtilis</i> DOA33	67.50 ^{abc}	53.33 ^b	5.64 ^{ef}	5.56 ^{abc}
<i>B. amyloliquefaciens</i> BS2	68.33 ^{ab}	66.66 ^a	8.00 ^{bc}	5.11 ^{bc}
<i>B. cereus</i> BS3	59.83 ^d	20.00 ^c	5.78 ^{ef}	4.5 ^c
<i>B. subtilis</i> M5	66.66 ^{abc}	67.62 ^a	4.89 ^f	4.44 ^c
<i>B. amyloliquefaciens</i> 329-1	70.83 ^a	66.66 ^a	9.00 ^b	5.78 ^{ab}
<i>B. amyloliquefaciens</i> Z01	58.17 ^d	67.62 ^a	7.00 ^{cde}	5.33 ^{bc}
<i>B. aryabhattai</i> Z02	63.17 ^{bcd}	56.18 ^b	9.22 ^b	5.56 ^{abc}
<i>B. amyloliquefaciens</i> Z03	58.00 ^d	55.24 ^b	5.78 ^{ef}	4.57 ^{bc}
<i>B. velenziensis</i> Z04	63.33 ^{bcd}	64.75 ^a	7.41 ^{cd}	5.00 ^{bc}
C.V. (%)	5.46	8.43	23.04	20.64

^{1/} Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

สรุป

ผลการคัดเลือกแบคทีเรียเพื่อนำไปใช้ในระบบการผลิตพริก พบว่า ไอโซเลท B01 ที่ระบุชนิดด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลด้วยไพรเมอร์ 27F/1492R คือ *Bacillus subtilis* สามารถคงทนในสภาพความเค็ม (7% NaCl) สภาพความแตกต่างศักย์ของน้ำ (-1.2 MPa) และที่อุณหภูมิ 50°C และมีความสามารถสร้างไบโอฟิล์มได้ดี นอกจากนี้กิจกรรมการผลิตเอนไซม์จากการทดสอบบน selective media พบว่า ไอโซเลท B01 สามารถผลิต เอนไซม์ amylase และ phytase ได้ในระดับดีมาก และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกได้ดี นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ไอโซเลท B01 ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum truncatum* สาเหตุโรคแอนแทรคโนส และเชื้อรา *Curvularia lunata* สาเหตุโรคใบจุดที่พบในพริกและสามารถติดมากับเมล็ดพันธุ์พริกได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายพิสุทธิ์ เขียวมณี นายสรรเสริญ รังสุวรรณ นางสาวภัทราภรณ์ พวงแก้ว ที่ให้ความช่วยเหลืองานสามารถเสร็จลุล่วงไปได้ และขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาต้านโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน ที่ให้สถานที่ทำวิจัยมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. สถานการณ์การผลิตพริก. https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/สถานการณ์พริก_ตุลาคม63.pdf, 15 พฤษภาคม 2562.

- Fall, R.K., Wheel, K.A. 2004. A simple method to isolate biofilm-forming *Bacillus subtilis* and related species from plant roots. *Syst. Appl. Microbiol.* 23: 372. doi: 10.1078/0723-2020-00267
- Haefner, S., Knietsch, A., Scholten, E., Braun, J., Lohscheidt, K., Zelder, O. 2005. Biotechnological production and application of phytase. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 68: 588–597. doi: 10.1007/s00253-005-0005-y
- Hatayama, K., Kawai, S., Shoun, H., Ueda, Y., Nakamura, A. 2005. *Psuedomonas azotifigens* sp. nov. a novel nitrogen fixing bacterium isolated from a compost pile. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1539–1544. doi: 10.1099/ijs.0.63586-0
- Heaer, H., Krsek, M., Baker, P., Smalla, K., Wellington, E.M.H. 1997. Analysis of actinomycete communities by specific amplification of gene encoding 16S rRNA and gel-electrophoretic separation in denaturing gradients. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 3233–3241.
- Huang, H., Tian, C., Huang Y., Huang, H. 2020. Biological control of poplar anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *Egypt. J. Biol. Pest Control.* 30: 104. doi: 10.1186/s41938-020-00301-5
- Kabir, L., Sang, W.K., Yun, S.K., Youn, S.L. 2012. Application of Rhizobacteria for plant growth promotion effect and biocontrol of anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* on paper. *Mycobiology* 40: 244–251. doi: 10.5941/MYCO.2012.40.4.244
- Kuenpech, W., Akarapisan, A. 2014. Biocontrol control of anthracnose disease in Lady's slipper using *Bacillus subtilis* isolates B6. *J. Agric. Sci. Technol.* 10: 449–457.
- Kumar, G.P., Ahmed, S.K.M.H., Desai, S., Amalraj, E.L.D. 2014. *In vitro* screening for abiotic stress tolerance in potent biocontrol and plant growth promoting strain of *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. *Int. J. Bacteriol.* doi: 10.1155/2014/195946
- Latorre, J.D., Valasco, H.X., Wolfenden R.E., Vicente, L.J., Wolfenden, D.A., Menconi, A., Bielke, L., Hargis M.B., Tellez, G. 2016. Evaluation and selection of *Bacillus* species based on enzyme production, antimicrobial activity, and biofilm formation synthesis as directed-fed microbial candidates for poultry. *Front. Vet. Sci.* 3: 95. doi: 10.3389/fvets.2016.00095
- Morton, D.J., Stroube, W.H. 1995. Antagonistic and stimulating effects of soil micro-organism of sclerotium. *Phytopathol.* 45: 417–420.
- Pongpisutta, R., Winyarat, W., Rattanakreetakul, C. 2013. RFLP identification of *Colletotrichum* species isolated from chilli in Thailand. *Acta Horticulturae* 973: 181–186. doi: 10.17660/ActaHortic.2013.973.24
- Rong, S., Hong, X., Li, L., Chen, R., Gao, X., Xu, Z. 2020. Antifungal activity of endophytic *Bacillus safensis* b21 and its potential application as a biopesticide to control rice blast. *Pestic. Biochem. Phys.* 162: 69–77. doi: 10.1016/j.pestbp.2019.09.003
- Sandle, T. 2004. Gram's stain: History and explanation of the fundamental technique of determinative bacteriology. *IST Science and Technology Journal.* 54: 3–4.
- Seleh, B.K., Omer, A., Teweldemedhin, B., 2018. Medical uses and health benefits of chili pepper (*Capsicum* spp.): A review. 6: 325–328. doi: 10.15406/mojfpt.2018.06.00183

Stoodley, H.L., Costerton, W.J., Stoodley, P. 2004. Bacterial biofilms: From the natural environment to infectious disease. *Nat. Rev. Microbiol.* 2: 95–108. doi: 10.1038/nrmicro821

Ye, W.Q., Sun, Y.F., Tang, Y.J., Zhou, W.W. 2021. Biocontrol potential of a broad-spectrum antifungal strain *Bacillus amyloliquefaciens* B4 for postharvest loquat fruit storage. *Postharvest Biol. Technol.* 174: 111439. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111439

การประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวจาก *Ralstonia solanacearum* ในมะเขือยาวEvaluation resistance to bacterial wilt cause by *Ralstonia solanacearum* in eggplantละอองดาว สูงเนิน^{a,b}, จุฑารัตน์ เชื้อพงษ์^b, มงคล สระทองจันทร์^b, อังสนา อัครพิศาล^{a,*}Laoongdao Soongnern^{a,b}, Jutharat Chuapong^b, Mongkol Sratongjun^b, Angsana Akarapisan^{a,*}^aภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200^bแผนกวิจัยและพัฒนา บริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด เชียงใหม่ 50290^aDepartment of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50290, Thailand^bDepartment of Research & Development, East West Seed Company, Chiang Mai 50290, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: Angsana.aka@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของ *Ralstonia solanacearum* และเลือกใช้ตัวแทนเชื้อที่ต่าง sequevar ในพืชตระกูลพริกมะเขือมาคัดเลือกสายพันธุ์ต้านทานโรคในมะเขือยาว โดยรวบรวมเชื้อ 21 ไอโซเลท จากพื้นที่ปลูกภาคเหนือ (เชียงใหม่ น่าน แพร่) ภาคอีสาน (อุบลราชธานี) และ ภาคใต้ (นครศรีธรรมราช) แล้วปลูกเชื้อลงในพริก และมะเขือยาว จัดจำแนกเป็นไบโอวาร 3 ได้ 19 ไอโซเลท และไบโอวาร 4 ได้ 2 ไอโซเลท โดยพบไอโซเลทที่รุนแรง 9 ไอโซเลท การจำแนก phyloptype ด้วยเทคนิค Pmx-PCR พบว่าทุกไอโซเลท คือ phyloptype I จัดอยู่ใน sequevar 13, 14, 17, 34 และ 47 เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่จำเพาะกับยีน *egl* และ *hrpB* ไอโซเลท PE-UB1-15 และ EPP26 ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินความต้านทานในมะเขือยาว 10 สายพันธุ์ แล้วพบว่ามะเขือยาวสายพันธุ์ EP-001 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานมาตรฐาน และ EP-010 มีความต้านทานต่อเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลท โดยมีความต่างของ sequevar แต่จำแนกอยู่ใน Phyloptype เดียวกัน

คำสำคัญ: Endoglucanase (*egl*), *hrpB*, Phyloptpye, Sequevar

Abstract

The objective was to study the diversity of *Ralstonia solanacearum* to select representative pathogens that showed different sequevar to evaluate the eggplants resistant cultivar. The total of 21 isolates were collected from planting areas in Northern (Chiang Mai, Nan and Phrae), Northeastern (Ubon Ratchathani) and Southern (Nakhon Si Thammarat). Biovar determination confirmed that 19 isolates belonged to biovar 3, while 2 isolates belonged to biovar 4. Pathogenicity tests exhibited that 9 isolates were highly virulent to pepper and eggplant. Phyloptype analysis using Pmx-PCR assay revealed that all isolates are phyloptype I, sequevar 13, 14, 17, 34 and 47 corresponding based on partial *egl* and *hrpB* genes sequences. The PE-UB1-15 and EPP26 isolates were used for resistant evaluation in 10 line of eggplant. The results show that EP-001, resistant standard check and EP-010 line are highly resistant to both PE-UB1-15 and EPP26 isolates, a different sequevar but the same phyloptype I.

Keywords: Endoglucanase (*egl*), *hrpB*, Phyloptpye, Sequevar

คำนำ

มะเขือยาว (eggplant) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Solanaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum melongena* Linn. เป็นพืชผักเมืองร้อนที่ใช้ส่วนผลบริโภคเป็นอาหาร สามารถปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ปัจจุบันเกษตรกรได้ให้ความสนใจในการปลูกมะเขือยาวเพิ่มมากขึ้น หลายพื้นที่มีการปลูกซ้ำในที่ดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้พบปัญหาเรื่องโรค และแมลงศัตรูพืช เป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตลดลง ซึ่งหนึ่งสาเหตุโรคที่สำคัญ ทำให้เกิดความเสียหายกับเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือ คือ โรคเหี่ยวเหี่ยว (bacterial wilt disease) ซึ่งมีสาเหตุจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ที่สามารถแพร่ระบาดไปกับน้ำได้ดีโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุกจะมีการระบาดของโรครุนแรงและรวดเร็ว เชื้อมีชีวิตรอดอยู่ได้ทั้งในดิน และ ในน้ำได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน สามารถเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะกล้าจนให้ผลผลิตและเก็บเกี่ยว ปัจจุบันพบว่าโรคเหี่ยวเหี่ยวก่อความเสียหายกับพืชปลูกหลายชนิดทั้งที่เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เช่น มะเขือ พริก มะเขือเทศ มันฝรั่ง ยาสูบ ชิง และ ไม้ดอก เช่น ปทุมมา ดาวเรือง เป็นต้น (Hayward, 1991; Vanitha et al., 2009) เชื้อ *R. solanacearum* พบกระจายในพื้นที่เขตร้อน และ เขตอบอุ่น ของพื้นที่ทั่วโลกมีความหลากหลายทางสายพันธุ์มาก มีการจัดจำแนกลักษณะของเชื้อออกเป็น 5 race ตามการเกิดโรคบนพืชอาศัย และ 5 ไบโอมาร์ตามความสามารถในการใช้น้ำตาลของเชื้อ (Buddenhagen et al., 1962) นอกจากนี้ยังมีการจัดจำแนกออกเป็น 4 phylotypes ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลโดยที่ phylotype I เป็นเชื้อมาจากทวีปเอเชีย phylotype II เป็นเชื้อมาจากทวีปอเมริกา phylotype III เป็นเชื้อมาจากทวีปแอฟริกา และ phylotype IV เป็นเชื้อมาจากประเทศอินโดนีเซียซึ่งแต่ละ phylotype ประกอบด้วยจำนวนของ sequevar ซึ่งเป็นตัวกำหนดกลุ่มของสายพันธุ์ในตำแหน่ง conserved sequence (Fegan and Prior, 2005) การลดความเสียหายของโรคนี้ ได้มีการศึกษาในหลายวิธี เช่น การเกษตรกรรม การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้สารเคมี ซึ่งยังไม่สามารถควบคุมการระบาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ และ ความหลากหลายของเชื้อ *R. solanacearum* ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุล และคัดเลือกสายพันธุ์มะเขือยาวที่มีความต้านทานโรคเหี่ยวเหี่ยว เพื่อใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสำรวจเก็บรวบรวม และแยกเชื้อบริสุทธิ์

สำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพืชที่มีลักษณะอาการโรคเหี่ยวเหี่ยวจาก พริก มะเขือยาว และมะเขือเทศ จากพื้นที่ปลูกภาคเหนือ (เชียงใหม่ น่าน แพร่) ภาคอีสาน (อุบลราชธานี) และ ภาคใต้ (นครศรีธรรมราช) นำตัวอย่างพืชมาแยกเชื้อในอาหาร TZC (triphenyl tetrazolium chloride) และบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28–30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เลือกลำต้นเดี่ยวที่มีสีชมพูและมีสีขาวล้อมรอบซึ่งเป็นลักษณะของเชื้อที่มีความรุนแรงในการก่อโรคและเก็บเชื้อไว้ในน้ำกลั่นและ Glycerol 30% ที่นิ่งฆ่าเชื้อบรรจุในขวดฝาเกลียวเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การทดสอบความสามารถในการเกิดโรค และตรวจสอบความรุนแรงของเชื้อสาเหตุ

การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในต้นกล้าพริก และมะเขือยาว ที่อายุ 21 วัน ปลูกเชื้อด้วยวิธีการตัดรากและรดด้วยเซลล์แขวนลอยโดยปรับความเข้มข้นของเชื้อในน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อที่ OD (optical density) = 0.3 เมื่อใช้คลื่นแสง 600 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ทำการรดน้ำเชื้อลงบริเวณโคนรากพืชปริมาณ 15 ml ต่อต้น บันทึกผลหลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยประเมินความรุนแรงเป็น 4 ระดับ ได้แก่ H = เกิดโรครุนแรง (76–100%), M = เกิดโรครุนแรงปานกลาง (51–75%), L = เกิดโรครุนแรงต่ำ (10–50%) และ 0 = ไม่เกิดโรค

การจัดจำแนกไบโอวาริชของ *R. solanacearum*

เพิ่มปริมาณเชื้อบนอาหาร TZC บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง และจัดจำแนกไบโอวาริชตามวิธีของ Rahman et al. (2010) บันทึกผลหลังจากทำการทดลอง 7 วัน

การจัดจำแนก *R. solanacearum* โดยเทคนิคทางชีวโมเลกุล

การสกัด DNA ของ *R. solanacearum*

นำ *R. solanacearum* ทั้ง 21 ไอโซเลท เลี้ยงในอาหารเหลว LB (Luria & Bertani medium) เชื้อเข้าเชื้อด้วยความเร็ว 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 28°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการสกัด DNA ตามขั้นตอนของชุดสกัด DNA Extraction Kit Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega, USA)

การจำแนก phylo type ด้วยเทคนิค Phylotype specific multiplex PCR (Pmx-PCR)

จำแนก phylo type ของ *R. solanacearum* จำนวน 21 ไอโซเลท โดยใช้ไพรเมอร์ 759R, 760F ซึ่งจำเพาะกับ *R. solanacearum* และไพรเมอร์ที่จำเพาะกับ phylo type คือ Nmult22:RR, Nmult21:1F, Nmult21:2F, Nmult23:AF และ Nmult22:InF (Fegan and Prior, 2005) ส่วนผสมปฏิกิริยา PCR ในหลอดไมโครทิวบ์ขนาด 0.2 mL ประกอบด้วย DNA ของ *R. solanacearum* เข้มข้น 50 ng ปริมาตร 2 μ L, 1X GoTaq Green Master Mix (Promega) ปริมาตร 12.5 μ L, ไพรเมอร์ 759R และ 760F ความเข้มข้น 0.5 mM ปริมาตร 1 μ L ต่อไพรเมอร์, ไพรเมอร์ Nmult21:1F, Nmult21:2F, Nmult23:AF และ Nmult22:InF ความเข้มข้น 6 pmol ปริมาตร 1 μ L ต่อไพรเมอร์และไพรเมอร์ Nmult22:RR ความเข้มข้น 18 pmol ปริมาตร 3.5 μ L เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 25 μ L ทำปฏิกิริยา PCR ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (BioMetra thermal cycler) โดยปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 96°C เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นทำปฏิกิริยาแบบวนซ้ำที่อุณหภูมิ 96°C เป็นเวลา 15 วินาที อุณหภูมิ 59°C เป็นเวลา 30 วินาที และ อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 30 วินาที ทั้งหมด 30 รอบ และรอบสุดท้ายที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำ PCR product ที่ได้ ทำการตรวจวิเคราะห์แถบ DNA ด้วยเทคนิค electrophoresis ใน 1.5% agarose gel ใน 1xTAE buffer

การจำแนก sequevar ของ *R. solanacearum*

จำแนกความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่มีความจำเพาะกับตำแหน่ง Endoglucanase, *egl* gene เพื่อจำแนก sequevar ของ *R. solanacearum* โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะได้แก่ Endo-R และ Endo-F (Fegan and Prior, 2005) ส่วนผสมปฏิกิริยา PCR ในหลอดไมโครทิวบ์ขนาด 0.2 ml ประกอบด้วย DNA ของเชื้อ *R. solanacearum* เข้มข้น 50 ng ปริมาตร 5 μ L, 1X GoTaq Green Master Mix (Promega) ปริมาตร 12.5 μ L และไพรเมอร์ Endo-R, Endo-F ความเข้มข้น 0.5 mM ปริมาตร 2 μ L ต่อไพรเมอร์ เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 25 μ L ทำปฏิกิริยา PCR ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (BioMetra thermal cycler) โดยปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 4 นาที 1 รอบ จากนั้นทำปฏิกิริยาแบบวนซ้ำที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 1 นาที อุณหภูมิ 69°C เป็นเวลา 1 นาที อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 1 นาที ทั้งหมด 30 รอบ และรอบสุดท้ายที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 10 นาที การจัดจำแนกความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่มีความจำเพาะกับตำแหน่งยีน *hrpB* โดยใช้ไพรเมอร์ *hrpBR* และ *hrpBF* (She et al., 2017) ปฏิกิริยา PCR ประกอบด้วย DNA ของเชื้อ *R. solanacearum* เข้มข้น 50 ng ปริมาตร 5 μ L, 1X GoTaq Green Master Mix (Promega) ปริมาตร 12.5 μ L และไพรเมอร์ *hrpBR*, *hrpBF* ความเข้มข้น 0.5 mM ปริมาตร 2 μ L ต่อไพรเมอร์ เติมน้ำกลั่นฆ่าเชื้อให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 25 μ L ทำปฏิกิริยา PCR ที่อุณหภูมิ 96°C เป็น

เวลา 5 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นทำปฏิกิริยาแบบวนซ้ำที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 1 นาที อุณหภูมิ 62°C เป็นเวลา 1 นาที อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 3 นาที เป็นวงจรรูกลูโซ่ทั้งหมด 30 รอบ และรอบสุดท้ายที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 10 นาที นำ PCR product ที่ได้ตรวจวิเคราะห์แถบ DNA ด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis และส่งวิเคราะห์ลำดับ นิวคลีโอไทด์ของ *egl* และ *hrpB* gene ส่งวิเคราะห์โดยบริษัท BIOGENOMED CO., LTD. เมื่อได้ลำดับนิวคลีโอไทด์ทำการศึกษาคือความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแบคทีเรียโดย BLAST ลำดับนิวคลีโอไทด์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีรายงานใน GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) ดังนี้ *egl* gene; EF439743, KM188491, KP967660, EU407270, AF295270, HQ245077, HQ245038, LC155061, KP967605, AB911443, MG136851, EF439740, EU407292, MG136855, DQ657614, EF371804, GQ907150 และ *hrpB* gene; AF295604, AF295611, AF295622, AF295623, EF523212, EF523206 จากนั้นนำข้อมูล alignment มาสร้าง Phylogenetic tree โดยจัดกลุ่มด้วยวิธี neighbor-joining method (NJ) ด้วยค่า bootstrap จำนวน 1000 ซ้ำ ด้วยโปรแกรม MEGA7

ทดสอบปลูกเชื้อและประเมินความต้านทานโรคเหี่ยวเหี่ยวในสายพันธุ์มะเขือยาวภายใต้สภาพโรงเรือน

ได้รับความอนุเคราะห์มะเขือยาวจำนวน 10 สายพันธุ์ จาก บริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ และดำเนินการทดลองระหว่างเดือน สิงหาคม-ตุลาคม 2564 เตรียมต้นกล้าโดยเฉพาะเมล็ดลงในถาดเพาะขนาด 72 หลุม ด้วยพีทมอส (Klasmann®) เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน ย้ายลงในกระถางขนาด 2 นิ้ว โดยบรรจุดินทรายที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ผสมกับพีทมอส (Klasmann®) ในอัตราส่วน 1:1 เมื่อต้นกล้าอายุ 21 วัน นำไปปลูกเชื้อภายใต้สภาพโรงเรือนโดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ใช้ต้นกล้าซ้ำละ 8 ต้น ต่อการปลูกเชื้อ 1 ไชเลท โดยเลือกตัวแทน *R. solanacearum* 2 ไชเลท คือ EPP26 และ PE-UB1-15 เป็นตัวแทนของเชื้อในพื้นที่ปลูกภาคเหนือ และ ภาคอีสาน ตามลำดับ การปลูกเชื้อโดยใช้ใบมีดตัดรากข้างใดข้างหนึ่งของต้นกล้าพันธุ์ทดสอบโดยให้ห่างจากโคนต้นประมาณ 1 cm และลึกประมาณ 3 cm แล้วรดด้วยเซลล์แขวนลอยของเชื้อซึ่งแต่ละไชเลท ปรับความเข้มข้น 0.3 OD ปริมาตร 15 mL ต่อต้น โดยมีพันธุ์ EP-001 จาก AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center) เป็นพันธุ์เปรียบเทียบต้านทาน และ พันธุ์ EP-002 คือ มะเขือยาวพันธุ์ท้องถิ่น เป็นพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบชุดควบคุมปลูกเชื้อด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ บันทึกผลการประเมินความรุนแรงของโรคหลังจากปลูกเชื้อ 21 วัน โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0 = ไม่แสดงอาการเหี่ยว, ระดับ 1 = แสดงอาการเหี่ยว 1-25%, ระดับ 2 = แสดงอาการเหี่ยว 26-50%, ระดับ 3 = แสดงอาการเหี่ยว 51-75% และ ระดับ 4 = แสดงอาการเหี่ยว 76-100% (Suga et al., 2013) นำข้อมูลมาคำนวณดัชนีการเกิดโรค (Disease index, DI) โดยค่าดัชนีการเกิดโรคจะแสดงจากช่วง 0 (ไม่มีอาการของโรค) – 100 (พืชตายเนื่องจากเชื้อเข้าทำลาย) โดยคำนวณตาม Equation 1

$$\% \text{ Disease index} = \frac{\sum(N_i \times V_i)}{N \times V} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ N_i = จำนวนต้นที่แสดงอาการเกิดโรคในแต่ละระดับ, V_i = ระดับการเกิดโรค (0,1,2,3 หรือ 4), V = ระดับการเกิดโรคสูงสุด N = จำนวนต้นทั้งหมดที่นำมาทดสอบ นำค่าดัชนีการเกิดโรคมาจัดอันดับปฏิบัติการความต้านทานโรคโดยแบ่งลักษณะความต้านทานไว้ 6 ลักษณะ ได้แก่ ต้านทานมาก (highly resistant, HR = 0%DI), ต้านทาน (resistant, R = 0.1-20 %DI), ต้านทานปานกลาง (moderate resistant, MR = 20.1-40 %DI), อ่อนแอปานกลาง (moderate susceptible, MS = 40.1-60%DI), อ่อนแอ (susceptible, S = 60.1-80 %DI) และอ่อนแอมาก (highly susceptible, HS = 80.1-100 % DI) (Li et al. , 2016)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพืชและแยกเชื้อได้รวมทั้งหมด 21 ไอโซเลท จากพื้นที่ปลูกภาคเหนือ (เชียงใหม่ น่าน แพร่) ภาคอีสาน (อุบลราชธานี) และ ภาคใต้ (นครศรีธรรมราช) โดยเลือกจากลักษณะโคโรนา virulent ที่เจริญบนอาหาร TZC และเมื่อตรวจสอบความรุนแรงของเชื้อโดยปลูกเชื้อลงในพริกสายพันธุ์หยกเทพ และ มะเขือยาว สายพันธุ์ท็อปกัน พบว่าแบคทีเรียทั้ง 21 ไอโซเลท สามารถทำให้ต้นพริก และ มะเขือยาว มีอาการเหี่ยวและตายหลังจากปลูกเชื้อ 21 วัน โดยมีระดับความรุนแรงที่ต่างกัน ผลการทดสอบสามารถแบ่งกลุ่มเชื้อไอโซเลทที่รุนแรงได้ 9 ไอโซเลท (Table 1) เมื่อจัดจำแนกไปโอวารของเชื้อทั้ง 21 ไอโซเลท พบว่ามี 19 ไอโซเลท จำแนกได้เป็นไปโอวาร 3 และอีก 2 ไอโซเลท ถูกจำแนกเป็น ไปโอวาร 4 (Table 1) จากการจัดจำแนกเชื้อ 21 ไอโซเลท ด้วยเทคนิค Pmx-PCR พบว่าเชื้อทั้งหมดจัดเป็น *R. solanacearum* ใน phylotype I การจัดจำแนก sequevar โดยเปรียบเทียบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จำเพาะกับยีน *egl* และ *hrpB* จัดอยู่ใน sequevar 13, 14, 17, 34 และ 47 (Table 1 และ Fig. 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Fegan and Prior (2005) ที่ระบุว่า phylotype I เป็น strain ที่มีแหล่งกำเนิดจากทวีปเอเชีย สำหรับในประเทศไทย วารุณี และคณะ (2557) ได้จำแนก *R. solanacearum* จำนวน 41 สายพันธุ์ ซึ่งทั้งหมดถูกจำแนกได้เป็น phylotype I เช่นกัน นอกเหนือจากนี้ Thano and Akarapisan (2018) รายงานการตรวจพบ *R. solanacearum* ใน phylotype II sequevar 1 จาก มันฝรั่ง และ phylotype I sequevar 13 จากพริก sequevar 15 จากมะเขือ และ sequevar 48 จากปทุมมา ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

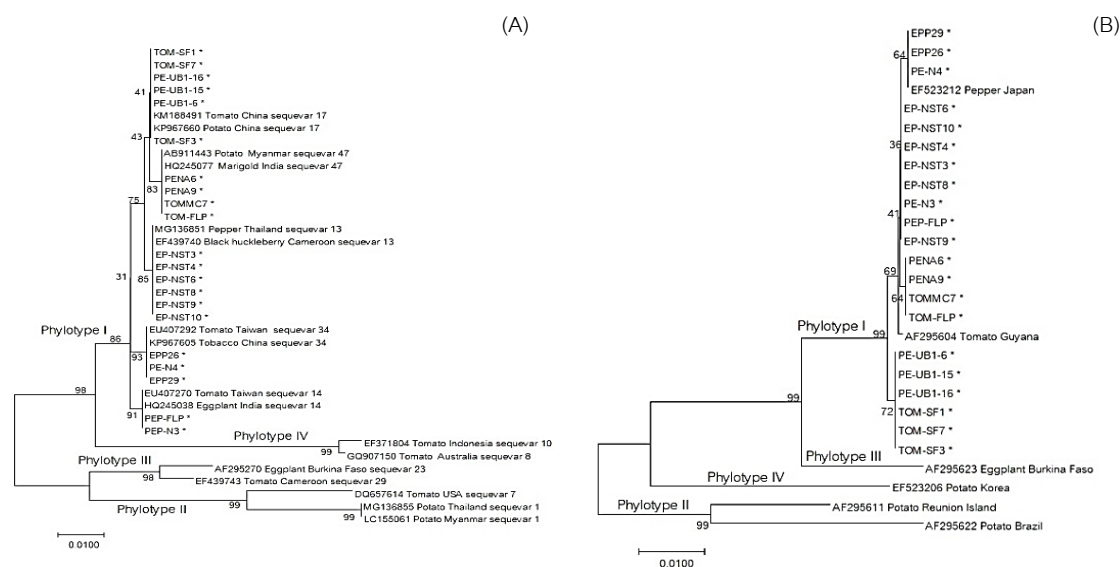


Fig. 1 Phylogenetic tree based on partial *egl* gene (A); and *hrpB* gene (B) sequences of *Ralstonia solanacearum*. The tree was constructed with MEGA7 using the neighbor joining method. Bootstrap values of 1,000 replicates are represented as a percentage. The sequences in this study were labelled with a star (*)

Table 1 Pathogenicity and characterization of 21 *Ralstonia solanacearum* isolates

No.	Region	Isolate name	Source area	Host	Pathogenicity test*		Biovar	Phylotype / sequevar
					Pepper (Yok thep)	Eggplant (Top gun)		
1	Northern	PEP-FLP	San sai, Chiang mai	pepper	H	H	3	I/14
2		TOM-FLP	San sai, Chiang mai	tomato	H	H	4	I/47
3		TOM-SF1	San sai, Chiang mai	tomato	L	L	3	I/17
4		TOM-SF7	San sai, Chiang mai	tomato	L	L	3	I/17
5		TOM-SF3	San sai, Chiang mai	tomato	L	L	3	I/17
6		TOMMC7	Mae Chaem, Chiang mai	tomato	H	H	4	I/47
7		PENA6	Tha Wang Pha, Nan	pepper	L	L	3	I/47
8		PENA9	Tha Wang Pha, Nan	pepper	H	M	3	I/47
9		PE-N3	Tha Wang Pha, Nan	pepper	H	H	3	I/14
10		PE-N4	Tha Wang Pha, Nan	pepper	L	L	3	I/34
11		EPP26	Song , Phrae	eggplant	H	H	3	I/34
12		EPP29	Song , Phrae	eggplant	H	H	3	I/34
13	Southern	EP-NST3	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	H	M	3	I/13
14		EP-NST4	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	L	L	3	I/13
15		EP-NST6	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	M	H	3	I/13
16		EP-NST8	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	L	L	3	I/13
17		EP-NST9	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	L	M	3	I/13
18		EP-NST10	Ronphiboon, Nakhon Si Thammarat	eggplant	H	H	3	I/13
19	North Eastern	PE-UB1-6	Muang Sam Sip, Ubon Ratchathani	pepper	H	H	3	I/17
20		PE-UB1-15	Muang Sam Sip, Ubon Ratchathani	pepper	H	H	3	I/17
21		PE-UB1-16	Muang Sam Sip, Ubon Ratchathani	pepper	L	L	3	I/17

* H = high (76–100% plants wilted), M = medium (51–75 % plants wilted), L = low (10–50 % plants wilted) and 0 = no wilt symptoms (0% plants wilted)

การประเมินลักษณะความต้านทานต่อ *R. solanacearum* โดยใช้ ไอโซเลท PE-UB1-15 และ EPP26 พบว่า มะเขือยาวสายพันธุ์ EP-001 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบต้านทาน และ EP-010 มีความต้านทานกับเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลทที่ใช้ทดสอบ (Table 2) โดยผลการทดสอบกับเชื้อไอโซเลท PE-UB1-15 พบว่า 2 สายพันธุ์ แสดงความต้านทาน (resistant,

R) ได้แก่ EP-001 และ EP-010 ส่วนสายพันธุ์ EP-008 มีความต้านทานปานกลาง (moderate resistant, MR) สายพันธุ์ที่เหลือจัดอยู่ในกลุ่มอ่อนแอปานกลาง (moderate susceptible, MS) 1 สายพันธุ์, อ่อนแอ (susceptible, S) 4 สายพันธุ์ และ อ่อนแ่มาก (highly susceptible, HS) 2 สายพันธุ์ รวมถึงสายพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ คือ EP-002 (Table 4) และ ผลการทดสอบกับเชื้อไอโซเลท EPP26 พบว่ามี 1 สายพันธุ์ มีความต้านทานมาก (highly resistant, HR) ได้แก่ EP-001 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบต้านทาน และ 1 สายพันธุ์ มีความต้านทาน (resistant, R) คือ EP-010 สายพันธุ์ที่เหลือจัดอยู่ในกลุ่มอ่อนแอปานกลาง (moderate susceptible, MS) 1 สายพันธุ์, อ่อนแอ (susceptible, S) 2 สายพันธุ์ และ อ่อนแ่มาก (highly susceptible, HS) 5 พันธุ์ (Table 2)

Table 2 Resistance evaluation of 10 cultivated eggplant accessions against *Ralstonia solanacearum* isolate PE-UB1-15 and EPP26 at 21 day after inoculation

No.	Accession code	Generations	Isolate PE-UB1-15 (sequevar 17)		Isolate EPP26 (sequevar 34)	
			%DI	Resistant reaction	%DI	Resistant reaction
1	EP-001**	Line	2.9 ^d	R	0.0 ^b	HR
2	EP-002***	F1	82.3 ^{ab}	HS	80.2 ^a	HS
3	EP-003	F1	90.6 ^a	HS	87.5 ^a	HS
4	EP-004	F1	76.8 ^{ab}	S	84.4 ^a	HS
5	EP-005	Line	79.9 ^{ab}	S	81.4 ^a	HS
6	EP-006	F1	74.0 ^{ab}	S	67.7 ^a	S
7	EP-007	F1	52.5 ^{ab}	MS	54.0 ^a	MS
8	EP-008	F1	23.8 ^{cd}	MR	62.8 ^a	S
9	EP-009	F1	67.6 ^{ab}	S	81.1 ^a	HS
10	EP-010	Line	16.7 ^{cd}	R	0.4 ^b	R
LSD _{0.05}			21.05		25.62	
%CV			21.65		24.92	

*Means in the same column followed by a same letter are not significantly difference at $p < 0.05$ by LSD

**Germplasm source from AVRDC used for resistance standard check

***Top Gun cultivated used for susceptible standard check

สรุป

จากการศึกษา *R. solanacearum* จำนวน 21 ไอโซเลท ซึ่งแยกเชื้อจากพริก มะเขือ และ มะเขือเทศ จากพื้นที่ปลูกภาคเหนือ (เชียงใหม่ น่าน แพร่) ภาคอีสาน (อุบลราชธานี) และ ภาคใต้ (นครศรีธรรมราช) เมื่อนำมาปลูกเชื้อกลับลงในพริกสายพันธุ์หยกเทพ และ มะเขือยาวสายพันธุ์ท็อปกัน พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มเชื้อไอโซเลทที่รุนแรง (virulent) ได้จำนวน 9 ไอโซเลท ได้แก่ ไอโซเลท PEP-FLP, PE-N3, EP-NST10, PE-UB1-6, PE-UB1-15, TOMMC7, TOM-FLP, EPP26 และ EPP29 โดยทำให้เกิดโรคกับพริกและมะเขือในระดับความรุนแรงสูง เมื่อนำเชื้อทั้งหมดจัดจำแนกไปโอวาร์พบว่าโดยส่วนใหญ่ คือ ไปโอวาร์ 3 จำนวน 22 ไอโซเลท มีเพียง 2 ไอโซเลท จำแนกเป็นไปโอวาร์ 4 ทุกไอโซเลทนำมาจำแนกได้เป็น *R. solanacearum* ใน phylo type I ซึ่งเป็นเชื้อจากทวีปเอเชีย จากการจัดจำแนก sequevar ของเชื้อ จัดอยู่ใน sequevar 13, 14, 17, 34 และ 47 เชื้อไอโซเลท PE-UB1-15 และ EPP26 ถูกเลือกมาใช้ประเมินลักษณะความ

ด้านทานโนมะเชื้อ จำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ EP-001 และ EP-010 ด้านทานกับเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลทที่ใช้ทดสอบ ซึ่งเป็นเชื้อ phylotype I sequevar 17 และ 34 ตามลำดับส่วนสายพันธุ์อื่นๆรวมทั้งพันธุ์อ่อนมาตรฐานแสดงความอ่อนแอต่อทั้ง 2 ไอโซเลท แต่มีความแตกต่างเล็กน้อยในสายพันธุ์ EP-008 ดังนั้นความแตกต่างของระดับความต้านทานโรคอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น เช่น กลุ่ม Phylotype หรือสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ใช้ในการทดสอบ รวมถึงอนุญาตให้ใช้สถานที่โรงเรือน และห้องปฏิบัติการ คุณเอกชัย อินชนบท ที่ให้คำปรึกษาแนวทางการทำงานวิจัย ตลอดจน พนักงานแผนกโรคพืชทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- วารุณี คงดวล, น้าทิพย์ พิรณฤทธิ, ชลิดา เล็กสมบุญ, อรวรรณ ชัชวาลการพาณิชย์. 2557. ศีรษะลักษณะทางอณูชีวโมเลกุลของเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ที่พบในประเทศไทยในระดับ Division และ Phylotype. ใน: รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 11. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. หน้า 120–127.
- Buddenhagen, I., Sequeira, L., Kelman, A. 1962. Designation of races in *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*. 52: 726.
- Fegan, M., Prior, P. 2005. How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex in bacterial wilt: The disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex. APS Press. Minnesota, MN, USA. pp. 449–461.
- Hayward, A. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review Phytopathology*. 29: 65–87.
- Li, Y., Feng, J., Liu, H., Wang, L., Hsiang, T., Huang, J. 2016. Genetic diversity and pathogenicity of *Ralstonia solanacearum* causing tobacco bacterial wilt in China. *Plant Dis*. 100: 1288–1296.
- Rahman, M.F., Islam, M.R., Rahman, T., Meah, M.B. 2010. Biochemical characterization of *Ralstonia solanacearum* causing bacterial wilt of brinjal in Bangladesh. *Progressive Agriculture* 21: 9–19.
- Thano, P., Akarapisan, A. 2018. Phylotype and sequevar of *Ralstonia solanacearum* which causes bacterial wilt in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. *Lett. Appl. Microbiol*. 66: 384–393.
- She, X., Lin, Y., Lan, G., Tang, Y., He, Z. 2017. Identification and genetic characterization of *Ralstonia solanacearum* species complex Isolates from *Cucurbita maxima* in China. *Front. Plant Sci*. 8: 1794.
- Suga, Y., Horita, M., Umekita, M., Furuya, N., Tsuchiya, K. 2013. Pathogenic characters of Japanese potato strains of *Ralstonia solanacearum*. *J. Gen. Plant Pathol*. 79: 110–114.
- Vanitha, S.C., Niranjana, S.R., Mortensen, C.N., Umesha, S. 2009. Bacterial wilt of tomato in Karnataka and its management by *Pseudomonas fluorescens*. *Biocontrol*. 54: 68.

การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าโดยใช้ลักษณะ ผลผลิตเมล็ดร่วมกับลักษณะและชนิดของเมล็ด

Heterotic grouping of lines derived from commercial field corn hybrids using grain yield together
with seed traits and types

ศุภศรี คุ่มภัย^a, สุจินต์ เจนวีระวัฒน์^{a,*}, ปิยะ กิตติภาดากุล^a, ชูศักดิ์ จอมพุก^c, ธวัชชัย ประศาสน์ศรีสุภาพ^b
Suppasri Kumpai^a, Sujin Jenweerawat^{a,*}, Piya Kittipadaku^a, Choosak Jompuk^c, Tawatchai Prasartsrisupab^b

^aภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bผู้ทรงคุณวุฒิพิเศษภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bSpecial Advisor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen
Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: suj.j@ku.th

บทคัดย่อ

พันธุ์การค้าเป็นหนึ่งในแหล่งพันธุกรรมดีและมีความหลากหลายทางพันธุกรรม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่ม
เฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าโดยใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดร่วมกับลักษณะและ
ชนิดของเมล็ด นำสายพันธุ์ S₁ ของพันธุ์การค้า 44 พันธุ์ผสมกับตัวทดสอบ 4 สายพันธุ์ และผสมตัวเองได้ฝัก S₂ ปลูก
ประเมินผลผลิตเมล็ดของลูกผสมทดสอบและจำแนกชนิด สี ขนาด และรูปร่างของเมล็ดจากฝัก S₂ ผลการทดลองพบว่า
สามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Suwan (26 กลุ่มสายพันธุ์) กลุ่ม Non-Suwan (10 กลุ่ม
สายพันธุ์) และกลุ่ม Intermediate (8 กลุ่มสายพันธุ์) ดังนั้น สามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์โดยใช้ลักษณะผลผลิต
เมล็ด และใช้ข้อมูลขนาด รูปร่าง และชนิดของเมล็ดประกอบการตัดสินใจเลือกคู่ผสมเพื่อพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสมได้
คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ชนิดของเมล็ด, พันธุ์ลูกผสมทางการค้า, ลักษณะเมล็ด, สายพันธุ์ทดสอบ

Abstract

Commercial hybrids are one of good sources of germplasm with genetic diversity. The objective of this
research was to assign lines developed from commercial field corn hybrids into heterotic groups using grain
yield together with seed traits and types. S₁ lines from 44 commercial hybrids were crossed with four inbred
testers, and selfed for S₂ ears. The testcrosses were then grown for grain yield evaluation, simultaneously, seed
types, colors, sizes and shapes were classified from S₂ ears. The results showed that the lines were assigned
into three heterotic groups, i.e., Suwan (26 line groups), Non-Suwan (10 line groups) and Intermediate (8
groups). Therefore, grain yield can be used for assigning heterotic groups for the lines. Data for seed size,
shape and type can also help for making decision on choosing crosses for line and hybrid development.

Keywords: Commercial hybrid, Field corn, Inbred tester, Seed trait, Seed type

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* L.) มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นอาหารไก่ อาหารหมู อาหารเป็ด อาหารโคนม อาหารกึ่ง และอาหารปลา โดยในปี 2563/64 พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปี 2562/63 ประมาณ 7.02 ล้านไร่ สำหรับผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจาก 646 กิโลกรัมในปี 2562/63 เป็น 684 กิโลกรัม ในปี 2563/64 เนื่องจากมีการจัดการควบคุมและกำหนดหนอกระทำข้าวโพดลายจุดได้ดีขึ้นทำให้การระบาดของโรคลดลง อย่างไรก็ตาม ในปี 2563 ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้ภายในประเทศลดลงจากปีที่ผ่านมาเล็กน้อยตามการลดลงของภาคอุตสาหกรรมเลี้ยงปศุสัตว์ แต่ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ยังคงไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single-cross hybrid) เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต เนื่องจากพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวให้ผลผลิตสูง มีความสม่ำเสมอของลักษณะทางการเกษตรและมีเสถียรภาพของพันธุ์สูง ดังนั้น การพัฒนาพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวจึงเป็นเป้าหมายสูงสุดในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพด ซึ่งพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวทางการค้า (commercial single-cross hybrid) เป็นหนึ่งในแหล่งพันธุกรรมดีและมีความหลากหลายทางพันธุกรรม (Jompuk et al., 2000; Phumichai et al., 2008; Suwanatape et al., 2020) ที่มักจะนำมาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์พ่อแม่สำหรับการพัฒนาพันธุ์ลูกผสม โดยสายพันธุ์ที่ดีต้องพัฒนามาจากแหล่งพันธุกรรมดีและมีการจำแนกกลุ่มเฮเทอโรซิส (heterotic group) การจัดการกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยมากใช้การปลูกทดสอบคู่ผสมหรือเครื่องหมายโมเลกุล โดย Melchinger (1999) แนะนำว่าหากมีจีโนมไทป์ที่ต้องการจำแนกกลุ่มเฮเทอโรซิสจำนวนมากและมีตัวทดสอบ (tester) ที่เชื่อถือได้ ควรใช้สมรรถนะของลูกผสมทดสอบ (testcross hybrid performance) เป็นเกณฑ์หลักในการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิส ซึ่งลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสมักใช้ผลผลิตเมล็ดและลักษณะทางการเกษตรเป็นลักษณะหลักในการจัดกลุ่ม (Bari et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีการใช้ลักษณะเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ความยาวเมล็ด ความกว้างเมล็ด ความหนาเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ด ในการศึกษาเฮเทอโรซิสและจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ (Wang et al., 2018) ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับขนาดของเมล็ด (seed size) ได้แก่ ขนาดใหญ่มาก ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และ ขนาดเล็ก (Popp and Brumm, 2003) ดังนั้น การใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดร่วมกับลักษณะและชนิดของเมล็ดในการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์สำหรับการพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าโดยใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ดร่วมกับลักษณะและชนิดของเมล็ด เพื่อการพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสม

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้ศึกษาการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้าจากภาครัฐและเอกชน จำนวน 44 พันธุ์ (พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว) ได้แก่ CP201, CP301, CP303, CP508, CP518, CP639, CP640, CP888 3G, CP888 New, CP906, KKK Super, PAC139, PAC339, PAC559, PAC777, PAC779, PAC789, DK9898C, DK9901, DK9919C, DK9955, DK6818, P30B80, P4084, P4181, P4311, P4546, P4554, NK20, NK48, NK6248, NK6253, NK7328, TF222, SA282, LG36769, GT709, ทับทิมแดง, NS2, NS3, SW4452, KSX5720, KSX5731 และ KSX5819 ในฤดูแล้ง ปี 2562/63 ปลูกสายพันธุ์ซ้ำที่ 1 (S_1) ของแต่ละพันธุ์ จำนวน 8 แถว/แปลงย่อย ระยะปลูก 0.75×0.20 m แถวยาว 5 เมตร โดยผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ (inbred tester) จำนวน 4 แถว 1 แถวผสมกับสายพันธุ์ทดสอบ 1 สายพันธุ์ สายพันธุ์ทดสอบ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ Tak Fa 1 (Pedigree: Pio.3003-3-2-B-3-1-4-

BBBB), Tak Fa 3 (Pedigree: C-5124001-21-2-B-2-1-2-BBBB), Ki 48 (Pedigree: Pioneer 3013-S8-57-2) และ Ki 60 (Pedigree: (Agron 12 x Ki 49)-F2-S9-2-1-3-1-1 (Kei 1102)) โดยสายพันธุ์ทดสอบ Tak Fa 1 และ Tak Fa 3 พัฒนาโดยกรมวิชาการเกษตร สายพันธุ์ทดสอบ Ki 48 และ Ki 60 พัฒนาโดยศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่ง Tak Fa 1 และ Ki 48 ได้รับการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสเป็นกลุ่ม Suwan (Suwan group) มีชนิดของเมล็ดเป็นแบบหัวแข็ง (จุทามาต และคณะ, 2564) สำหรับ Tak Fa 3 และ Ki 60 ได้รับการจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสเป็นกลุ่ม Non-Suwan (Non-Suwan group) มีชนิดของเมล็ดเป็นแบบกึ่งหัวบุบ (จุทามาต และคณะ, 2564) อีก 4 แถวที่เหลือของสายพันธุ์ชั่วที่ 1 ของแต่ละพันธุ์ ดำเนินการผสมตัวเองสายพันธุ์ดังกล่าวได้เป็นสายพันธุ์ชั่วที่ 2 (S_2)

ในฤดูฝน ปี 2563 แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การปลูกทดสอบลูกผสมทดสอบ (testcross) ที่ได้จากฤดูแล้ง ปี 2562/63 จำนวน 176 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ (hybrid check) จำนวน 20 พันธุ์ โดยแบ่งเป็นพันธุ์ที่มาจากสายพันธุ์ทดสอบที่ดีที่สุด จำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่ KSX5402 (Ki 48 x Ki 60) พันธุ์การค้าของกรมวิชาการเกษตร (DOA commercial check) จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ NS3, NS4 และ NS5 พันธุ์การค้าของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU commercial check) จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ SW4452, SW5720, SW5821, SW5819 และ SW5731 และพันธุ์การค้าของภาคเอกชน (private sector's commercial check) จำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ S6253, S7328, DK9979C, PAC339, PAC789, 30B80, P4546, LG38778, CP639, WS8414 และ WS8520 โดยใช้แผนการทดลอง 14×14 Simple Lattice ปลูก 2 แถว/แปลงย่อย แถวยาว 5 เมตร ใช้ระยะปลูก 0.75×0.20 เมตร จำนวน 1 ต้น/หลุม ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ และคำนวณผลผลิตเมล็ด (grain yield, กิโลกรัม/ไร่) ของแต่ละแปลงย่อยที่ความชื้น 15% จากสูตร $\text{Grain yield (kg/rai)} = [\text{field weight} \times (100 - \% \text{grain moisture}) \times \% \text{grain shelling} \times 1,600] / [85 \times \text{harvested area} \times 100]$
Harvested area = No. of rows x ((row length + distance between plant hills) x distance between rows)

2) นำฝักของสายพันธุ์ชั่วที่ 2 (S_2 ears) ของแต่ละพันธุ์มาจำแนกชนิดของเมล็ด (seed type) ออกเป็นหัวแข็ง (flint, F) และกึ่งหัวแข็ง (semi-flint, SF) และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ flint : semi-flint พร้อมทั้งระบุสี (seed color) ของเมล็ด เช่น OY = orange-yellow OY[^] = orange-yellow with yellow cap หลังจากนั้นสุ่มเมล็ดตรงกลางฝักจากฝักของแต่ละกลุ่ม (กลุ่ม flint และกลุ่ม semi-flint) ฝักละ 20 เมล็ด ชั่งน้ำหนัก (กรัม) และนำมาแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาดเมล็ด จำนวน 6 ขนาด ได้แก่ 24/64, 22/64, 20/64, 18/64, 16/64 และ 14/64 โดยแยกได้ขนาดเมล็ดจำนวน 7 ขนาด ได้แก่ >24/64 (ขนาดใหญ่มาก, extra large) 24/64 และ 22/64 (ขนาดใหญ่, large) 20/64 และ 18/64 (ขนาดกลาง, medium) 16/64 และ 14/64 (ขนาดเล็ก, small) พร้อมบันทึกรูปร่างเมล็ด (seed shape) ได้แก่ กลม (round) หรือแบน (flat)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการปลูกทดสอบลูกผสมทดสอบ (44 hybrids- S_1 x 4 testers) ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ในฤดูฝน ปี 2563 พบว่า ผลผลิตเมล็ดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดของการทดลองเท่ากับ 1,280 กิโลกรัม/ไร่ ลูกผสมทดสอบ จำนวน 176 คู่ผสม มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 1,267 กิโลกรัม/ไร่ (ไม่ได้แสดงข้อมูลในตาราง) พันธุ์เปรียบเทียบ จำนวน 20 พันธุ์ มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 1,396 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งเป็น KSX 5402 ให้ผลผลิต 1,714 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์การค้าของกรมวิชาการเกษตร มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 1,058 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์การค้าของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 1,400 กิโลกรัม/ไร่ และพันธุ์การค้าของภาคเอกชน มีค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 1,458 กิโลกรัม/ไร่ (Table 1) โดยมีคู่ผสมที่ให้ผลผลิตเมล็ดสูงไม่แตกต่างจาก KSX5402 (ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุดในการทดลองนี้) ที่ LSD 0.05 (246.76 กิโลกรัม/ไร่) จำนวน 23 คู่ผสม ซึ่งให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 1,484–1,658 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเมล็ด

เปรียบเทียบกับ KSX5402 อยู่ในช่วง 87–97% (ไม่ได้แสดงข้อมูลในตาราง) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ที่พัฒนาจากพันธุ์การคัดเลือกที่มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปสำหรับการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ดีเด่น

Table 1 Mean grain yield from 44 hybrids-S₁ x 4 testers tested at National Corn and Sorghum Research Center in the 2020 rainy season

S ₁ Line	Tester			
	Tak Fa 1	Tak Fa 3	Ki 48	Ki 60
	----- kg/rai -----			
CP201-S ₁	1,175	802	1,099	1,359
CP301-S ₁	1,135	762	1,305	1,309
CP303-S ₁	1,094	1,233	1,008	1,448
CP508-S ₁	853	994	1,313	1,385
CP518-S ₁	1,324	999	1,369	1,500
CP639-S ₁	1,484	993	1,349	1,324
CP640-S ₁	1,275	1,267	1,407	1,440
CP888 3G-S ₁	882	922	857	1,570
CP888 New-S ₁	1,251	856	1,123	1,385
CP906-S ₁	1,294	1,152	1,066	1,307
KKK Super-S ₁	1,379	803	1,303	1,375
PAC139-S ₁	1,402	1,162	1,509	1,393
PAC339-S ₁	1,359	1,282	1,313	1,509
PAC559-S ₁	1,425	1,338	1,387	1,496
PAC777-S ₁	1,281	1,258	1,318	1,518
PAC779-S ₁	1,557	1,200	1,452	1,536
PAC789-S ₁	1,355	1,342	1,262	1,531
DK9898C-S ₁	1,276	977	1,218	1,362
DK9901-S ₁	1,259	832	1,376	1,244
DK9919C-S ₁	1,445	951	1,333	1,213
DK9955-S ₁	1,387	766	1,369	1,218
DK6818-S ₁	1,376	893	1,341	1,497
P30B80-S ₁	1,185	1,330	1,207	1,410
P4084-S ₁	1,283	1,303	1,235	1,534
P4181-S ₁	1,316	1,238	1,308	1,454
P4311-S ₁	1,287	1,190	1,207	1,515
P4546-S ₁	1,337	1,201	1,360	1,336
P4554-S ₁	1,382	1,308	1,244	1,406
NK20-S ₁	1,403	1,106	1,342	1,355
NK48-S ₁	1,409	1,181	1,431	1,500
NK6248-S ₁	1,501	1,038	1,385	1,427
NK6253-S ₁	1,264	1,346	1,394	1,318
NK7328-S ₁	1,322	1,104	1,248	1,447
TF222-S ₁	1,320	1,038	1,233	1,596
SA282-S ₁	1,199	774	1,193	1,347
LG36769-S ₁	1,393	1,063	1,503	1,609
GT709-S ₁	1,269	1,293	1,339	1,541
Tubtimdaeng-S ₁	851	1,036	1,315	1,281
NS2-S ₁	827	1,224	1,140	1,440
NS3-S ₁	866	1,195	1,228	1,458
SW4452-S ₁	1,353	1,560	884	1,367
KSX5720-S ₁	1,529	1,402	1,409	911
KSX5731-S ₁	1,256	1,337	787	1,216
KSX5819-S ₁	1,501	1,318	1,658	822
Hybrid check mean (20 hybrids)	1,396			
KSX 5402 (Ki 48 x Ki 60)	1,714			
DOA commercial check mean (3 hybrids)	1,058			
KU commercial check mean (5 hybrids)	1,400			
Private sector's commercial check mean (11 hybrids)	1,458			

จากข้อมูลผลผลิตเมล็ดของลูกผสมทดสอบใน Table 1 สายพันธุ์ที่ผสมกับพันธุ์ทดสอบที่ทราบกลุ่มเฮตเทอโรซิสแล้วให้ผลผลิตสูง แสดงว่าอยู่คนละกลุ่มเฮตเทอโรซิสกัน โดยสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกับพันธุ์ทดสอบทั้งกลุ่ม Suwan และกลุ่ม Non-Suwan จัดเป็น กลุ่ม Intermediate สามารถจัดกลุ่มเฮตเทอโรซิสของสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากพันธุ์การค้าได้ 3 กลุ่ม และจำแนกกลุ่มเฮตเทอโรซิสดังแสดงใน Table 3 ได้แก่ กลุ่ม Suwan จำนวน 26 กลุ่มสายพันธุ์ ประกอบด้วย CP201-S₁, CP303-S₁, CP518-S₁, CP888 3G-S₁, CP888 New-S₁, CP906-S₁, PAC339-S₁, PAC777-S₁, PAC789-S₁, DK9898C-S₁, DK6818-S₁, P30B80-S₁, P4084-S₁, P4181-S₁, P4311-S₁, P4554-S₁, NK48-S₁, NK7328-S₁, TF222-S₁, SA282-S₁, LG36769-S₁, GT709-S₁, NS2-S₁, NS3-S₁, SW4452-S₁ และ KSX5731-S₁ กลุ่ม Non-Suwan จำนวน 10 กลุ่มสายพันธุ์ ประกอบด้วย CP639-S₁, PAC139-S₁, DK9901-S₁, DK9919C-S₁, DK9955-S₁, NK20-S₁, NK6248-S₁, Tubtimdaeng-S₁, KSX5720-S₁ และ KSX5819-S₁ และกลุ่ม Intermediate (ซึ่งเป็นกลุ่มเฮตเทอโรซิสที่ให้เฮตเทอโรซิสสูงกับทั้งกลุ่ม Suwan และกลุ่ม Non-Suwan) จำนวน 8 กลุ่มสายพันธุ์ ประกอบด้วย CP301-S₁, CP508-S₁, CP640-S₁, KKK Super-S₁, PAC559-S₁, PAC779-S₁, P4546-S₁ และ NK6253-S₁

เมื่อนำฝัก S₂ ของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์มาจำแนกขนาดเมล็ด รูปร่าง และชนิดของเมล็ด (Table 2) พบว่า ขนาดเมล็ดของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นขนาดใหญ่และขนาดกลาง ตามลำดับ ยกเว้นกลุ่มสายพันธุ์ จำนวน 6 กลุ่ม ได้แก่ PAC339-S₂, PAC779-S₂, DK9901-S₂, P4084-S₂, P4181-S₂ และ P4554-S₂ ที่มีขนาดเมล็ดส่วนใหญ่เป็นขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ สำหรับรูปร่างของเมล็ดของแต่ละกลุ่มสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีรูปร่างแบน ยกเว้น CP301-S₂ และ P4554-S₂ ที่มีอัตราส่วนเมล็ดรูปร่างกลมและแบนใกล้เคียงกัน โดยมีเมล็ดรูปร่างแบนมากกว่าเล็กน้อย และฝัก S₂ จากแต่ละกลุ่มสายพันธุ์มีอัตราส่วนชนิดของเมล็ดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ flint > semi-flint, flint < semi-flint, flint = semi-flint และ flint 100% นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการจัดกลุ่มเฮตเทอโรซิสจากข้อมูลผลผลิตเมล็ดร่วมกับค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ด รูปร่างเมล็ด และชนิดเมล็ดจากฝัก S₂ (Table 3) พบว่า ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของกลุ่ม Suwan มีทั้งขนาดเมล็ดใหญ่และขนาดเมล็ดกลาง รูปร่างเมล็ดแบน และชนิดของเมล็ดมีทั้งหัวแข็ง และกึ่งหัวแข็ง ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของกลุ่ม Non-Suwan ส่วนใหญ่มีขนาดเมล็ดใหญ่ รูปร่างเมล็ดแบน และชนิดของเมล็ดมีทั้งหัวแข็งและกึ่งหัวแข็ง ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของกลุ่ม Intermediate ส่วนใหญ่มีขนาดเมล็ดใหญ่ รูปร่างเมล็ดแบน และชนิดของเมล็ดมีทั้งหัวแข็งและกึ่งหัวแข็ง ซึ่งการที่ทั้ง 3 กลุ่มเฮตเทอโรซิสมีรูปร่างเมล็ดแบนอาจเนื่องจากเมล็ดที่สุ่มมาจากตรงกลางฝัก

Table 2 Seed traits and types from S₂ ears developed from 44 commercial field corn hybrids

S ₂ Ear	Seed trait						Seed type		
	Seed size				Seed shape		Flint (F)	Semi-flint (SF)	Seed color
	Extra Large	Large	Medium	Small	Round	Flat			
	----- % by weight -----				----- % -----		----- % -----		
CP201-S ₂	7.95	52.55	38.88	0.62	18.76	81.24	33	67	OY [^]
CP301-S ₂	2.11	61.41	35.86	0.62	46.42	53.58	83	17	OY [^]
CP303-S ₂	12.50	53.42	15.12	18.96	6.46	93.54	87	13	OY [^]
CP508-S ₂	18.12	64.09	17.60	0.19	6.54	93.46	44	13	OY [^]
CP518-S ₂	12.00	71.07	16.92	0.01	16.96	83.04	44	56	OY [^]
CP639-S ₂	15.97	69.82	13.97	0.24	14.98	85.02	40	60	OY [^]
CP640-S ₂	3.36	48.33	28.01	20.30	3.74	96.26	59	41	OY
CP888 3G-S ₂	4.52	91.86	3.62	0.00	5.02	94.98	80	20	OY
CP888 New-S ₂	1.03	57.63	40.51	0.83	27.34	72.66	50	50	OY [^]
CP906-S ₂	10.49	66.90	22.28	0.33	15.07	84.93	75	25	OY
KKK Super-S ₂	3.53	52.11	37.28	7.08	24.93	75.07	30	70	OY [^]
PAC139-S ₂	10.33	44.48	38.70	6.49	14.94	85.06	81	19	OY
PAC339-S ₂	11.71	36.18	45.74	6.37	2.81	97.19	69	31	OY
PAC559-S ₂	2.39	52.80	42.08	2.73	10.33	89.67	43	57	OY [^]
PAC777-S ₂	4.77	47.08	39.86	8.29	8.63	91.37	93	7	OY
PAC779-S ₂	2.99	35.06	49.83	12.12	8.46	91.57	35	65	OY [^]
PAC789-S ₂	7.97	58.50	33.43	0.10	7.12	92.88	80	20	OY
DK9898C-S ₂	35.01	51.69	13.23	0.07	6.30	93.70	75	25	OY
DK9901-S ₂	0.00	27.38	66.36	6.26	10.49	89.51	60	40	OY [^]
DK9919C-S ₂	6.35	75.06	18.52	0.07	19.82	80.18	64	36	OY [^]
DK9955-S ₂	7.62	56.99	33.72	1.67	24.43	75.57	41	59	OY [^]
DK6818-S ₂	13.98	69.26	16.51	0.25	18.51	81.49	59	41	OY
P30B80-S ₂	12.18	53.41	31.01	3.40	12.95	87.05	86	14	OY [^]
P4084-S ₂	8.10	37.05	51.74	3.11	11.07	88.93	77	23	OY [^]
P4181-S ₂	0.19	19.43	65.68	14.70	22.36	77.64	94	6	OY
P4311-S ₂	10.57	77.08	12.35	0.00	9.38	90.62	76	24	OY
P4546-S ₂	14.67	76.24	8.92	0.17	8.27	91.73	40	60	OY [^]
P4554-S ₂	0.71	31.49	40.61	27.19	42.36	57.64	82	12	OY [^]
NK20-S ₂	9.97	77.65	11.82	0.56	13.40	86.60	69	31	OY
NK48-S ₂	12.80	78.92	8.24	0.04	17.42	82.58	70	30	OY
NK6248-S ₂	22.87	67.56	9.53	0.04	11.16	88.84	100	0	OY
NK6253-S ₂	6.15	53.22	40.62	0.01	1.89	98.11	34	66	OY [^]
NK7328-S ₂	31.52	64.94	3.54	0.00	3.06	96.94	59	41	OY [^]
TF222-S ₂	36.13	41.95	21.70	0.22	10.57	89.43	95	5	OY
SA282-S ₂	6.59	58.36	33.90	1.15	18.56	81.44	75	25	OY [^]
LG36769-S ₂	12.91	62.39	24.01	0.69	15.24	84.76	68	32	OY
GT709-S ₂	6.71	69.38	22.81	1.10	6.98	93.02	39	61	OY [^]
Tubtimdaeng-S ₂	8.55	59.01	32.42	0.02	3.59	96.41	92	8	OY [^]
NS2-S ₂	12.95	57.79	29.02	0.24	16.22	83.78	98	2	OY
NS3-S ₂	12.22	79.82	7.96	0.00	1.69	98.31	71	29	OY [^]
SW4452-S ₂	18.13	65.26	16.54	0.07	22.67	77.33	94	6	OY
KSX5720-S ₂	2.30	61.64	35.86	0.20	24.32	75.68	80	20	OY [^]
KSX5731-S ₂	28.91	60.61	10.38	0.10	14.10	85.90	53	47	OY
KSX5819-S ₂	3.60	47.80	23.32	25.28	9.65	90.35	44	56	OY [^]

Table 3 Heterotic group identification for S₁ lines and average seed traits and types from S₂ ears developed from 44 commercial field corn hybrids

S ₁ Line	Heterotic group			S ₂ Ear		
	Suwan	Non-Suwan	Intermediate	Seed size	Seed shape	Seed type
CP201-S ₁	✓			L	Flat	SF
CP301-S ₁			✓	L	Flat	F
CP303-S ₁	✓			L	Flat	F
CP508-S ₁			✓	L	Flat	F
CP518-S ₁	✓			L	Flat	SF
CP639-S ₁		✓		L	Flat	SF
CP640-S ₁			✓	L	Flat	F
CP888 3G-S ₁	✓			L	Flat	F
CP888 New-S ₁	✓			L	Flat	F/SF
CP906-S ₁	✓			L	Flat	F
KKK Super-S ₁			✓	L	Flat	SF
PAC139-S ₁		✓		L	Flat	F
PAC339-S ₁	✓			M	Flat	F
PAC559-S ₁			✓	L	Flat	SF
PAC777-S ₁	✓			L	Flat	F
PAC779-S ₁			✓	M	Flat	SF
PAC789-S ₁	✓			L	Flat	F
DK9898C-S ₁	✓			L	Flat	F
DK9901-S ₁		✓		M	Flat	F
DK9919C-S ₁		✓		L	Flat	F
DK9955-S ₁		✓		L	Flat	SF
DK6818-S ₁	✓			L	Flat	F
P30B80-S ₁	✓			L	Flat	F
P4084-S ₁	✓			M	Flat	F
P4181-S ₁	✓			M	Flat	F
P4311-S ₁	✓			L	Flat	F
P4546-S ₁			✓	L	Flat	SF
P4554-S ₁	✓			M	Flat	F
NK20-S ₁		✓		L	Flat	F
NK48-S ₁	✓			L	Flat	F
NK6248-S ₁		✓		L	Flat	F
NK6253-S ₁			✓	L	Flat	SF
NK7328-S ₁	✓			L	Flat	F
TF222-S ₁	✓			L	Flat	F
SA282-S ₁	✓			L	Flat	F
LG36769-S ₁	✓			L	Flat	F
GT709-S ₁	✓			L	Flat	SF
Tubtimdaeng-S ₁		✓		L	Flat	F
NS2-S ₁	✓			L	Flat	F
NS3-S ₁	✓			L	Flat	F
SW4452-S ₁	✓			L	Flat	F
KSX5720-S ₁		✓		L	Flat	F
KSX5731-S ₁	✓			L	Flat	F
KSX5819-S ₁		✓		L	Flat	SF

L= Large, M = Medium, F = Flint, SF = Semi-flint

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์โดยใช้ผลผลิตเมล็ดของลูกผสมทดสอบ โดยตัวทดสอบเป็นตัวทดสอบที่ดีที่สุด ได้จำแนกกลุ่มเฮเทอโรซิสไว้ชัดเจน และมีการใช้กันอย่างกว้างขวางนั้น สามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์ได้ นอกจากนี้เมื่อมีข้อมูลขนาดเมล็ด รูปร่างของเมล็ด และชนิดของเมล็ด จะสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกคู่ผสมเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสมได้

สรุป

สายพันธุ์ที่พัฒนามาจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์การค้ามีศักยภาพในการนำไปพัฒนาสายพันธุ์สำหรับการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มเฮเทอโรซิสของสายพันธุ์โดยใช้ลักษณะผลผลิตเมล็ด และใช้ข้อมูลขนาดเมล็ด รูปร่างของเมล็ด และชนิดของเมล็ด ประกอบการตัดสินใจในการเลือกคู่ผสมเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์และพันธุ์ลูกผสมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์วิรัชชัย ประศาสน์ศรีสุภาพ ผู้ทรงคุณวุฒิพิเศษภาควิชาพืชไร่นา ที่ช่วยพัฒนาแนวความคิดในการวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งให้คำแนะนำปรึกษาในเรื่องของทฤษฎีและเทคนิคในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดตร. สรรเสริญ จำปาทอง ที่ให้ความอนุเคราะห์สายพันธุ์ทดสอบของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยพืชไร่นาสรรวรรค์ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สายพันธุ์ทดสอบของกรมวิชาการเกษตร และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2563. <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2564/commodity2563.pdf>, 10 ธันวาคม 2564.

จุฑามาศ ร่มแก้ว, สุจินต์ เชนวีวัฒน์, สุริพัฒน์ ไทยเทศ, และคณะ. 2564. ลักษณะประจำพันธุ์สายพันธุ์แท้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 64 สายพันธุ์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเชิงการค้า โดยการบูรณาการงานวิจัยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของภาครัฐ, สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562.

Bari, M.A.A., Carena, M.J., Pereira, M.G. 2016. Identification of heterotic patterns between expired proprietary, NDSU, and industry short-season maize inbred lines. *Crop. Breed. Appl. Biotechnol.* 16: 274–281. doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a42

Jompuk, C., Samphantharak, K., Chowchong, S. 2000. Genetic diversity of corn hybrids from different sources in Thailand as verified by their heterotic pattern and inbreeding depression. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 34: 205–209.

Melchinger, A.E. 1999. Genetic diversity and heterosis, In: Coors, J.G., Pandey, S. (Eds.). *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. CSSA-SP. Wisconsin, WI, USA, pp. 99–118.

Phumichai, C., Dounghan, W., Puddhanon, P., Jampatong, S., Grudloyma, P., Kirdsri, C., Chunwongse, J., Pulam, T. 2008. SSR-based and grain yield-based diversity of hybrid maize in Thailand. *Field Crops Res.* 108: 157–162.

Popp, J.C., Brumm, T.J. 2003. The effect of corn seed sizing methods on seed quality. ASAE Meeting Presentation, Paper No. 036109.

Suwanatape, T., Jampatong, S., Jompuk, C. 2020. Genetic diversity of commercial field corn hybrids in Thailand as verified by SSR Markers and their inbreeding depression. CAST. 20: 429–439. doi: 10.14456/cast.2020.28.

Wang, Y., Zhang, X., Shi, X., Sun, C., Jin, J., Tian, R., Wei, X., Xie, H., Guo, Z., Tang, J. 2018. Heterotic loci identified for maize kernel traits in two chromosome segment substitution line test populations. Sci. Rep. 8: 11101. doi: 10.1038/s41598-018-29338-1

SCAR marker analysis on male sterility in American marigold (*Tagetes erecta* L.) breeding program

Krisada Sukwiwat^{a,b,*}, Jutamas Kumchai^a, Weenun Bundithya^a, Nuttha Potapohn^a

^aDepartment of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

^bAmeriseed International Company Limited, Chiang Mai-Maejo Road, Chiang Mai 50290, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: krisadadear@gmail.com

Abstract

In African marigolds, genetic male sterility system is being used for F₁ hybrid seed production. The objectives of this study were to 1) identify SCAR markers that were associated with sterility phenotype and 2) Identify genotypes among parental lines and progeny. SCAR marker namely SC-4 primers linked with male sterility was used to identify a male-sterile female and ten fertile males and also analyze the genetic relationships between parental lines and progeny. The results showed that the SC-4 primers could be used to distinguish male sterile from the fertile one. In addition, it could check the genotype among female parent: msms, male parent: MSMS, and F₁ hybrid: MSms. In conclusion, SC-4 primers could be used for marker-assisted selection of male-sterile plants in the marigold improvement program to save time and cost.

Keywords: Breeding, Marker-assisted selection (MAS), Seed production

Introduction

Marigold is commercially grown all over the world as ornamental, industrial crops, and medicinal purposes. Flower production of marigolds usually used F_1 hybrid seeds in order to obtain good quality flowers. Therefore, parental lines for seed production are very important. Due to the flower morphology of the marigold flower, capitulum type, is very difficult and costly to control proper pollination. Male sterility is one of the characteristics that can benefit seed production in marigolds (Tejaswini et al., 2016). Male sterility in marigolds is controlled by a recessive gene (ms) (Gupta et al., 1999).

In Thailand, the breeding program is conducted conventionally way. Thus, MAS might be able to assist in detecting interested characters i.e., male sterile, and ease breeding program to develop faster. Wang et al. (2010) developed a reliable system for identifying the genes involved in sterility in a total of 100 *T. erecta* plants including sterile and fertile plants of W205 and a two-type male sterile line. A total of 288 bands using Random amplification of polymorphic DNA (RAPD) primers was obtained, with one band of 980 bp co-segregated from fertile plants by primer G-02 (5'-GGCACTGAGG-3'). G-02-980 primer was an RAPD marker that could be used to distinguish between male and fertile seedlings. He et al. (2010) published an Amplified fragment length polymorphisms (AFLP) and Sequence characterized amplified region (SCAR)-based linkage map, they reported that the SCAR 4 marker was linked to male sterility in marigold and it was located at a distance of 0.3 cM from the sterility locus on the linkage map, indicating that it was tightly linked to the sterility gene. The use of molecular markers that provide for the genetic separation of progeny at each generation accelerates the selection process, resulting in more genetic advances per unit of time. Ability to significantly speed up that process of the breeding program (Kim et al., 2017).

Thus, this experiment aimed to 1) apply SCAR markers linked to sterility genes in the marigold population used in the breeding program at Ameriseed (International) company, Chiang Mai, Thailand, and 2) Identify genotypes among parental lines and progeny. The results could be an advantage in the breeding program and F_1 hybrid seed production.

Materials and Methods

Plant materials

Plant materials for the present study were selected from the marigold population resulting from breeding programs at Ameriseed company, Chiang Mai, Thailand. To detect genetic differences in sterility, apetaloid female 'FY1502AP' and ten fertile male parents were used. In addition, the genotypic identified among parental lines, female ('FY1502AP'), and male ('MY1502'), with progeny ('FY1502APxMY1502'), were analyzed (Fig. 1).

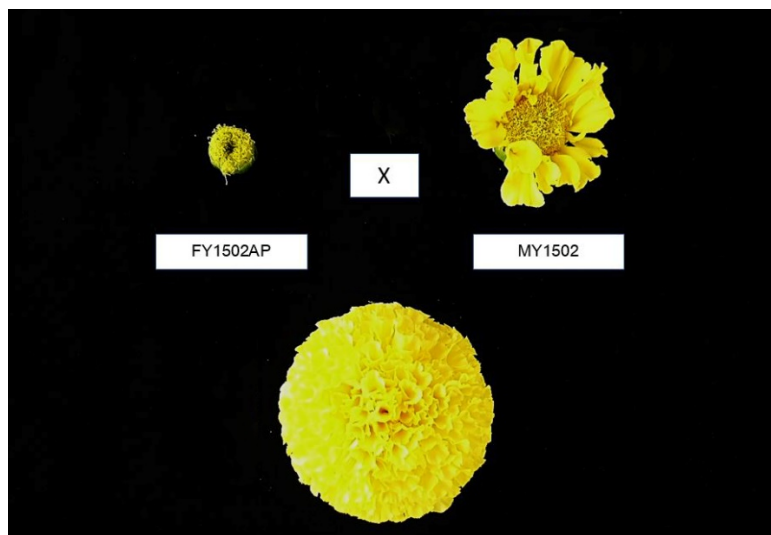


Fig. 1 Flowers of parental lines and their progeny

DNA amplification using SCAR markers

The molecular experiment was carried out at the Center of Excellence on Agricultural Biotechnology and Central Lab, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Seeds from all plant materials were sown. On 14-day after germination, the leaves of each plant were collected for DNA extraction (Doyle and Doyle, 1987). The SCAR primers (SC-4); SC-4F:5'-CGTCTAGTCCATGAAGGATGACTCT-3' and SC-4R:5'-CGAGCGGTATATGCTTGCATGT-3' (Integrated DNA technologies) linked to male sterility were employed (He et al., 2009). DNA from male fertile, female plants and their progenies was subjected to SCAR analysis. PCR was carried in 25 μ L volume containing, 50ng DNA template, 1 μ M forward primer (10 pmol/ μ L), 1 μ M reverse primer (10 pmol/ μ L), 0.2 mM dNTP mixture, 0.5 U Taq polymerase (Invitrogen, USA), 0.3 mM $MgCl_2$, 2.5 μ L 10xPCR buffer, and made to volume with DD H_2O . PCR conditions included an initial pre-denaturation step of 2 minutes at 94°C and followed by 34 cycles of amplification; each cycle was programmed for 94°C for 45 seconds, 60°C for 45 seconds, and 72°C for 45 seconds with a final extension step at 72°C for 10 minutes. Amplified DNA fragments were resolved by submerged horizontal electrophoresis in 1.8% agarose gel and visualized by staining with ethidium bromide. PCR amplification products were viewed under UV light then the results were analyzed.

Data analysis

The SCAR marker linked to sterility genes in the apetaloid female ('FY1502AP') and ten fertile male plants were tested. In addition, the relationship analysis among female ('FY1502AP'), male ('MY1502'), and progenies ('FY1502APxMY1502'), were analyzed by comparing DNA fragment sizes on agarose gel with 1000 bp DNA size markers (Solis BioDyne, Estonia).

Results

A molecular marker, SCAR primers (SC-4) derived from Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) primers (He et al., 2009), was used to identify genetic differences among apetalous male-sterile and ten males fertile. The results showed that SC-4 primers could identify differences between male-sterile and male-fertile flowers. The primer produced a 500 bp amplification product for the male-sterile plant and a 330 bp for male-fertile plants shown in Fig. 2.

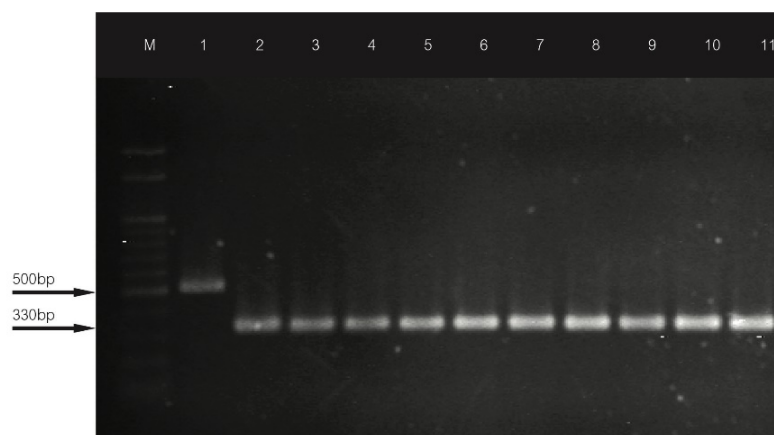


Fig. 2 DNA bands of male-fertile and female (male-sterile) plants using SC-4; (lane M) 1000bp DNA ladder (Solis BioDyne, Estonia); (lane 1) male-sterile 'FY1502AP'; and (lanes 2 to 11) male-fertile plants

Relationships among parental lines and progenies, apetaloid female parent ('FY1502AP'), male-fertile parent ('MY1502'), and petaloid progeny ('FY1502APxMY1502'), were analyzed using the SCAR technique. The results showed differences among parent lines and their progenies using SC-4 primers, female 'FY1502AP', gave an amplification DNA size 500 bp band whereas male parent 'MY1502' yielded DNA band at 330 bp, progenies derived 'FY1502APxMY1502' presented 2 bands shared from both parents (Fig. 3).

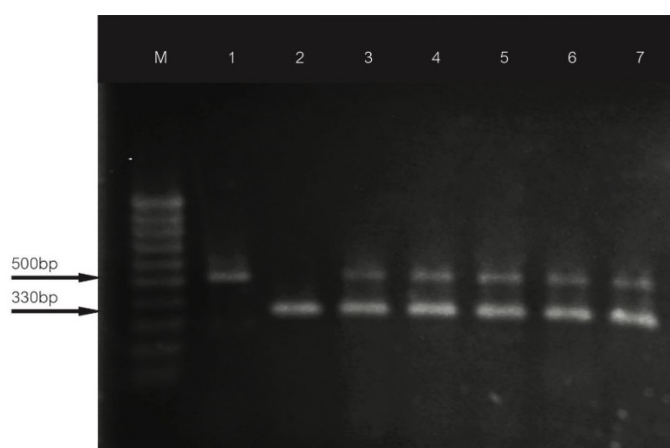


Fig. 3 DNA band of parental plants and progenies using SC-4 primers; (lane M)1000 bp ladder (Solis BioDyne, Estonia); (lane 1) female 'FY1502AP'; (lane 2) males fertile 'MY1502'; and (lines 3 to 7) individual progeny 'FY1502APxMY1502'

Discussion

Male sterility is necessary for breeding and seed production. It is essential to identify genes controlling male sterility (Hou et al., 2016). In this study, the molecular marker could assist in identifying genetic differences among male-sterile and ten males fertile of marigold using SCAR primers (SC-4) derived from SRAP primers in the company material (He et al., 2009). The results confirmed SC-4 primers could detect sterility genes as He et al. (2009) and Asha et al. (2019) described.

Relationship analysis among parental lines and progenies was evaluated. The results showed differences among parental lines and their progenies. This indicated that the SC-4 primers could be used as a marker to separate homozygous male sterile, the homozygous male is fertile and heterozygous sterility genes within the population (He et al., 2010). This primer could be used as marker-assisted selection for the recurrent parent without repeat self-pollination step, therefore, reducing the cost of improvement programs.

Conclusion

SC-4 primers could be used as a marker-assisted selection in the marigold improvement program. This primer could distinguish a male-sterile plant from the fertile one and determine genotypes within populations.

Acknowledgments

We would like to thank the Center of Excellence on Agricultural Biotechnology Chiang Mai University, for funding this research, Chiang Mai University Research Management Department for supporting Ph.D. students as part of the University's 50th-anniversary celebrations, and Ameriseed (International) Co., Ltd. Chiang Mai, Thailand, for providing materials and field testing.

References

- Asha, K.M., Sane, A., Teja, S., Reddy, D., Patil, S.R., Cholin, S., Naika, M.B.N., Gunnaiah, R. 2019. Validation of SCAR marker linked to genetic male sterility in marigold: As a forward step towards the marker-assisted Breeding program. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8: 3373–3383. doi.org/10.20546 /ijcmas.2019.802.393
- Doyle, J.J., Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues. *Phytochem. Bull.* 19: 11–15.
- Gupta, Y.C., Raghava, S.P.S., Misra, R.L. 1999. Inheritance of male-sterile apetalous inflorescence in African marigold. *J. of Ornam. Hortic.* 2: 65–66.
- He, Y.H., Ning, G.G., Sun, Y.L., Qi, Y.C., Bao, M.Z. 2009. Identification of a SCAR marker linked to a recessive male-sterile gene (*Tems*) and its application in the breeding of marigold (*Tagetes erecta*). *Plant Breeding.* 128: 92–96. doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01536

- He, Y. H., Ning, G.G., Sun, Y.L., Hu, Y., Zhao, X.Y., Bao, M.Z. 2010. Cytological and mapping analysis of a novel male-sterile type resulting from spontaneous floral organ homeotic conversion in marigold (*Tagetes erecta* L.). Mol. Breeding. 26: 19–29. doi.org/10.1007/s11032-009-9372-x
- Hou, Z., Tang, D., Tang, N. 2016. Isolation and analysis of differentially expressed genes between male fertile and male-sterile flower buds of marigold (*Tagetes erecta* L.). Pak. J. Bot. 48: 2423–2431.
- Kim, J., Kim, D.S., Lee, E.S., Ahn Y.K., Chae W.B., Lee S.S. 2017. The construction of a Chinese cabbage marker-assisted backcrossing system using high-throughput genotyping technology. Hortic Sci Technol. 35: 232–242. doi.org /10.12972/kjhst.20170026
- Tejaswini, A.S., Gadre, A., Ghatke, M. 2016. Characterization and utilization of three distinct male-sterile systems in marigold (*Tagetes erecta*). Indian J. Agric. Sci. 86: 1271–1276.
- Wang, Z., Yin, D., Wang, P., Zhao, J., Pan, B., Zhang, H. 2010. RAPD markers developed for identifying male sterility in *Tagetes erecta*. Acta. Hort. 855: 289–294. doi: 10.17660/ActaHortic.2010.855.43

ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนและหลังงอกแบบผสมรวมถึงในการควบคุมวัชพืชในแปลงอ้อย

Efficacy of pre-emergence and post-emergence herbicides of tank-mixed for weed control in sugarcane field

พรณิภา เป็ชัยศรี^a, นาเดีย เบ็ญวานิช^a, จุฑารัตน์ เอี่ยมบัว^a, ณัฐนนท์ สิทธิชัย^a, จุฑามาต ร่มแก้ว^b, ชัยสิทธิ์ ทองจู้^c, ทรงยศ โชติชูติมา^a, สรวุฑ รุ่งเมฆารัตน์^{a,*}
Phannipa Paechaisri^a, Nadia Benwanit^a, Jutharat Eiambua^a, Nuttanon Sittichai^a, Jutamas Romkaew^b, Chaisit Thongjoo^c, Songyos Chotchutima^a, Sarawut Rungmekharat^{a,*}

^aภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^cภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand

^cDepartment of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: paerung@yahoo.com

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนและหลังงอกแบบผสมรวมถึงในการควบคุมวัชพืชในแปลงอ้อย ณ อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+124.7, 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam + hexazinone/diuron อัตรา 12+300 และ 16+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+30 และ 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก tembotrione&isoxadifen + hasten+atrazine อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 12+40+80 และ 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับเดียวกันนานถึง 60 วันหลังพ่นสาร สามารถควบคุมหญ้าขนสีชมพู และโคกกระสุน และสารกำจัดวัชพืชแสดงอาการเป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นอ้อยในระยะแรก

คำสำคัญ: ควบคุมวัชพืช, สารป้องกันกำจัดวัชพืช, ผสมรวมถึง, อ้อย

Abstract

Efficacy of pre-emergence and post-emergence herbicides of tank-mixed for weed control in sugarcane field was studied at U-Thong District, Suphan buri Province. The experimental design was used to randomized complete block. The results showed that efficiency of pre-emergence herbicides of indaziflam + sulfentrazone rate 12+124.7, 16+124.7 and 24+124.7 g ai/rai indaziflam+hexazinone/diuron rate 12+300 and 16+300 g ai/rai and indaziflam+trifamone rate 12+30 and 12+40 g ai/rai and post-emergence herbicide of tembotrione&isoxadifen+hasten+atrazine rate 40+80+150 g ai/rai and indaziflam + tembotrione&isoxadifen + hasten rate 12+40+80 and 16+40+80 g ai/rai were good weed control at the same level for 60 days after application. It can control Echinochloa colona and Tribulus terrestris L. These herbicides were show slightly toxicity to sugarcane in the early stages.

Keywords: Herbicides, Sugarcane, Tank mix, Weed control

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทราย พืชพลังงานทดแทนใช้ในการผลิตเอทานอล และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ อีกมากมาย โดยปีการผลิต 2563/64 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยเกือบทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญอยู่ในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อย 10.86 ล้านไร่ ปริมาณ ผลผลิตอ้อย 78.81 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 7.21 ตันต่อไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2564) วัชพืชเป็นศัตรูพืชที่สำคัญของการปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลง โดยวัชพืชจะขึ้นแข่งแย่งขันปัจจัยการเจริญเติบโต ทำให้อ้อยได้ความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมมากมาย ช่วงวิกฤตสำหรับการควบคุมวัชพืชควรอยู่ระหว่าง 3 ถึง 12 สัปดาห์หลังปลูกเพื่อป้องกันการสูญเสียผลผลิตอ้อยและน้ำตาลอย่างมากจากการแข่งขันของวัชพืช (Firehun et al., 2012) การใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีการจัดการที่สำคัญต่อระบบการปลูกอ้อย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีและสามารถควบคุมวัชพืชได้เป็นระยะเวลานานกว่าวิธีการอื่น ๆ และนอกจากนี้สามารถทดแทนการขาดแคลนแรงงานและค่าแรงสูงได้ ปัญหาวัชพืชในการปลูกอ้อย โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ ปัญหาวัชพืชที่เกิดขึ้นมาจากการปลูกในอ้อยที่ปลูกใหม่ และปัญหาวัชพืชที่งอกขึ้นมาใหม่ในแปลงอ้อยไว้ต่อ ภายหลังเก็บเกี่ยวอ้อยแล้ว ถ้าหากขาดการจัดการวัชพืชที่เหมาะสม และปล่อยให้มีการแข่งขันของวัชพืช อาจทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (กุลวิชัย วัชพืช, 2554) ปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยเป็นจำนวนมากการเลือกใช้นิเวศสารกำจัดวัชพืชอย่างถูกต้องและตรงตามชนิดของวัชพืชที่ขึ้นภายในแปลงทำให้สามารถจัดการวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืชที่ใช้ทางดินซึ่งสารเหล่านั้นควบคุมวัชพืชได้ในระยะเวลา 1-2 เดือน อ้อยที่ขึ้นอยู่ในไร่ควรจะให้ปลอดวัชพืช 3-4 เดือน นับจากเริ่มปลูก และไม่ควรรื้อวัชพืชขึ้นเบียดเบียนนานถึง 2 เดือน มิฉะนั้น ผลผลิตอ้อยจะสูญเสียตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจนถึงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (เกลียวพันธ์, 2546) จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกอ้อยของอภิรัฐ (2562) พบว่าการใช้สาร diuron/hexazinone อัตรา 210.6+59.4 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam อัตรา 8 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร imazapic + pendimethalin อัตรา 12+148.5 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่และสาร sulfentrazone อัตรา 76.8 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับเดียวกันและไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกภายใต้วิธีการปลูกอ้อยทั้งแบบแถวเดี่ยวและแถวคู่อ้อยอย่างไรก็ตาม การใช้สาร diuron/hexazinone และสาร indaziflam ควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดมากที่สุด การใช้สาร indaziflam ควบคุมวัชพืชได้หลายชนิดโดยใช้สารอัตราที่ต่ำกว่าการใช้สาร diuron/hexazinone ดังนั้น สาร indaziflam จึงสามารถใช้เป็นสารทางเลือกชนิดใหม่ในแปลงปลูกอ้อยได้ ประจักษ์ และคณะ (2562) รายงานว่าการใช้สารคู่ผสม indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ควบคุมวัชพืชได้ดีที่ 90-120 วัน หลังพ่นสาร จึงนำมาใช้ร่วมกับการจัดการวัชพืชแบบผสมผสานในไร่อ้อย นอกจากนี้การใช้สารเพิ่มประสิทธิภาพ (adjuvants) เช่น สารจับใบ (surfactant) หรือสารเปียกใบ (wetting agent) ร่วมกับสารป้องกันกำจัดวัชพืชจะช่วยเพิ่มการซึมเข้าสู่ภายในใบ ทำให้ใบเปียกมากยิ่งขึ้นและใบสามารถรับเอาสารมากยิ่งขึ้น สารจับผิวซึ่งทำหน้าที่เป็นสารลดการระเหย (Humectant) ทำให้สารเข้าสู่ใบพืชได้มากขึ้นเพราะทำให้ละอองสารแห้งช้าลง (รังสิต, 2547) การกำจัดวัชพืชในแปลงอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องใช้หลายวิธีการร่วมกันตั้งแต่การปลูก การเขตกรรม การเก็บเกี่ยว และการดูแลรักษาต่ออ้อย เป็นต้น และการใช้สารป้องกันกำจัดวัชพืชอาจทำให้เกิดปัญหาในภายหลังหากใช้ไม่ถูกต้องหรือเกิดความผิดพลาด ย่อมทำให้มีความสูญเสียเกิดขึ้นตามมา โดยทั่วไปเกิดจาก ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ และขาดความระมัดระวังขณะใช้งาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนและหลังงอกและอัตราการใช้แบบผสมรวมถึงในการควบคุมวัชพืชในแปลงอ้อย เพื่อให้ได้วิธีการจัดการวัชพืชที่มีเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการในแปลงเกษตรกร อำเภออุ้มผาง จังหวัดสุพรรณบุรี เดือน พฤษภาคม 2563 ถึง กุมภาพันธ์ 2564 เตรียมแปลงโดยการ ไถตะ 1 ครั้งด้วยผาน 3 และไถแปร 1 ครั้งด้วยผาน 7 และยกร่อง ขนาดร่องอ้อยกว้าง 1.5 เมตร ปลูกอ้อยโดยใช้คนปลูก ขนาดแปลงย่อย กว้าง 7.5 เมตร (ร่องอ้อย 5 ร่อง) ยาว 5 เมตร เว้นทางเดิน 1 เมตร ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ไร่ปุ๋ยรองพื้น สูตร 16-8-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และที่ 90 วันหลังปลูก อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ พ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชหลังปลูกอ้อย 1 วัน และหลังปลูกอ้อย 21 วัน วัชพืชมีใบ 3-5 ใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 12 กรรมวิธี 3 ซ้ำ พ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกหลังปลูกอ้อย 1 วัน (8 กรรมวิธี) ได้แก่ indaziflam 50% SC+sulfentrazone 48% SC อัตรา 12+124.7, 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ สาร indaziflam 50% SC+ hexazinone/diuron 13.2+ 46.8% WP อัตรา 12+300, 16+300 และ 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam 50% SC+trifluralin 20% SC อัตรา 12+30 และ 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ และพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอกที่ 15 วันหลังปลูก (3 กรรมวิธี) ได้แก่ สาร tembotrione&isoxadifen 63%SC+fasten+atrazine 90% WC อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับและสาร indaziflam 50% SC+tembotrione&isoxadifen 63% SC+fasten อัตรา 12+40+80 และ 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นสารด้วยถังโยกแบบสะพายหลัง (knapsack sprayer) อัตราน้ำที่ใช้ 80 ลิตรต่อพื้นที่ไร่ หัวพ่นแบบฝ้า (T-jet)

การบันทึกข้อมูล

1. ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นอ้อย โดยประเมินความเป็นพิษด้วยสายตา มีเกณฑ์ประเมิน คือ 0 = ไม่เป็นพิษ 10-30 = เป็นพิษเล็กน้อย 40-60 = เป็นพิษปานกลาง 70-90 = เป็นพิษรุนแรง และ 100 = พืชปลูกตาย ที่ 15, 30 และ 60 วัน หลังจากพ่นสาร (พ่นสารแบบก่อนงอก) และที่ 15, 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร (พ่นสารแบบหลังงอก) ในแต่ละกรรมวิธี

2. ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดวัชพืช โดยประเมินผลของประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชด้วยสายตา มีเกณฑ์ประเมินคือ 0 = ควบคุมวัชพืชไม่ได้ 10-30 = ควบคุมวัชพืชได้เล็กน้อย 40-60 = ควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง 70-90 = ควบคุมวัชพืชได้ดี และ 100 = ควบคุมวัชพืชได้สมบูรณ์ หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 15, 30, 60 และ 90 วัน (พ่นสารแบบก่อนงอก) และที่ 15, 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร (พ่นสารแบบหลังงอก)

3. การเจริญเติบโตของอ้อย

3.1 ความสูงของต้น วัดความสูงโดยสุ่มตัวอย่าง 10 ต้น ในแต่ละแปลงย่อยที่ 30 และ 90 วันหลังปลูก

3.2 จำนวนลำตอกอ โดยนับจำนวนลำตอกอของต้นอ้อย 10 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย ที่ 30 และ 90 วันหลังปลูก

4. น้ำหนักแห้งและจำนวนวัชพืชหลังฉีดพ่นสาร ที่ระยะ 90 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช สุ่มนับจำนวนต้นวัชพืช ในแต่ละแปลงย่อย โดยใช้กรอบสี่เหลี่ยม (quadrat) ขนาด 0.5×0.5 เมตร สุ่มเก็บวัชพืช 2 จุด และชั่งน้ำหนักแห้งของวัชพืช

5. ผลผลิตอ้อย

เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย โดยสุ่มผลผลิตของต้นอ้อย โดยสุ่มจำนวน 2 ร่องกลาง ยาว 1.5 เมตร ชั่งน้ำหนัก ในแต่ละแปลงย่อย คำนวณผลผลิตเป็นตันต่อไร่

6. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของข้อมูล และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป R Stat

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบก่อนงอกและหลังงอกเพื่อควบคุมวัชพืชในไร่ อ้อย พบวัชพืชในแปลงประเภทวัชพืชใบกว้าง ได้แก่ โคกกระสุน (*Tribulus terrestris* L.) วัชพืชใบแคบวงศ์หญ้า คือ หญ้า นกสีชมพู (*Echinochloa colana* L.) และวัชพืชใบแคบวงศ์กก ได้แก่ เห็บหมู (*Cyperus rotundus* L.)

ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้านอ้อยจากการประเมินด้วยสายตา ที่ระยะ 15 และ 30 วันหลังพ่นสาร พบว่าสารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมทั้งแบบก่อนงอกและหลังงอกที่ใช้ทดสอบมีความเป็นพิษต่ออ้อยเล็กน้อย และเมื่อที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร อ้อยเจริญเติบโตเป็นปกติ ไม่แสดงอาการได้รับพิษจากสารกำจัดวัชพืช (Table 1)

ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบก่อนงอกมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชระดับดีเมื่อประเมินด้วยสายตา โดยการใช้สารกลุ่มผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+124.7, 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 12+300, 16+300 และ 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+30 และ 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 70.00–83.33 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบหลังงอก คือ การใช้สาร tembotrione&isoxadifen+hasen+atrazine อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasen อัตรา 12+40+80 และ 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีถึงดีมากเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 80.00–96.00 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ (Table 1) ที่ระยะ 30 วันหลังพ่นสาร การใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+ hexazinone/diuron อัตรา 12+300 และ 16+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+30 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในระดับดีเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 70.00–79.33 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สาร indaziflam+sulfentrazone 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในระดับปานกลางเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 65.76–69.76 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบหลังงอก indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasen อัตรา 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี เมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สาร tembotrione&isoxadifen+hasen+atrazine อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasen อัตรา 12+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ปานกลางเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 66.67–69.33 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ (Table 1) ที่ระยะ 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร การใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+124.7, 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 12+300, 16+300 และ 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+30 และ 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชในระดับปานกลางเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 40.00–66.00 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มผสมแบบหลังงอก คือ สาร tembotrione&isoxadifen+hasen+atrazine อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasen อัตรา 12+40+80 และ 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชระดับปานกลางเมื่อประเมินด้วยสายตาที่ 46.76–61.76 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืชที่ไม่สามารถควบคุมวัชพืชได้ (Table 1) สอดคล้องกับรายงานของ ปรัชญา และคณะ (2562) ว่าการใช้

สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชของแบบผสม indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+148 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ดีนาน 90-120 วัน หลังพ่นสาร ในอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3

จำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของวัชพืช การใช้สารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกมีผลต่อจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของวัชพืช ที่ระยะ 90 วันหลังพ่นสาร พบว่าสารป้องกันกำจัดวัชพืชผสมทั้งแบบก่อนงอกและหลังงอกที่ใช้ทดสอบมีจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืช โดยการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 12+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+30 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบหลังงอก indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ไม่พบหญ้ารกสีชมพูและโคกกระสุน แต่พบหญ้ารกสีชมพู ในการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบหลังงอก indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 12+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และพบโคกกระสุนในการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบก่อนงอก สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 16+300 และ 24+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+trifamone อัตรา 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบหลังงอก indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 12+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ซึ่งมีจำนวนวัชพืชและน้ำหนักแห้งน้อยกว่ากรรมวิธีการไม่พ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืช สำหรับวัชพืชแห้งพบพบว่าสารป้องกันกำจัดวัชพืชผสมทั้งแบบก่อนงอกและหลังงอกที่ใช้ทดสอบมีจำนวนต้นและน้ำหนักแห้งของวัชพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืช (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Amit et al. (2013) ว่าการเติมสารกำจัดวัชพืช indaziflam ร่วมกับสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นแบบผสมรวมถึงจะช่วยให้ควบคุมวัชพืชได้หลากหลายชนิดและมีระยะเวลาในการควบคุมวัชพืชนานมากขึ้น

ความสูงของต้นอ้อย พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนและหลังงอกทุกผสม และทุกอัตรา ไม่มีผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เมื่อประเมินที่ 30, 60 และ 90 วันหลังพ่นสาร และจำนวนลำตอกของอ้อยที่ระยะ 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร พบว่า ทุกกรรมวิธีในการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชทั้งแบบก่อนงอกและหลังงอกมีจำนวนลำอ้อยตอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชซึ่งมีจำนวนลำของอ้อยใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 1.31-1.89 และ 4.53-6.20 ลำตอกอ้อยตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชนิดและอัตราการใช้สารกำจัดวัชพืช ไม่มีผลต่อจำนวนลำตอกของอ้อย (Table 2)

การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมต่อผลผลิตอ้อย พบว่าทุกกรรมวิธีในการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชผสมทั้งแบบก่อนงอกและหลังงอกมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 8.79-6.22 ตัน/ไร่ มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชที่มีผลผลิต 5.57 ตัน/ไร่ ซึ่งการควบคุมวัชพืชควรอยู่ระหว่าง 3 ถึง 12 สัปดาห์หลังปลูกเพื่อป้องกันการสูญเสียผลผลิตอ้อยอย่างมากจากการแข่งขันของวัชพืช (Firehun et al., 2012) โดยการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบหลังงอก indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ให้ผลผลิตอ้อย 8.79 ตันต่อไร่ มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญและแตกต่างทางสถิติกับการใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบก่อนงอก การใช้สารกำจัดวัชพืชผสมแบบก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 16+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 16+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตอ้อย 6.85 และ 6.22 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Toxicity of herbicide and efficiency herbicides of weed on sugarcane at 15, 30 and 60 days in U-Thong District, Suphan buri Province

Treatment	Rate (g ai/rai)	Timing application	Toxicity ^{1/}				Herbicide Efficiency ^{2/}			
			15 DAA ^{3/}	30 DAA	60 DAA	90 DAA	15 DAA	30 DAA	60 DAA	90 DAA
1. Indaziflam+Sulfentrazone	12+124.7	PRE	20.00 a ^{4/}	10.00 a	0.00	0.00	73.33 a	65.67 a	58.33 a	46.67 a
2. Indaziflam+Sulfentrazone	16+124.7	PRE	20.00 a	13.33 a	0.00	0.00	70.00 a	66.67 a	56.67 a	40.00 a
3. Indaziflam+Sulfentrazone	24+124.7	PRE	13.33 ab	10.00 a	0.00	0.00	83.33 a	70.00 a	56.00 a	45.00 a
4. Indaziflam+Hexazinone/diuron	12+300	PRE	20.00 a	13.33 a	0.00	0.00	83.33 a	79.33 a	63.33 a	50.00 a
5. Indaziflam+Hexazinone/diuron	16+300	PRE	16.67 a	10.00 a	0.00	0.00	79.67 a	76.00 a	66.00 a	58.33 a
6. Indaziflam+Hexazinone/diuron	24+300	PRE	20.00 a	10.00 a	0.00	0.00	75.67 a	68.33 a	59.00 a	46.67 a
7. Indaziflam+Triafamone	12+30	PRE	13.33 ab	10.00 a	0.00	0.00	80.00 a	76.00 a	63.33 a	56.67 a
8. Indaziflam+Triafamone	12+40	PRE	16.67 a	10.00 a	0.00	0.00	76.67 a	69.67 a	59.33 a	46.67 a
9. Tembotrione&isoxadifen+Hasten+Atrazine	40+80+150	POST	13.33 ab	10.00 a	0.00	0.00	80.00 a	69.33 a	55.67 a	46.67 a
10. Indaziflam+Tembotrione&isoxadifen+Hasten	12+40+80	POST	13.33 ab	10.00 a	0.00	0.00	96.00 a	66.67 a	56.67 a	46.67 a
11. Indaziflam+Tembotrione&isoxadifen+Hasten	16+40+80	POST	16.67 a	10.00 a	0.00	0.00	96.00 a	75.00 a	61.67 a	50.00 a
12. Untreated Control	-	-	0.00 b	0.00 b	0.00	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
C.V. (%)			44.16	23.12	0.00	0.00	26.49	22.71	40.03	53.56

^{1/}Visual Phytotoxicity: 0 = no toxic, 100 = dead plant

^{2/}Herbicide Efficiency; Visual rating : 0 = no control ;100 = completely

^{3/}DAA = days after application, PRE = pre-emergence, POST = post-emergence

^{4/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by DMRT

Table 2 Number of weed by species, dry weight, Plant height, tiller at 30 and 90 days after application and yield of sugarcane in U-Thong District, Suphan buri Province

Treatment	Rate (g ai/rai)	Timing application	Number of weed (plant)			Dry weight of weed (g)			Plant height (cm)		Tiller		Yield ton/rai
			ECHCO	TRITE	CYPRO	ECHCO	TRITE	CYPRO	30 DAA	90 DAA	30 DAA	90 DAA	
1. Indaziflam+Sulfentrazone	12+124.7	PRE	5.00b ^{1/}	0.00b	10.00 ^{ns}	6.40b	0.00b	26.93 ^{ns}	7.60 ^{ns}	63.87 ^{ns}	1.47 ^{ns}	4.93 ^{ns}	7.98ab
2. Indaziflam+Sulfentrazone	16+124.7	PRE	0.00b	0.00b	20.00	0.00b	0.00b	40.45	7.74	64.87	1.53	5.53	6.85b
3. Indaziflam+Sulfentrazone	24+124.7	PRE	0.00b	0.00b	14.00	0.00b	0.00b	28.30	7.38	65.13	1.40	5.67	8.35ab
4. Indaziflam+Hexazinone/diuron	12+300	PRE	0.00b	0.00b	15.00	0.00b	0.00b	27.21	8.38	66.13	1.89	6.20	7.62ab
5. Indaziflam+Hexazinone/diuron	16+300	PRE	0.00b	1.00b	14.00	0.00b	1.15b	31.96	7.89	61.33	1.78	5.87	6.22b
6. Indaziflam+Hexazinone/diuron	24+300	PRE	1.00b	1.00b	10.67	0.05b	0.09b	20.18	7.12	68.00	1.31	4.53	7.11ab
7. Indaziflam+Triafamone	12+30	PRE	0.00b	0.00b	21.00	0.00b	0.00b	37.99	7.34	64.67	1.51	5.27	8.25ab
8. Indaziflam+Triafamone	12+40	PRE	1.00b	2.00b	16.67	0.41b	1.46b	35.81	8.38	63.67	1.47	5.00	7.55ab
9. Tembotrione&isoxadifen+Hasten+Atrazine	40+80+150	POST	0.00b	2.00b	23.00	0.00b	1.33b	48.93	7.74	61.33	1.67	5.33	7.80ab
10. Indaziflam+Tembotrione&isoxadifen+Hasten	12+40+80	POST	4.00b	1.00b	13.33	3.26b	1.17b	19.02	7.79	61.33	1.56	5.30	7.19ab
11. Indaziflam+Tembotrione&isoxadifen+Hasten	16+40+80	POST	0.00b	0.00b	10.00	0.00b	0.00b	18.74	8.13	69.67	1.75	5.73	8.79a
12. Untreated Control	-	-	15.00a	5.00a	11.67	18.74a	5.0 a	28.16	7.36	62.00	1.67	5.47	5.57c
C.V. (%)			198.27	196.43	79.51	310.38	284.63	89.46	11.27	6.38	24.83	19.94	15.92

^{1/}Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at 95% by DMRT

ns = non-significant, DAA = days after application, PRE = pre-emergence, POST = post-emergence

Grassy Weed: ECHCO=*Echinochloa colana* L., Broadleaves weeds: TRITE=*Tribulus terrestris* L. Sedge: CYPRO=*Cyperus rotundus* L.

สรุป

การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอกและหลังงอกในการควบคุมวัชพืชในแปลงอ้อย พบว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก indaziflam+sulfentrazone อัตรา 12+124.7, 16+124.7 และ 24+124.7 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ สาร indaziflam+hexazinone/diuron อัตรา 12+300 และ 16+300 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+trifluralin อัตรา 12+30 และ 12+40 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก tembotrione&isoxadifen+hasten+atrazine อัตรา 40+80+150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และสาร indaziflam+tembotrione&isoxadifen+hasten อัตรา 12+40+80 และ 16+40+80 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีในระดับเดียวกันนานถึง 60 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช โดยสามารถควบคุมวัชพืชประเภทใบแคบวงศ์หญ้าและใบกว้างได้คือ หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colana*) และโคกกระสุน (*Tribulus terrestris* L.) สารกำจัดวัชพืชทุกคู่ผสมแสดงอาการเป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นอ้อยในระยะแรกหลังจากนั้นอ้อยจะเจริญเติบโตเป็นปกติไม่แสดงอาการได้รับพิษ และมีผลผลิตอ้อยมากกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการพ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืช และการใช้สารกำจัดวัชพืชทุกกรรมวิธีไม่มีผลกระทบต่อความสูง และจำนวนลำต่อกออ้อย ดังนั้นการใช้สารกำจัดวัชพืชทุกคู่ผสมดังกล่าวแบบผสมรวมถึงจึงสามารถใช้เป็นทางเลือกใหม่เพื่อควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกอ้อยได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด ที่สนับสนุนทุนและวัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิจัย และทีมงานวิจัย ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

เอกสารและการอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2554. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เกลียวพันธ์ สุวรรณรักษ์. 2546. วัชพืชในไร่อ้อยและการป้องกันกำจัด. เอกสารวิชาการอ้อย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ปรัชญา เอกสิน, ยุวรรณ อนันตมณี, จรรยา มณีโชติ. 2562. ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก (pre-emergence herbicide) ผสมร่วมกับประเภทพ่นหลังจากวัชพืชงอก (post-emergence herbicide) ในอ้อย. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2562 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ, หน้า 259–264.
- รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. สารป้องกันกำจัดวัชพืช: พื้นฐานและวิธีการใช้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/64. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง, กรุงเทพฯ.
- อภิรัฐ บัณฑิต. 2562. การประเมินประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชแบบก่อนงอกสำหรับการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกอ้อย. วารสารเกษตร 35: 413–423.
- Amit, J.J., Analiza, H.M.R., Megh, S. 2013. Tank mixing saflufenacil, glufosinate, and indaziflam improved burndown and residual weed control. *Weed Technol.* 27: 422–429. doi.org/10.1614/WT-D-12-00141.1
- Yirefu, F., Tana, T., Tafesse, A., T., Zekarias, Y. 2012. Competitive ability of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars to weed interference in sugarcane plantations of Ethiopia. *Crop Prot.* 32: 138–143 doi.org/10.1016/j.cropro.2011.10.016

สาขาพืช
(Subject: Plants)

ภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)

ความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดมะระที่ได้รับผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา

Seed storability of bitter gourd seeds as affected by temperatures and storage times

สรยุทธม์ ศรีทัศน์, พิจิตรา แก้วสอน*, ปริยานุช จุลกะ, นิตยา ชูเกาะ

Sorayoot Srithat, Pichittra Kaewsorn*, Pariyanuj Chulaka, Nittaya Chookoh

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

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

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะระเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุเมล็ดในถุงซีปอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 เดือน จัดสิ่งทดลองแบบ 2×9 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อุณหภูมิ ได้แก่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 เดือน ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะระ การเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 24 เดือน โดยเมล็ดมีความงอก 71.0% เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% คือ 10.00 วัน และเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.51 วัน ในขณะที่เก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน โดยเมล็ดมีความงอก 73.0% เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% คือ 9.42 วัน และเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.26 วัน

คำสำคัญ: ความงอก, ถุงซีปอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท, เวลาเฉลี่ยในการงอก, อายุการเก็บรักษาเมล็ด

Abstract

The effects of temperature and storage period on seed quality of bitter gourd were studied in order to evaluate the seed storability. Seeds were packed in sealed aluminum foil bags and stored at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 24 months. The experiment was arranged in 2×9 factorial in the completely randomized design, which was 2 factors including factor A was the temperature: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ as well as factor B was storage period: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 and 24 months. The results showed that temperatures and storage periods affected on seed quality of bitter gourd. Bitter gourd stored seeds at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ could be stored up to 24 months, which had 71.0% germination, 10.00 days of time to reach 50% germination (T_{50}) and 10.51 days of mean germination time (MGT). In contrast, stored seeds at $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ could be stored up to 15 months, which had 73.0% germination was, 9.42 days of T_{50} and 10.26 days of MGT.

Keywords: Germination, Mean germination time, Sealed aluminum foil bags, Seed storability

คำนำ

คุณภาพเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดความสามารถในการงอกหรือความสามารถในการเก็บรักษา (Copeland and McDonald, 1995) ปัจจุบันผู้ปลูกมักนิยมเลือกซื้อเมล็ดพันธุ์จากร้านจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดที่วางจำหน่ายจะอยู่ในรูปแบบซองบรรจุในอะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminum foil) (รัชวรรณ, 2558) แต่ร้านจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่มักวางเมล็ดพันธุ์ไว้บริเวณหน้าร้าน ซึ่งเป็นสภาพการเก็บรักษาที่ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นผลให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้ หรือบางครั้งผู้ปลูกเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไม่เหมาะสมก่อนจะนำไปปลูก ส่งผลให้คุณภาพและการงอกของเมล็ดลดลง ซีพสุมล (2534) ศึกษาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะระจีนพันธุ์พื้นเมือง ในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 10°C, 20°C และอุณหภูมิห้อง (30–35°C) เป็นเวลา 14 เดือน พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 10°C และ 20°C ทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการสูงกว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิห้อง (86%, 79% และ 59% ตามลำดับ) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะระที่วางจำหน่ายในร้านค้า โดยบรรจุเมล็ดในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิ 25±2°C (ห้องปรับอากาศ) และ 30±2°C (ห้องปกติ) เป็นเวลา 24 เดือน เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์และลดความเสี่ยงจากการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะระ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะระพันธุ์ลูกผสม (F₁ hybrid) ที่มีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ ความงอก 97% มาบรรจุในถุงซิปลอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 25±2°C และ 30±2°C เป็นเวลา 24 เดือน จัดตั้งทดลองแบบ 2x9 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อุณหภูมิ มี 2 ระดับ ได้แก่ 25±2°C และ 30±2°C และปัจจัย B คือ ระยะเวลาเก็บรักษา มี 9 ระดับ ได้แก่ 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 เดือน จากนั้นนำเมล็ดมาทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกๆ 3 เดือน ดังนี้

บันทึกข้อมูล

1. ความงอก เพาะเมล็ดมะระด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้น (between paper; BP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด นำไปไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิสลับ 20↔30°C ประเมินความงอกครั้งแรก (first count) ที่ 4 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติ และนับครั้งสุดท้าย (Final count) ที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด โดยประเมินต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก เมล็ดแข็ง และเมล็ดตาย (ISTA, 2018) คำนวณความงอกตาม Equation 1

$$\text{Germination (\%)} = \left(\frac{\text{Total normal seedlings}}{\text{Total seeds}} \right) \times 100 \quad (1)$$

2. เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% (time to reach 50% germination; T₅₀) นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วัน คำนวณ T₅₀ มีหน่วยเป็น วัน (Coolbear et al., 1984) ตาม Equation 2

$$T_{50} = t_i + \left\{ \frac{\left(\frac{N+1}{2}\right) \times (t_i - t_j)}{n_i - n_j} \right\} \quad (2)$$

โดย t_i = เวลาที่เมล็ดงอกได้ครั้งแรก, t_j = เวลาที่ถัดจากเวลา t_i, n_i = จำนวนเมล็ดงอก ณ เวลาที่ t_i, n_j = จำนวนเมล็ดที่งอก ณ เวลา t_j, N = จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมด

3. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วัน
คำนวณ MGT มีหน่วยเป็น วัน (Ellis and Roberts, 1980) ตาม Equation 3

$$MGT = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (3)$$

โดย n = จำนวนต้นอ่อนปกติในวันที่ 1, 2, ..., 14 วันหลังเพาะเมล็ด, d = จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance เพื่อหาค่า F-test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสถิติ R

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความงอก

การเก็บรักษาเมล็ดมะระที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ มีความงอกสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ คือ 84.3% และ 79.4% ตามลำดับ เพราะการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเมล็ด กระบวนการทางสรีรวิทยา และกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น การหายใจ และการทำงานของเอนไซม์ที่ต่ำ เมล็ดมีการใช้อาหารสะสมน้อยลง ส่งผลให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพช้ากว่าการเก็บเมล็ดที่อุณหภูมิสูง (วันชัย, 2553)

การเก็บรักษาเมล็ดมะระเป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) มีความงอกสูงที่สุด คือ 97.0% เมื่อเก็บรักษาเมล็ดเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นมีผลทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 24 เดือน มีความงอกต่ำที่สุด คือ 64.8% เพราะการเก็บรักษาเมล็ดเป็นระยะเวลาสั้นส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ด โดยเมล็ดจะสะสมสารที่เป็นอันตราย เช่น โอลีฟิน (olefin) แอลเคน (alkane) แอลกอฮอล์ (alcohol) และสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compounds) (วันชัย, 2553) นอกจากนี้เมล็ดมะระมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไขมัน 40% (Yoshime et al., 2016) เมื่อเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลานานจะมีผลทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระ เช่น Superoxide radical, Hydrogen peroxide และ Hydroxyl radical ที่จะส่งผลให้เซลล์เกิดความเสียหาย เนื่องจากกิจกรรมของสารอนุมูลอิสระ ซึ่งมักเกิดขึ้นที่เยื่อหุ้มเซลล์ (Benech-Arnold and Sanchez, 2004) จึงส่งผลให้เมล็ดเสื่อมสภาพ ดังนั้นความงอกของเมล็ดจึงลดลง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดมะระต่อความงอก พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 1) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ หรือ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลาเป็นเวลา 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษามีความงอกสูงที่สุด (0 เดือน) คือ 97.0% รองลงมาคือการรักษาที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 และ 9 เดือน คือ 93.5% และ 92.0% ตามลำดับ และไม่แตกต่างกับเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 เดือน คือ 91.5% ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 เดือน เมล็ดมีความงอกลดลงอย่างรวดเร็วและมีความงอกต่ำที่สุด คือ 58.0% ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน พ.ร.บ. พันธุ์พืช ฉบับปรับปรุง พ.ศ.

2556 กำหนดไว้ว่าเมล็ดต้องมีความงอกไม่น้อยกว่า 70% (ราชกิจจานุเบกษา, 2556) ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะระในสภาพที่เหมาะสม ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ สามารถเก็บรักษาได้นาน 24 เดือน หากเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ สามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 15 เดือน โดยเมล็ดยังคงมีความงอก 71.0% และ 73.0% ตามลำดับ ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเมล็ดน้อยกว่าประกาศมาตรฐานอายุการเก็บรักษาของสมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย โดยกำหนดการเก็บรักษาเมล็ดมะระไม่เกิน 18 เดือน ในสภาพการเก็บรักษาทั่วไป (อุณหภูมิประมาณ 30°C) (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย, 2564) ทั้งนี้เนื่องจาก การเก็บรักษาเมล็ดในสภาพอุณหภูมิสูง ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมของเมล็ด โดยอุณหภูมิจะไปกระตุ้นการหายใจ และการทำงานของเอนไซม์ให้สูงขึ้น มีผลให้เมล็ดสลายอาหารที่เก็บสะสมไว้ ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงและความงอกลดลง (วันชัย, 2553) เช่นเดียวกับ ซีพสมล (2534) รายงานถึงการเก็บรักษาเมล็ดมะระจีนที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอลิปิดสนิทที่อุณหภูมิ 10°C และ 20°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 เดือน โดยมีความงอกสูงถึง 86% และ 79% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 เดือน มีความงอกเพียง 59% โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษามีความงอก 89%

เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50%

การเก็บรักษาเมล็ดมะระที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50% แตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็วกว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ (9.41 และ 9.59 วัน ตามลำดับ) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เมล็ดยังคงความแข็งแรงและงอกได้เร็ว เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการทำงานของปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเมล็ดได้ เช่น การหายใจ และการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งส่งผลให้เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพช้าลง (Copeland and McDonald, 1995) เช่นเดียวกับ พิจิตรา และปริยานุช (2562) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดบวบเหลี่ยมที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอลิในอุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ (3.49 และ 3.79 วัน ตามลำดับ)

การเก็บรักษาเมล็ดมะระเป็นเวลา 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50% แตกต่างทางสถิติ (Table 1) แสดงว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดหรือความแข็งแรงของเมล็ด โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็วที่สุด คือ 8.68 วัน เมื่อเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลานานขึ้น 21 และ 24 เดือน พบว่าเมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50% ช้าที่สุด คือ 10.23 และ 10.42 วัน ตามลำดับ แสดงว่าการเก็บรักษานานขึ้น มีผลทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ สิริวัฒน์ (2553) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดแตงกวาที่บรรจุในถุงพลาสติคที่อุณหภูมิ $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน โดยมีค่าดัชนีการงอก (Germination index; GI) น้อยที่สุด คือ 11.82 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดก่อนเก็บรักษา ค่าดัชนีการงอกสูง 14.29

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดมะระต่อเวลาที่เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50% พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (Table 1) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ หรือ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50% แตกต่างทางสถิติ โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็วที่สุด คือ 8.68 วัน ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 เดือน ใช้เวลาในการงอกถึง 50% ช้าที่สุด คือ 10.84 วัน แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงลดลง เช่นเดียวกับ ซีพสมล (2534) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดมะระจีนที่บรรจุใน

อุณหภูมิเนี่ยมพอยล์ปิดสนิทในอุณหภูมิ 10°C และ 20°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 เดือน โดยมีค่าดัชนีการงอก (GI) สูง 5.54 และ 5.53 ตามลำดับ แสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าดัชนีการงอกเพียง 3.15

เวลาเฉลี่ยในการงอก

การเก็บรักษาเมล็ดมะระที่อุณหภูมิ 25±2°C และ 30±2°C มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 25±2°C มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C (10.04 และ 10.26 วัน ตามลำดับ) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำ เมล็ดยังคงความแข็งแรงและงอกได้เร็ว เพราะการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดกิจกรรมต่างๆ ภายในเมล็ดได้ เช่น กระบวนการหายใจและการทำงานของเอนไซม์ให้น้อยลง ทำให้เมล็ดใช้อาหารสะสมน้อยลง ส่งผลให้เมล็ดชะลอกระบวนการเสื่อมคุณภาพ (Copeland and McDonald, 1995)

การเก็บรักษาเมล็ดมะระเป็นเวลา 24 เดือน มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 9.37 วัน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 11.10 วัน แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดมะระเป็นเวลานานมีผลทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงลดลง เช่นเดียวกับ Yeh et al. (2005) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดมะระที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ที่เคลือบด้วยพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีสภาพแบบสุญญากาศในอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าลงเป็น 4.4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดก่อนเก็บรักษาใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 3.3 วัน สอดคล้องกับ พิจิตรา และรักศักดิ์ (2563) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดแตงกวาที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ปิดสนิท ในอุณหภูมิ 25±2°C เป็นเวลา 18 เดือน ทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 18 เดือน มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 7.08 วัน ส่วนเมล็ดก่อนเก็บรักษามีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 3.38 วัน

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเมล็ดมะระต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกพบว่าอิทธิพลร่วมกัน (Table 1) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดทั้งในอุณหภูมิ 25±2°C และ 30±2°C เป็นเวลา 24 เดือน มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกัน โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 9.37 วัน ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2°C เป็นเวลา 24 เดือน พบว่าเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 11.69 วัน แสดงว่าการเก็บรักษาในอุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้เมล็ดงอกได้ช้าลง เมล็ดมีความแข็งแรงลดลง สอดคล้องกับ สุภัทร (2539) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดบวบเหลี่ยมที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ที่อุณหภูมิ 15–18°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 14 เดือน โดยเมล็ดมีความงอกในการนับครั้งแรก (first count) ที่ 4 วันหลังเพาะเมล็ด คือ 76.12% ซึ่งสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25–30°C) โดยมีความงอกในการนับครั้งแรกเพียง 50.00%

Table 1 Germination, time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) of bitter melon seeds after stored at different temperatures and storage periods

Factor		Germination (%)	T_{50} (days)	MGT (days)
Temperature (A)				
25±2°C		84.3 ^{a1/}	9.41 ^b	10.04 ^b
30±2°C		79.4 ^b	9.59 ^a	10.26 ^a
F-test		*	*	*
Storage period (B)				
0 month		97.0 ^a	8.68 ^d	9.37 ^f
3 months		92.5 ^b	9.03 ^c	9.69 ^e
6 months		90.5 ^b	9.49 ^b	10.13 ^c
9 months		90.3 ^b	9.40 ^b	9.96 ^d
12 months		84.0 ^c	9.44 ^b	9.91 ^d
15 months		76.8 ^d	9.37 ^b	10.14 ^c
18 months		71.0 ^e	9.43 ^b	10.23 ^c
21 months		70.0 ^e	10.23 ^a	10.83 ^b
24 months		64.8 ^f	10.42 ^a	11.10 ^a
F-test		*	*	*
A	B			
25±2°C	0 month	97.0 ^a	8.68 ^g	9.37 ^j
	3 months	93.5 ^{ab}	9.07 ^{ef}	9.60 ⁱ
	6 months	91.0 ^b	9.34 ^{de}	10.02 ^{efg}
	9 months	92.0 ^{ab}	9.39 ^d	9.91 ^{gh}
	12 months	88.0 ^b	9.39 ^d	9.97 ^{gh}
	15 months	80.5 ^c	9.32 ^{de}	10.03 ^{efg}
	18 months	73.0 ^d	9.41 ^d	10.26 ^d
	24 months	71.0 ^d	10.00 ^c	10.51 ^c
30±2°C	0 month	97.0 ^a	8.68 ^g	9.37 ^j
	3 months	91.5 ^{ab}	8.99 ^f	9.78 ^{hi}
	6 months	90.0 ^b	9.65 ^d	10.24 ^{de}
	9 months	88.5 ^b	9.41 ^d	10.01 ^{fgh}
	12 months	80.0 ^c	9.49 ^d	9.85 ^{gh}
	15 months	73.0 ^d	9.42 ^d	10.26 ^d
	18 months	69.0 ^d	9.45 ^d	10.21 ^{def}
	24 months	58.0 ^e	10.84 ^a	11.69 ^a
F-test		*	*	*
CV (%)		4.39	2.15	1.44

* = significantly different at $p < 0.05$ ^{1/} means within a column followed by the same letter are not significantly at $p < 0.05$ by DMRT

สรุป

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะระในถุงอะลูมิเนียมพอยลปิดสนิทที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ หรือ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 เดือน มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ (ห้องปรับอากาศ) สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 24 เดือน โดยมีความงอก 71.0% เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% 10.00 วัน และเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.51 วัน ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ (ห้องปกติ) สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน โดยมีความงอก 73.0% เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% 9.42 วัน และเวลาเฉลี่ยในการงอก 10.26 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ที เอส เอ จำกัด ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์เพื่อการวิจัย และการทำวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2564

เอกสารอ้างอิง

- จวงจันทร์ ดวงพัฒนา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ชีพสุมล พงษ์เจริญสุข. 2534. การพัฒนาและการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะระจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิจิตรา แก้วสอน, ปริยานุช จุลกะ. 2562. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์บวบเหลี่ยม. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 16. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี, หน้า 205–213.
- พิจิตรา แก้วสอน, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์. 2563. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. วารสารแก่นเกษตร 48: 1206–1215. doi: 10.14456/kaj.2020
- รัชวรธร สามนपाल. 2558. พฤติกรรมผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต่อการตัดสินใจซื้อเมล็ดพันธุ์ผักแบบซอง. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2556. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 130 ตอนพิเศษ 148 ง, หน้า 32–33.
- สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์ไทย. 2564. การกำหนดมาตรฐานอายุเมล็ดพันธุ์ควบคุมบนฉลาก. https://thasta.com/news/seed_age_standard/. 19 มกราคม 2565.
- สิริรัตน์ ภาคสวรรค์. 2553. คุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่คลุกด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภัทร เจริญรัตน์. 2539. การพยากรณ์การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์บวบเหลี่ยม. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์และฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Benech-Arnold, R.L., Sanchez, A.R. 2004. Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Coolbear, P., Francis, A., Grierson, D. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. J. Exp. Bot. 35: 1609–1617. doi.org/10.1093/jxb/35.11.1609

Copeland, L.O., McDonald, M.F. 1995. Principles of Seed Science and Technology, 3thed. Springer Science & Business Media, New York, NY, USA.

Ellis, R.H., Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45: 13–30. doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085797

ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing 2018. International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.

Yeh, Y.M., Chiu, K.Y., Chen, C.L., Sung, J.M. 2005. Partial vacuum extends the longevity of primed bitter gourd seeds by enhancing their anti-oxidative activities during storage. Sci. Hortic. 104: 101–112. doi: 10.1016/j.scienta.2004.08.006

Yoshime, L.T., Melo, I.L.P., Sattler, J.A.G., Carvalho, E.B.T., Mancini-Filho, J. 2016. Bitter gourd (*Momordica charantia* L.) seed oil as a naturally rich source of bioactive compounds for nutraceutical purposes. Nutrire 41: 12. doi: 10.1186/s41110-016-001 3-y

การประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Evaluation of curcuminoids in turmeric powder by near infrared spectroscopy

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ*, ศุภรา อัคคะสารกุล, ภัทระ ลูกรักษ์

Jarurat Pumprasert*, Suppara Aukkasarakul, Phatthara Loogruk

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Post-harvest and Product Processing Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: jarujoy@hotmail.com

บทคัดย่อ

รวบรวมตัวอย่างขมิ้นชันผงจำนวน 200 ตัวอย่าง นำไปวัดปริมาณเคอร์คูมินอยด์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เปรียบเทียบกับวิธีวัดด้วยเครื่อง Near Infrared spectrometer (NIRS) โดยนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง วิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของขมิ้นชันผงกับปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ โดยหาสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) Regression ตรวจสอบสมการแบบ Full cross validation โดยใช้สเปกตรัมต้นแบบ พบว่า สมการสามารถประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงได้ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) สูง 0.93 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี In-house's method คือ 6.77 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration, SEC) 2.44 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาสรุปว่าสมการสามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงได้ในช่วง 0.76–43.18 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ขมิ้นชันผง, เคอร์คูมินอยด์, เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Abstract

Two hundred samples of turmeric powder were collected. Turmeric powder samples were evaluated for curcuminoids using HPLC and NIRS. The samples were scan with NIRS Model 6500 at wavelength 400–2500 nanometer using a reflectance system for analysis of curcuminoids content. The relationship between the light absorption of turmeric powder and the curcuminoids content was evaluated. The partial Least Square (PLS) Regression method and full cross validation was examined using the original spectra. Equation of curcuminoids determination in turmeric powder had high correlation coefficient (R = 0.93) with standard error of prediction (SEP = 2.82%) which was lower than standard deviation (SD = 6.77%) of the In-house's method (HPLC) and also low standard error of calibration (SEC = 2.44 %). The model from NIRS method can predict the amount of curcuminoids content in turmeric powder in the range of 0.76–43.18%.

Keywords: Curcuminoids, Turmeric Powder, Near infrared spectroscopy

คำนำ

ขมิ้นชัน (Turmeric : *Curcuma longa* Linn.) นับเป็นพืชสมุนไพร 1 ใน 6 ของยาบัญชียาหลัก และเป็นพืชสมุนไพรที่รัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนให้มีการผลิต และแปรรูป ส่วนของขมิ้นชันที่นำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ เหง้า ทั้งสด แห้ง และบด เป็นผงละเอียด ขมิ้นชันมีสารสำคัญในการออกฤทธิ์ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) และกลุ่มสารสีเหลือง ส้มที่เรียกว่า เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) สารทั้ง 2 กลุ่มจะออกฤทธิ์เสริมกันในการรักษาอาการแน่น จุก เสียด สารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ประกอบด้วยสารหลัก 3 ตัว คือ เคอร์คูมิน (curcumin; 75–81%), ดีเมทอกซีเคอร์คูมิน (demethoxycurcumin; 15–19%) และ บิสดีเมทอกซีเคอร์คูมิน (bisdemethoxycurcumin; 2.2–6.6%) (Jayaprakasha et al., 2005) ในทางการแพทย์ใช้รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ จุกเสียด รักษาผื่นคัน สมานแผล รวมถึงรักษาอาการอักเสบ เป็นต้น (ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย, 2560)

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคไม่ทำลายตัวอย่าง ใช้ระยะเวลาตรวจวิเคราะห์สั้น วัสดุเร็ว ไม่ต้องใช้สารเคมี โดยใช้หลักการดูดกลืนแสงย่านใกล้อินฟราเรดของสารประกอบอินทรีย์ และน้ำ เมื่อคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิดแสง (light source) ส่งมายังวัตถุหรือสารละลายบนตัวอย่าง (sample) จะทำให้โมเลกุลของสารตัวอย่างเกิดการสั่นสะเทือน และดูดกลืนแสง ส่วนแสงที่เหลือจะมีการสะท้อน และส่งผ่านจากตัวอย่างไปยังอุปกรณ์สำหรับตรวจวัด (detector) โดยจะบันทึกปริมาณแสงที่ตัวอย่างดูดกลืนไว้เทียบกับความยาวคลื่นต่างๆ แล้วนำมาจับคู่กับค่าการวิเคราะห์ทางเคมีจากห้องปฏิบัติการเพื่อสร้างสมการ เป็นการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) สมการที่มีประสิทธิภาพต้องสามารถนำไปประเมินลักษณะที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

วิธีการตรวจสอบปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ในปัจจุบัน ได้แก่ วิธียูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และ High performance liquid chromatography (HPLC) ซึ่งทั้ง 2 วิธี เป็นวิธีที่ต้องใช้สารเคมีในการสกัดตัวอย่าง ขั้นตอนการวิเคราะห์ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ และความชำนาญสูงในการตรวจสอบ ใช้ระยะเวลานาน 2–3 วัน และมีค่าใช้จ่ายสูงประมาณ 6,000 บาท ต่อ 1 ตัวอย่าง ปัจจุบันมีการนำเอาเทคนิค NIRS มาใช้ในการตรวจสอบปริมาณสารสำคัญในตัวอย่างสมุนไพรมากขึ้น และพบว่าใช้ได้ผลดี ศุมาพรและคณะ (2557) ตรวจสอบปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันแบบรวดเร็วด้วยนียร์อินฟราเรด สเปกโตรสโกปีโดยใช้ฟลูออรีทรานฟอรัม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เป็น 0.97 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ปริมาณของตัวอย่างชุดทดสอบ (RMSEP) 0.19% โดยน้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณเคอร์คูมินในชุดทดสอบต่อค่า RMSEP (RPD) เป็น 6.11 ค่าสถิติเหล่านี้ยืนยันประสิทธิภาพของ FT-NIR สเปกโทรสโกปีระดับการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง และ นฤเทพ (2559) ประเมินองค์ประกอบในใบชาโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ใช้ในการทำนายปริมาณสารสำคัญจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ อีพิกัลโลคาเทชิน 3-แกลเลต (EGCG) คาเฟอีน (Caf) และอีพิกัลโลคาเทชิน (EGC) ในใบชา ด้วยเครื่อง NIR Systems 6500 ในช่วงความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร โดยวัดการสะท้อนกลับของแสง (reflectance) บนสเปกตรัมดั้งเดิม และวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในใบชาโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) นำค่าที่ได้มาสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค Partial Least Squares Regression (PLSR) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของสาร EGCG, Caf และ EGC เท่ากับ 0.954, 0.938 และ 0.938 mg/kg ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารสำคัญในกลุ่มสร้างสมการ (SEC) ของสาร EGCG, Caf และ EGC เท่ากับ 6.973, 2.762 และ 7.606 mg/kg ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณองค์ประกอบในกลุ่มทดสอบสมการ (SEP) ของสาร EGCG, Caf และ EGC เท่ากับ 8.224, 2.907 และ 8.099 mg/kg ตามลำดับ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้เทคนิค NIRS ในการตรวจสอบหาปริมาณสารเคอร์คูมินอยต์ในขมิ้นชันผง เพื่อลดระยะเวลา ต้นทุน และการใช้สารเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ขมิ้นชันผง
2. เครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร
3. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์หาสารเคอร์คูมินอยต์ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่าง และเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันที่มีจำหน่ายในตลาดจำนวน 200 ตัวอย่าง
2. นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินอยต์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันด้วยวิธีอ้างอิงในห้องปฏิบัติการ คือ วิเคราะห์ In-house's method (HPLC) ดัดแปลงจาก Pei-Yin Zhan (High-efficient column chromatographic extraction of curcumin from *Curcuma longa*.) Food Chemistry 129 (2011) 700-703
3. นำสเปกตรัมและค่าปริมาณสารเคอร์คูมินอยต์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันไปสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) regression แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler © version 9.7 ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์
4. ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration, SEC) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (Standard Error of Prediction, SEP) ที่มีค่าต่ำ
5. ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการที่คัดเลือก โดยนำสมการไปประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยต์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นชัน จำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ Paired sample t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง ได้เส้นสเปกตรัมของตัวอย่างขมิ้นชันผง 200 ตัวอย่าง (Fig. 1) และวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินอยต์ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house's method (HPLC) ดัดแปลงจาก Pei-Yin Zhan (Table 1) เมื่อนำสเปกตรัมต้นแบบและค่าวิเคราะห์ที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) regression แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 พบว่าสมการจาก 157 ตัวอย่าง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) 0.93 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.82 เปอร์เซ็นต์ (Fig. 2) ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration, SEC) 2.44 เปอร์เซ็นต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี In-house's method (HPLC) คือ 6.77 เปอร์เซ็นต์ และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 8 ปัจจัย (Table 2) มีค่า regression coefficient สูง ที่ความยาว

คลื่น 1143, 1460, 1685, 1900 และ 2242 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Aromatic CONH₂, Aromatic Starch และ Amino acid (Osborne, 1986) (Fig. 3) ของสารเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างขมิ้นชันผง

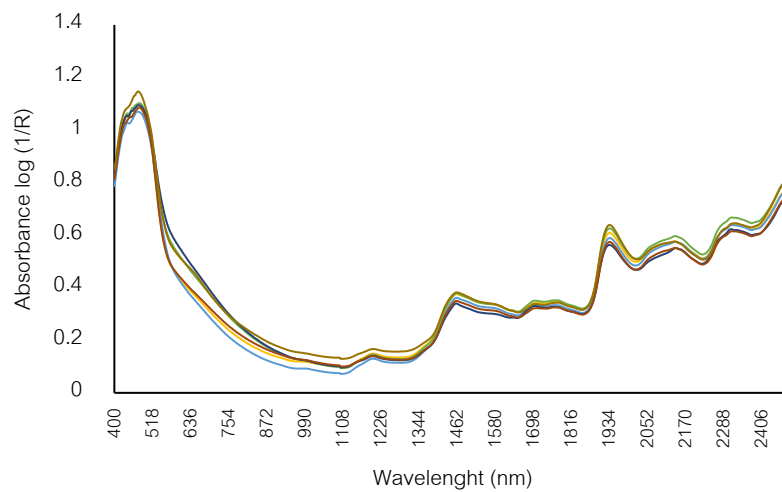


Fig. 1 The original NIR spectra of Turmeric powder samples at wavelength 400–2500 nm

Table 1 The characteristics of samples used in model construction for curcuminoids contents in turmeric powder samples

Items	Curcuminoids
Min-Max	0.76-43.18
Mean	23.71
SD	6.77
Number	157
Unit	%

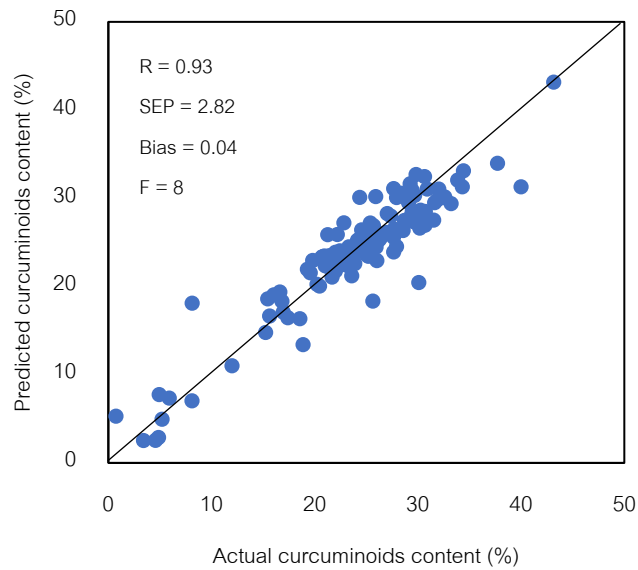


Fig. 2 Scatter plots for calibration model of curcuminoids contents in Turmeric powder

Table 2 The statistical analysis of NIRS models to predict curcuminoids contents in Turmeric powder samples by The Unscrambler[®] program

Quality	Sample	Math methods	Wavelength (nm)	N	SD	R	SEC	SEP	Bias	F
Curcuminoids	powder	Original	400–2500	157	6.77	0.93	2.44	2.82	0.04	8

R: Coefficient of correlation, SEC: Standard error of calibration, SEP: Standard 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

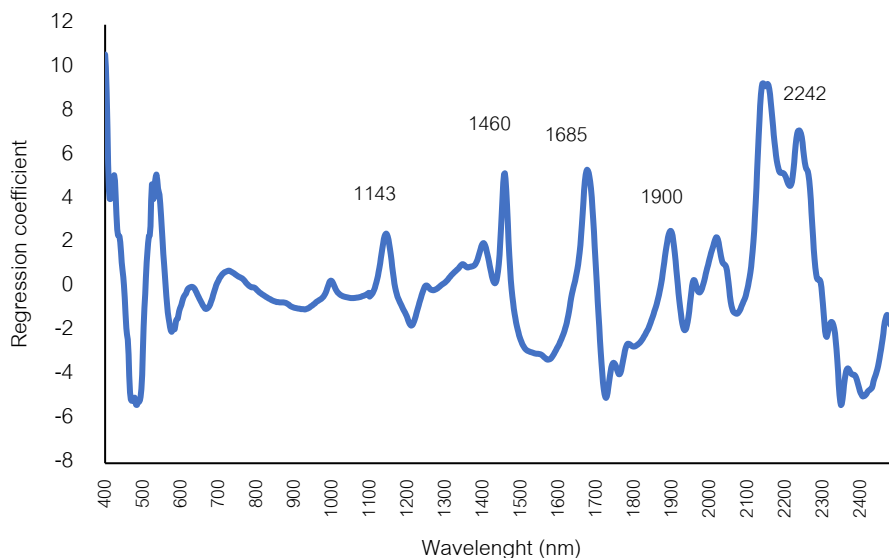


Fig. 3 Regression coefficient for calibration model to predict curcuminoids contents in Turmeric powder samples

ทดสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการประเมินปริมาณ

นำสมการที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างขมิ้นชันผงจำนวน 20 ตัวอย่าง และนำผลที่ได้จากเทคนิค NIRS ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิง พบว่า ค่าความแตกต่างของปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์จากทั้ง 2 วิธี อยู่ระหว่าง $-0.23-5.02$ เปอร์เซ็นต์ (Table 3) และเมื่อใช้สถิติทดสอบปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี โดย Paired sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า วิธีการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างขมิ้นชันผงด้วยเทคนิค NIRS และวิธีอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ (Table 4) ดังนั้นสมการที่ได้จึงสามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าเบื้องต้นของปริมาณสารเคอร์คูมินในตัวอย่างขมิ้นชันผงได้ สอดคล้องกับศุมาพร (2557) ใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มเนี่ยอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวัดปริมาณสารเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันที่ขายในร้านขายยา พบว่าสามารถใช้ได้ในระดับการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง

Table 3 Method validation between reference measurement and NIRS prediction of curcuminoids contents in Turmeric powder samples

Samples	Method to determine curcuminoids contents		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction	(x-y)	(x-y) ²
	X	Y		
1	19.58	21.53	-1.95	3.80
2	19.31	21.92	-2.62	6.85
3	24.34	24.58	-0.23	0.06
4	29.26	27.81	1.45	2.09
5	29.56	27.34	2.22	4.93
6	25.38	25.69	-0.31	0.10
7	21.70	21.05	0.65	0.42
8	16.64	19.35	-2.71	7.37
9	22.84	27.19	-4.36	18.97
10	25.61	24.76	0.84	0.71
11	15.65	16.63	-0.98	0.96
12	18.57	16.32	2.25	5.08
13	17.42	16.44	0.98	0.95
14	23.60	21.19	2.41	5.80
15	15.46	18.57	-3.11	9.70
16	31.53	27.49	4.04	16.33
17	24.14	23.98	0.16	0.03
18	11.99	10.99	1.01	1.01
19	25.47	20.45	5.02	25.24
20	24.95	20.57	4.39	19.23
Total	442.99	433.85	9.14	129.62
Average	22.15	21.69	0.46	6.48

Table 4 Compare method validation between reference measurement and NIRS prediction of curcuminoids contents in Turmeric powder samples

Method	Mean	SD	df	t
Reference Method	22.15	5.22	19	0.22 ^{ns}
NIR Prediction	21.69	4.52		

ns: non significant

สรุป

สมการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ที่ช่วงคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง โดยใช้เครื่อง Near Infrared spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS มีค่า R 0.93 SEP 2.82 เปอร์เซ็นต์ และ SEC 2.44 เปอร์เซ็นต์ และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 8 ปัจจัย สามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงได้ในระดับเพื่องานวิจัยและงานทั่วไปได้ ในช่วง 0.76-43.18 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- นฤเทพ เวชภิบาล, จารุวรรณ บางแวก. 2559. การประเมินองค์ประกอบในใบชาโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรด ย่านใกล้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 47: 281–284.
- ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย. 2560. สมุนไพร Champion Products. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
- ศุมาพร เกษมสำราญ, วราภรณ์ อภิวัดนาภิวัฒน์, พิลาณี ไฉนอมสัจด์, นางวารุณี ธนะแพทย์. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการตรวจสอบปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันแบบรู้ผลเร็วด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Jayaprakasha, G.K., Jagan, M.R.L., Sakariah K.K. 2005. Chemistry and biological activities of *C. longa*. Food Sc. Tech. e1986.
- Osborne, B.G., Hindle, P.H., Fearn, T. 1986. Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis. Longman Scientific and Technical. Essex, UK.
- Zhan, P., Zeng, X., Zhang, H., Li, H. 2011. High-efficient column chromatographic extraction of curcumin from *Curcuma longa*. Food Chem. 129: 700–703. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.04.065

การยืดอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดและการลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรกคโนส Prolonging shelf life of fresh chili and controlling fungal contamination and anthracnose Disease

บุญญาวดี จิระวุฒิ*, รัตตา สุตตยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบุญชาชัย

Boonyawadee Chirawut*, Ratta Suttayakom, Weeraporn Dejnunchachai

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ppathku@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธียืดอายุการเก็บรักษาพริกชี้หนูสดร่วมกับวิธีลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรกคโนสบนผลพริกชี้หนู พบว่า การจุ่มผลพริกชี้หนูในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีในการลดการปนเปื้อนเชื้อราและโรคแอนแทรกคโนสของพริกชี้หนู เมื่อนำวิธีการจุ่มผลพริกชี้หนูในน้ำร้อนมาใช้ร่วมกับวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลพริกชี้หนูมีคุณภาพดี สามารถทำได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของบรรจุภัณฑ์ วิธีที่ 1 ผลพริกชี้หนูจุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) และวิธีที่ 2 ผลพริกชี้หนูจุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที บรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ทั้ง 2 วิธี เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผล คงสภาพสีเปลือกได้ดี ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เป็นเวลา 28 วัน

คำสำคัญ: การปนเปื้อนเชื้อรา, น้ำร้อน, บรรจุภัณฑ์, โรคแอนแทรกคโนส

Abstract

This research examined methods for shelf-life extension of fresh chilies, and to reduce fungal contamination and anthracnose disease in fresh chilies. Dipping fresh chilies in hot water at 52°C water for 3 minutes was found to be effective in reducing fungal contamination and anthracnose disease. The hot water dip treatment could be used in combination with one of the following packaging processes: 1) polypropylene (PP) plastic bag after harvest 1.5% calcium chloride dip treatment; and 2) polypropylene (PP) punnet with polyethylene (PE) plastic wrap. In these processes, the storage temperature was set at 10 degree celsius. Both packaging methods could preserve firmness and color of fresh chilies, as well as extend their shelf life. Thus, producers can use the hot water dip treatment in conjunction with either packaging processes identified above in order to maintain the quality of their fresh chili products for 28 days.

Keywords: Anthracnose, Fungal contamination, Hot water, Package

คำนำ

การผลิตพริกประสบปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะการขาดความรู้และวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลพริกสด การควบคุมโรคแอนแทรกโนส เชื้อราสาเหตุ *Colletotrichum capsici* และการปนเปื้อนของเชื้อราบริเวณซั้วและก้านผลพริกหลังการเก็บเกี่ยว สิ่งเหล่านี้ลดคุณภาพของผลพริกซั้ว ทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง ถึงแม้จะมีการคัดเลือกผลพริกที่ดี ไม่แสดงอาการของโรคแอนแทรกโนส ไม่พบเส้นใยของเชื้อรา ก่อนการบรรจุก็ตาม หลังจากเก็บรักษาผลพริกในช่วงระหว่างการรอจำหน่าย โดยเฉพาะในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม อาจพบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา และโรคแอนแทรกโนสบนผลพริก เนตรา และคณะ (2560) ได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคุณภาพของผลพริกซั้ว พบว่าถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสำหรับนำไปใช้งานเชิงพาณิชย์ สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ คงสภาพสีเปลือกได้ดี นอกจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ยังมีสารที่นำมาใช้หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ที่ช่วยในการรักษาความเต่งของเซลล์ ความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ ความแน่นเนื้อ และชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ ซึ่งมีผลช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลสด

การใช้ความร้อนเป็นแนวทางที่ให้ผลดีในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสและลดการปนเปื้อนของเชื้อราที่ซั้วและก้านของผลพริกหลังการเก็บเกี่ยว การจุ่มผลพริกในน้ำร้อน 50–52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5–10 องศาเซลเซียส สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Alternaria* sp. ที่เกิดจากการปลูกเชื้อราบนผลพริกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบปนเปื้อนบนซั้วและก้านของพริกซั้วแดง (บุญญวดี และคณะ, 2562) และสามารถควบคุมโรคแอนแทรกโนสได้ดี และไม่ทำให้คุณภาพของผลพริกเสียหาย (รัตตา และคณะ, 2562) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลพริกซั้วร่วมกับวิธีการลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรกโนสของพริกซั้วหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาต่อการควบคุมโรคแอนแทรกโนส

คัดเลือกผลพริกซั้วแดงพันธุ์จินดาที่สมบูรณ์ ปลูกเชื้อรา *Colletotrichum capsici* โดยวิธีการทำแผลแล้วหยดสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา 5 ไมโครลิตร คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พันด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำผลพริกมาทดสอบกับกรรมวิธีต่างๆ ผึ่งผลพริกให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1–4 บรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ส่วนกรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 10 ผล

กรรมวิธีที่ 1 น้ำ (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 3 นาที (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 โพรคลอราซ 100 มก./ล. เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อน 52°C เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อน 52°C เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% เป็นเวลา 3 นาที

กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อน 52°C เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ 1.5% เป็นเวลา 3 นาที บรรจุใน

ถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP)

บันทึกข้อมูล วันที่ 14, 21 และ 28 ของการเก็บรักษา

ความรุนแรงของโรคแอนแทรกโนส โดยวัดขนาดของแผลที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา (เซนติเมตร) และการเกิดโรคแอนแทรกโนส (%) โดยนับจำนวนผลที่เป็นโรค

การศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพบนผลพริกชี้หนูหลังการเก็บเกี่ยว

คัดเลือกผลพริกชี้หนูแดงที่สมบูรณ์ จุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เปรียบเทียบกับผลพริกชี้หนูจุ่มน้ำ เป็นเวลา 3 นาที (กรรมวิธีควบคุม) และผลพริกที่จุ่มสารเคมีโพรคลอราซ 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งผลพริกให้แห้ง กรรมวิธีที่ 1-4 บรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) และกรรมวิธีที่ 5 บรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี (กรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) จำนวน 5 ซ้ำๆ ละ 25 ผล

บันทึกข้อมูล วันที่ 7, 14, 21 และ 28 ของการเก็บรักษา

1. จำนวนผลพริกที่มีเชื้อราที่ก้านผล (%)
2. คุณภาพของผลพริกชี้หนูหลังการเก็บรักษา ได้แก่
 - การสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักของผลพริกชี้หนูในบรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการเก็บรักษา

คำนวณ weight loss (%) ตาม Equation 1

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{(\text{Initial weight} - \text{Final weight}) \times 100}{\text{Initial weight}} \quad (1)$$

- ความแน่นเนื้อ (นิเวตน์) โดยใช้เครื่อง texture analyzer ยี่ห้อ Chatillon รุ่น 10 LBF ประเทศสหรัฐอเมริกา

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลพริก ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter lab รุ่น Miniscan EZ รายงานผลเป็นค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี ค่า a เป็นค่าของสีในช่วงสีเขียว-แดง และ ค่า b เป็นค่าของสีในช่วงสีน้ำเงิน-เหลือง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาต่อควบคุมโรคแอนแทรกโนส

การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลพริกชี้หนูที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* ร่วมกับวิธีการยืดอายุโดยเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม 2 ชนิด คือ ถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) และถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) ร่วมกับแคลซีมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มปลดปล่อยที่มีคุณสมบัติในการยืดอายุผลพริกช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลพริก เพื่อให้ผลพริกมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และควบคุมโรคแอนแทรกโนสได้ดี โดยพบว่า ผลพริกที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* ทุกกรรมวิธีหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ยังไม่พบอาการของโรคแอนแทรกโนสและเริ่มพบการเกิดโรคบางเล็กน้อยหลังจากเก็บรักษาครบ 14 วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บผลพริกครบ 28 วัน ผล

พริกที่จุ่มน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส มีขนาดแผล 0.15–0.19 เซนติเมตร และการเกิดโรค 56.67–65.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำมีขนาดแผล 0.57 เซนติเมตร และการเกิดโรค 100.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตตาและคณะ (2562) ผลพริกที่ปลูกเชื้อรา *C. capsici* จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 3, 4 และ 5 นาที มีขนาดแผล 0.13–0.17 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่ไม่จุ่มน้ำร้อน มีขนาดแผล 0.49 เซนติเมตร

Table 1 Efficacy of treatment on controlling anthracnose of *Colletotrichum capsici* inoculated chili fruits and stored at 10°C for 14, 21 and 28 days

Treatment	Symptom lesion ⁽¹⁾ (cm)			Disease incidence ⁽¹⁾ (%)		
	14 days	21 days	28 days	14 days	21 days	28 days
Control (water for 3 min)	0.05	0.17 ^b	0.57 ^b	41.67	81.67 ^c	100.00 ^b
Prochloraz 100 mg/l for 3 min	0.04	0.13 ^{ab}	0.21 ^a	36.67	70.00 ^{bc}	98.33 ^b
Hot water 52 °C	0.05	0.12 ^{ab}	0.19 ^a	35.00	66.67 ^b	65.00 ^a
Hot water 52 °C + Ca ₂ Cl 1.5%	0.03	0.08 ^a	0.15 ^a	18.30	48.33 ^a	56.67 ^a
Hot water 52 °C + Ca ₂ Cl 1.5% packed in PP plastic bag	0.05	0.09 ^a	0.16 ^a	36.67	65.00 ^b	56.67 ^a
F-test	ns	**	**	ns	**	**
CV (%)	65.44	37.04	36.82	48.93	17.71	16.58

⁽¹⁾ Means followed by a same letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

การศึกษาผลของการจุ่มน้ำร้อนร่วมกับวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพบนผลพริกขี้หนูหลังการเก็บเกี่ยว

การปนเปื้อนเชื้อราบนผิวและก้านของผลพริกเริ่มพบหลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน บริเวณผิวและก้านของผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 36.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาผลพริกจุ่มสารเคมีโพคลอราซ 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 4.80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบการปนเปื้อนเชื้อราในกรรมวิธีที่มีการจุ่มน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส ร่วมกับการจุ่มในแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาบรรจุในถาดพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) และหุ้มด้วยฟิล์ม PE พบการปนเปื้อนของเชื้อรา 0.80 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ที่จุ่มผลพริกในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส หลังเก็บรักษาผลพริกเป็นเวลา 21 และ 28 วัน พบว่า ผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส ทุกกรรมวิธี มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 0.80–6.40 และ 4.00–13.60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีการปนเปื้อนของเชื้อรา 77.6 และ 97.6 เปอร์เซ็นต์ และมีเส้นใยของเชื้อราบริเวณก้านและผิวผลจำนวนมาก (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญญวดี และคณะ (2562) พบว่าการจุ่มผลพริกในน้ำร้อน 50–52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราบริเวณผิวและก้านของผลพริกระหว่างการเก็บรักษา

Table 2 Effect of treatments on contaminated fungi on chili storage at 10°C for 7, 14, 21 and 28 days

Treatment	Contaminated fungi ⁽¹⁾ (%)			
	7 days	14 days	21 days	28 days
Control (water for 3 min)	0.00	36.00 ^b	77.60 ^c	97.60 ^c
Prochloraz 100 mg/l for 3 min	0.00	4.80 ^a	52.80 ^b	80.00 ^b
Hot water 52°C	0.00	0.00 ^a	3.20 ^a	6.40 ^a
Hot water 52°C + Ca ₂ Cl 1.5%	0.00	0.80 ^a	6.40 ^a	13.60 ^a
Hot water 52°C + Ca ₂ Cl 1.5% packed in PP plastic bag	0.00	0.00 ^a	0.80 ^a	4.00 ^a
F-test	-	**	**	**
CV (%)	-	94.70	34.60	19.80

⁽¹⁾ Means followed by a same letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

การเก็บรักษาผลพริกชี้หนูในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลพริก พบว่า ผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที นำมาบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด หลังเก็บรักษา 7, 14, 21 และ 28 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.80, 0.22, 0.44 และ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ผลพริกบรรจุในถาดพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) มีการสูญเสียน้ำหนัก 0.28–0.37, 0.44–0.68, 1.20–1.63 และ 1.80–2.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการสูญเสียน้ำหนักของผลพริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Table 3) ผลพริกที่บรรจุในถุงพลาสติก PP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย อาจเนื่องมาจากพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน (PP) มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 100–300 กรัม.ไมโครเมตร/ตารางเมตร.วัน ซึ่งต่ำกว่าพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (LDPE) มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 375–500 กรัม.ไมโครเมตร/ตารางเมตร.วัน (Mangaraj et al., 2009) ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลพริกบรรจุถุงพลาสติก PP น้อยกว่าผลพริกบรรจุถาดพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE)

Table 3 Values of weight loss (%) of treated chili after 7, 14, 21 and 28 days of storage at 10°C

Treatment	Change of weight loss (%) ⁽¹⁾			
	7 days	14 days	21 days	28 days
Control (water for 3 min)	0.28 ^b	0.68 ^b	1.63 ^c	2.25 ^{bc}
Prochloraz 100 mg/l for 3 min	0.36 ^b	0.63 ^b	1.20 ^b	1.80 ^b
Hot water 52°C	0.35 ^b	0.44 ^{ab}	1.36 ^{bc}	2.07 ^{bc}
Hot water 52°C + Ca ₂ Cl 1.5%	0.37 ^b	0.57 ^b	1.27 ^{bc}	2.79 ^c
Hot water 52°C + Ca ₂ Cl 1.5% packed in PP plastic bag	0.08 ^a	0.22 ^a	0.44 ^a	0.74 ^a
F test	**	**	**	**
CV (%)	38.66	35.70	25.04	29.26

⁽¹⁾ Means followed by a same letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

ความแน่นเนื้อของผลพริกหลังการเก็บรักษาครบ 7, 14 และ 28 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนผลพริกหลังการเก็บรักษา 21 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่า ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อ 19.05–20.37 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีความแน่นเนื้อ 22.23 นิวตัน ซึ่งผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อนเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง แต่อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้ผลพริกได้ โดยการนำผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส แล้วจุ่มผลพริกในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถุงพลาสติก PP ทำให้ผลพริกมีค่าความแน่นเนื้อ 20.37 นิวตัน (Table 4) ใกล้เคียงกับกรรมวิธีควบคุม การใช้สารประกอบแคลเซียม เช่น CaCl_2 สามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ป้องกันความผิดปกติทางสรีรวิทยา ช่วยลดอัตราการหายใจ ชะลอการละลายของสารประกอบแพกตินบริเวณผนังเซลล์พืช ทำให้ผนังเซลล์ของพืชมีความแข็งแรง และทำให้กระบวนการสุกแก่ของผลเกิดช้าลง (Salunkhe and Desai, 1984; Burns and Pressey, 1987)

Table 4 Values of firmness (N) of treated chili after 7, 14, 21 and 28 days of storage at 10°C

Treatment	Change Firmness (N) ⁽¹⁾			
	7 days	14 days	21 days	28 days
Control (water for 3 min)	21.03	22.10	22.23 ^a	20.92
Prochloraz 100 mg/l for 3 min	21.11	22.10	21.97 ^{ab}	19.41
Hot water 52 °C	22.27	21.72	19.05 ^c	19.84
Hot water 52 °C + Ca_2Cl 1.5%	20.86	21.45	19.32 ^c	19.48
Hot water 52 °C + Ca_2Cl 1.5% packed in PP plastic bag	22.66	21.62	20.37 ^{bc}	20.51
F test	ns	ns	**	ns
CV (%)	5.14	5.93	6.38	9.66

⁽¹⁾ Means followed by a same letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลพริก สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกโดยดูจากค่าความสว่าง (L) ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียว-แดง (a) และค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน-เหลือง (b) หลังจากการเก็บรักษาผลพริกครบ 7 วัน พบว่า ค่า L และ ค่า b มีความแตกต่างทางสถิติ ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีค่า L อยู่ในช่วง 33.92–34.52 และค่า b อยู่ในช่วง 31.93–34.16 สูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีค่า L 32.90 และค่า b 29.74 ส่วนค่า a ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม ค่า a ของผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อนมีค่าสูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ และเมื่อเก็บรักษาผลพริกครบ 14, 21 และ 28 วัน ค่า L ค่า a และ ค่า b มีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส มีค่า L ค่า a และ ค่า b สูงกว่าผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ผลพริกทุกกรรมวิธีที่จุ่มในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที มีค่า L อยู่ในช่วง 34.25–35.81 ค่า a อยู่ในช่วง 42.12–45.03 และค่า b อยู่ในช่วง 30.01–34.17 (Table 5) สีเปลือกของผลพริกใกล้เคียงกับสีเปลือกของผลพริกหลังเก็บเกี่ยวก่อนวันเก็บรักษา โดยวันที่ 0 ผลพริกมีสีเริ่มต้นเป็นสีส้มแดงสว่าง มีค่า L, a, b = 34.72, 42.29, 32.05 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) หลังจากเก็บรักษาครบ 14, 21 และ 28 วัน มีค่า L อยู่ในช่วง 30.21–32.36 ค่า a อยู่ในช่วง 39.84–40.71 และค่า b อยู่ในช่วง 24.78–26.93 สีเปลือกของผลพริกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

Table 5 Values of skin color (L, a, b) of treated chili after 7, 14, 21 and 28 days storage at 10°C

Ttreatment	Change of color of peel ⁽¹⁾											
	L				a				b			
	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
Control (water for 3 min)	32.90 ^b	32.36 ^b	31.63 ^b	30.21 ^c	42.22	40.71 ^b	39.84 ^c	39.93 ^b	29.74 ^b	26.93 ^b	24.78 ^b	24.82 ^c
Prochloraz 100 mg/l for 3 min	32.88 ^b	32.08 ^b	31.88 ^b	30.99 ^c	42.35	40.18 ^b	41.33 ^b	39.74 ^b	29.92 ^b	26.17 ^b	26.69 ^b	24.93 ^c
Hot water 52 °C	33.92 ^a	34.67 ^a	35.58 ^a	34.35 ^b	43.17	42.12 ^{ab}	43.89 ^a	44.29 ^a	31.93 ^{ab}	30.01 ^a	31.98 ^a	31.88 ^b
Hot water 52 °C + Ca ₂ Cl 1.5%	34.52 ^a	34.89 ^a	35.46 ^a	34.25 ^b	43.46	43.00 ^a	45.03 ^a	44.13 ^a	32.59 ^a	31.81 ^a	33.76 ^a	32.39 ^{ab}
Hot water 52 °C + Ca ₂ Cl 1.5% packed in PP plastic bag	33.99 ^a	34.33 ^a	35.81 ^a	35.38 ^a	44.16	43.16 ^a	44.29 ^a	44.29 ^a	34.16 ^a	31.90 ^a	33.87 ^a	34.17 ^a
F test	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	1.95	2.46	2.48	2.09	2.78	3.38	2.05	2.17	5.27	6.05	4.90	5.58

⁽¹⁾ Means followed by a same letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

สรุป

วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลพริกชี้หนุ่ร่วมกับการลดการปนเปื้อนของเชื้อราและโรคแอนแทรกคโนสของพริกชี้หนุ่หลังการเก็บเกี่ยว สามารถทำได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของบรรจุภัณฑ์ คือ วิธีที่ 1 ผลพริกชี้หนุ่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาจุ่มต่อในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน(PP) และ วิธีที่ 2 ผลพริกชี้หนุ่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีน (PP) หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) เก็บผลพริกชี้หนุ่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลพริกชี้หนุ่มีคุณภาพดีสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายผลพริกชี้หนุ่ได้นานมากขึ้นถึง 28 วัน ผลพริกชี้หนุ่บรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีนมีการสูญเสียน้ำหนักน้อย การจุ่มผลพริกชี้หนุ่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อให้ผลพริกชี้หนุ่ในน้ำร้อน และยังพบว่าผลพริกชี้หนุ่ในน้ำร้อนสามารถคงสภาพสีเปลือกของผลพริกชี้หนุ่ได้เท่ากับสีเปลือกของผลพริกชี้หนุ่หลังการเก็บเกี่ยว แต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลพริกชี้หนุ่ก่อนนำมาเก็บรักษาด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เนตรา สมบูรณ์, บุญญวดี จิระวุฒิ, ศุภรา อัครสาระกุล. 2559. บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคุณภาพและลดการเกิดเชื้อราสำหรับพริกชี้หนุ่หลังการเก็บเกี่ยว. ใน: รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 32-44.
- บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุทธยาคม, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2562. การลดการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลพริกชี้หนุ่ระหว่างการเก็บรักษาด้วยวิธีทางกายภาพ. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, หน้า 49-56.
- รัตตา สุทธยาคม, บุญญวดี จิระวุฒิ, วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2562. การควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของพริกชี้หนุ่หลังการเก็บเกี่ยวโดยการใช้น้ำร้อน. ใน: รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 109-126.
- Burns, J.K., Pressey, R. 1987. Ca²⁺ in the cell wall of ripening tomato and peach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 112: 783-787.

Mangaraj S., Goswami, T.K., Mahajan, P.V. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. Food Eng. Rev. 1: 133–158.

Salunkhe, D.K., Desai, B.B. 1984. Post harvest Biotechnology of Vegetable. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA, pp. 55–82.

ผลของสารปลอดภัยในควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของส้มจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* Effect of Generally Recognized as Safe (GRAS) in controlling citrus green mould rot caused by *Penicillium digitatum*

วีรภรณ์ เดชนาบุญชาชัย*, บุญญวดี จิระวุฒิ, รัตตา สุตถยามคม

Weeraporn Dejnunchachai*, Boonyawadee Chirawut, Ratta Suttayakom

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: tar_doa@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

โรคผลเน่าของส้มเกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* มีความสำคัญก่อให้เกิดการสูญเสียหลังเก็บเกี่ยว การควบคุมโรคส่วนใหญ่ยังคงใช้สารเคมีซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อทดสอบสารปลอดภัยที่ควบคุมโรคผลเน่าของส้ม โดยทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัย 2 ชนิด คือ กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.01% 0.05% และ 0.10% และโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1.00% 2.00% และ 3.00% ด้วยวิธี poisoned food บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar เปรียบเทียบกับไม่ผสมสาร (กรรมวิธีควบคุม) และสารเคมีโพรคลอราซ พบว่ากรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.10% และโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 2.00% และ 3.00% ยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *P. digitatum* ของส้มได้ 100% และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่ปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนผลส้ม ด้วยการทำแผลแล้วหยดสปอร์แขวนลอย ความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ไมโครลิตร นาน 24 ชั่วโมง พบว่าผลส้มที่แช่ในโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% นาน 5 นาที ลดการเกิดโรคได้ดีที่สุด เท่ากับ 50.00% และลดความรุนแรงของโรค โดยมีดัชนีการเกิดโรค เท่ากับ 12.50%

คำสำคัญ: กรดซาลิไซลิก, การควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว, โซเดียมไบคาร์บอเนต, ส้ม

Abstract

Green mold caused by *Penicillium digitatum* is considered as a major postharvest disease of citrus fruit. Current control of the said disease depends on chemical fungicides which are harmful to health of living things and environment. The objective of this study was to control postharvest rot of citrus using generally recognized as safe (GRAS) substances. The effectiveness of salicylic acid at concentrations of 0.01, 0.05 and 0.1% and sodium bicarbonate at concentration of 1, 2 and 3% were *in vitro* tested to inhibit growth of *P. digitatum* using poisoned food method comparing PDA alone (control) and treated with prochloraz. The results showed that 0.1% salicylic acid, and 2 and 3% sodium bicarbonate completely inhibited mycelium growth and spore germination of *P. digitatum*. To control the green mold disease of citrus fruit was studied. Orange fruits were wounded and inoculated with 1×10^6 spore/mL of spore suspension of *P. digitatum* at 20 μ L for 24 hr before soaked in GRAS treatments at different concentrations. The disease incidence of green mold showed highest reduced at 50% after treated by soaking fruit in 3.00% sodium bicarbonate solution for 5 minute and also reduced disease severity with disease index at 12.5%.

Keywords: Citrus, Postharvest disease control, Salicylic acid, Sodium bicarbonate

คำนำ

โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของส้ม คือโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* สามารถแพร่ระบาดจากผลหนึ่งไปสู่อีกผลหนึ่งได้โดยการสัมผัสระหว่างผลที่ปกติกับผลที่เป็นโรคในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แม้ว่า จะพบอาการเฉพาะที่เปลือกเท่านั้น แต่คุณภาพของเนื้อและน้ำในผลส้มจะเสียไปด้วย การควบคุมโรคส่วนใหญ่มักยังคงใช้ สารเคมี เช่น สารเคมีโพรคลอราซ และคาร์เบนดาซิม ซึ่งพบรายงานการตกค้างในผลผลิตส้ม (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมี ศัตรูพืช, 2559) นอกจากนี้จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมแล้ว มักเป็นข้อจำกัดของการส่งออกผลไม้ ดังนั้น การใช้สารปลอดภัยเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีที่มีอันตรายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก สารปลอดภัยที่นำมาใช้ในงานวิจัย ครั้งนี้มี โซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งสารปลอดภัยที่ให้ผลดีในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวจากเชื้อ *P. digitatum* ที่เข้าทำลาย ผลส้มเปลือกหนา (Smilanick et al., 1999) เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนต มีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง ทำให้ เซลล์สูญเสียน้ำ (cell dehydration) จึงหยุดการเจริญเติบโต (กล้าณรงค์, 2521) และกรดซาลีไซลิก ซึ่งเป็นสารประกอบ ฟีนอล มีผลต่อกระบวนการเจริญของพืช และยังเกี่ยวข้องกับกลไกของการชักนำความต้านทานในพืช (Castafier et al., 1997) โดยการสร้างสารต่างๆ เช่น โพลีฟีนอล หรือ Pathogenesis-related protein (PR-protein) (Hahlbrock and scheel, 1989) เช่น เอนไซม์ไคตินเนส และกลูคาเนส ย่อยองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์เชื้อรา ทำให้เซลล์ของเชื้อราตาย ในที่สุด (Bowles, 1990) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนตและกรดซาลีไซลิกซึ่งเป็น สารปลอดภัยเพื่อควบคุมโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของส้มสายน้ำผึ้ง ทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย 2 ชนิด ได้แก่ กรดซาลีไซลิก และโซเดียมไบคาร์บอเนต ด้วยวิธี Poisoned food technique เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ผสมกับสารกลุ่มปลอดภัย 2 ชนิด คือ กรดซาลีไซลิก ความเข้มข้น 0.01% 0.05% และ 0.10% และโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1.00% 2.00% และ 3.00% เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ไม่ผสมสาร (กรรมวิธีควบคุม) และสารเคมีโพรคลอราซ ความเข้มข้น 0.025% เทอาหารที่ผสมสารลงในจานเลี้ยงเชื้อ รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง จากนั้นหยดสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของส้มจำนวน 5 ไมโครลิตร ตรงกลาง ผิวหน้าอาหาร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบ 8 กรรมวิธี จำนวน 8 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ไม่ผสมสาร (กรรมวิธีควบคุม)	กรรมวิธีที่ 5 โซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 1.00%
กรรมวิธีที่ 2 กรดซาลีไซลิกเข้มข้น 0.01%	กรรมวิธีที่ 6 โซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 2.00%
กรรมวิธีที่ 3 กรดซาลีไซลิกเข้มข้น 0.05%	กรรมวิธีที่ 7 โซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 3.00%
กรรมวิธีที่ 4 กรดซาลีไซลิกเข้มข้น 0.10%	กรรมวิธีที่ 8 สารเคมีโพรคลอราซ 0.025%

บันทึกข้อมูล การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (%) โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

(Equation 1)

$$\text{Mycelial growth inhibition (\%)} = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100 \quad (1)$$

A คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA (กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม)

B คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA ผสมสารกรรมวิธีที่ 2-8

ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

เตรียมอาหารที่ผสมสารทั้ง 8 กรรมวิธี (กรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดสอบสารปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใย) เทลงในจานเลี้ยงเชื้อ รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง จากนั้นหยดสปอร์แขวนลอย ความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ของเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม 5 ไมโครลิตร บนผิวหน้าอาหาร 8 จุด บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบ 8 กรรมวิธี จำนวน 8 ซ้ำๆ 8 จุด

บันทึกข้อมูล การงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของส้ม ในแต่ละกรรมวิธีด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด compound นำค่าจำนวนสปอร์ที่ออกมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งการงอกของสปอร์เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Equation 2)

$$\% \text{ Spore germination} = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100 \quad (2)$$

A คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA (กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม)

B คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA ผสมสารกรรมวิธีที่ 2-8

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

คัดเลือกส้มสายน้ำผึ้ง จากสวนในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกลักษณะผลที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีตำหนิหรือบาดแผล ผิวสีเหลืองสม่ำเสมอ ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ฝั้ให้แห้ง นำมาเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก จากนั้นปลูกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าลงบนผลส้ม โดยทำแผลผลส้มด้วยเข็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเจาะลงบนผลส้ม ห่างจากขั้วผล 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้างของผลส้ม ลึกประมาณ 0.2 มิลลิเมตร หยดสปอร์แขวนลอยความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ไมโครลิตรต่อ 1 แผล ทำการหยดสปอร์แขวนลอยครั้งละ 10 ไมโครลิตร รอจนแห้งแล้วหยดซ้ำอีก 10 ไมโครลิตร คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พันด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำผลส้มจุ่มในสารกลุ่มปลอดภัย เป็นเวลา 5 นาที ฝั้ให้แห้ง จากนั้นนำผลส้มเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบ 8 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 12 ผล

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 5 โซเดียมโบคาร์บอเนตเข้มข้น 1.00%

กรรมวิธีที่ 2 กรดซาลิไซลิกเข้มข้น 0.01%

กรรมวิธีที่ 6 โซเดียมโบคาร์บอเนตเข้มข้น 2.00%

กรรมวิธีที่ 3 กรดซาลิไซลิกเข้มข้น 0.05%

กรรมวิธีที่ 7 โซเดียมโบคาร์บอเนตเข้มข้น 3.00%

กรรมวิธีที่ 4 กรดซาลิไซลิกเข้มข้น 0.10%

กรรมวิธีที่ 8 สารเคมีโพรคลอราซ 0.025%

บันทึกข้อมูล 1) การเกิดโรค disease incidence (%) โดยนับจำนวนผลส้มที่แสดงอาการโรคต่อจำนวนผลส้มทั้งหมด นำค่าที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (Equation 3)

15.25 ไมครอน ตามลำดับ (Table 2, Fig 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Neto et al., (2015) พบว่ากรดซาลิไซลิกสามารถยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อสาเหตุโรคในพืชอื่น เช่น แอปเปิ้ล เมื่อใช้กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 2.5 มิลลิโมลาร์ (0.035%) โดยสามารถยับยั้งการงอกของเชื้อรา *Penicillium expansum* สาเหตุโรคผลเน่าสีน้ำตาลเงินของแอปเปิ้ล ได้ 90% เนื่องจากกรดซาลิไซลิกจะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของสปอร์เชื้อราทำให้มีการรั่วไหลของโปรตีน และยังสามารถจับกับโปรตีนที่ทำหน้าที่สลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์ทำให้เกิดการสะสมสารเหล่านี้เป็นจำนวนมากภายในเซลล์ ส่งผลต่อกระบวนการงอกของสปอร์เชื้อราได้ (Chen et al., 1993) และพบว่า การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.6% โดยบ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ลดการงอกของสปอร์เชื้อรา *P. expansum* สาเหตุโรคผลเน่าในผลสตาล์ ได้ 80% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตจะไปทำลายในส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) ของสปอร์เชื้อรา (Lai et al., 2015) นอกจากนี้ โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง มีส่วนประกอบคือโซเดียมและไบคาร์บอเนต ซึ่งในโซเดียมหรือเกลือเหล่านี้มีความเป็นพิษต่อเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง ทำให้เซลล์สูญเสียน้ำ (cell dehydration) เชื้อจุลินทรีย์เกิดการเสียน้ำอย่างมาก (plasmolysis) จึงหยุดการเจริญเติบโต (กล้าณรงค์, 2521)

Table 2 Spore inhibition of *Penicillium digitatum* after treated with salicylic acid and sodium bicarbonate using poison food method on potato dextrose agar and incubated at 25±2°C for 12 hr observed under compound microscope

Treatment	Inhibition of spore germination (%) ⁽¹⁾	Germ tube (micron) ⁽¹⁾
control (PDA)	0.00	33.25 ^a
0.01% salicylic acid	0.00	31.40 ^b
0.05% salicylic acid	0.00	15.25 ^c
0.10% salicylic acid	100.00	0.00 ^d
1.00% sodium bicarbonate	100.00	0.00 ^d
2.00% sodium bicarbonate	100.00	0.00 ^d
3.00% sodium bicarbonate	100.00	0.00 ^d
0.025% prochloraz	100.00	0.00 ^d
CV (%)	-	12.73

(1) Mean followed by common letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

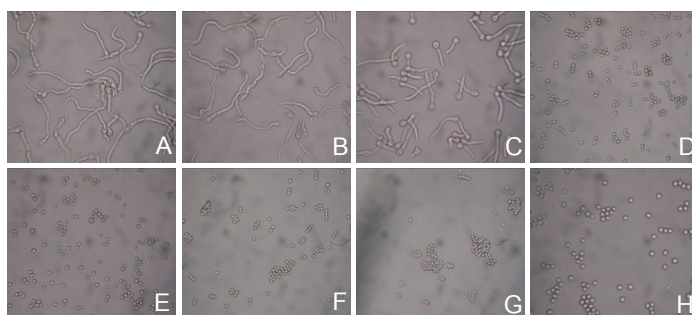


Fig. 2 Spore inhibition of *Penicillium digitatum* after treated with salicylic acid and sodium bicarbonate using poison food method on potato dextrose agar and incubated at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 12 hr observed under compound microscope (40X)

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| A. control (PDA) | B. 0.01% salicylic acid | C. 0.05% salicylic acid |
| D. 0.10% salicylic acid | E. 1.00% sodium bicarbonate | F. 2.00% sodium bicarbonate |
| G. 3.00% sodium bicarbonate | H. 0.025% prochloraz | |

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้สารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคผลเน่าบนผลส้ม

เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชม. หลังการเก็บรักษา 14 วัน พบว่าส้มที่แช่ในโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% และกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที ให้ผลในการควบคุมโรคผลเน่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สามารถลดความรุนแรงของโรค ได้ดีที่สุดการเกิดโรค 50.00% และ 52.08% ดัชนีการเกิดโรค 12.50% และ 13.02% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่แช่ผล ส้มในน้ำเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) พบการเกิดโรค 100.00% และดัชนีการเกิดโรค 77.08% และเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีไพโรคลอราซ ความเข้มข้น 0.025% พบว่าโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% และกรด ซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคผลเน่าได้ดีกว่าสารเคมีไพโรคลอราซแต่ไม่แตกต่างกันทาง สถิติ โดยสารเคมีไพโรคลอราซ ความเข้มข้น 0.025% พบการเกิดโรค 60.42% และดัชนีการเกิดโรค 15.11% ดังนั้นสามารถใช้สารปลอดภัยโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 3.00% และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% ทดแทนสารเคมีไพโรคลอราซได้ เนื่องจากสารเคมีไพโรคลอราซเป็นสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Table 3, Fig. 3) สอดคล้องกับรายงาน ของ Lai (2015) การใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.6% หลังการเก็บรักษา 8 ลดการเกิดโรค และขนาดแผลในผล สาลี่ได้ 43.33% และ 1.12 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

Table 3 Disease incidence and disease index of wound-inoculated citrus fruit with spore suspension of *Penicillium digitatum* at 1×10^6 spore/mL for 24 hr then treated with salicylic acid and sodium bicarbonate by soaking for 5 mins and stored at 20°C for 14 days

Treatment	Disease incidence (%)	Disease index (%)
control (distilled water)	100.00 c	77.08 e
0.01% salicylic acid, soak 5 min	100.00 c	34.38 d
0.05% salicylic acid, soak 5 min	87.50 b	26.04 c
0.10% salicylic acid, soak 5 min	52.08 a	13.02 a
1.00% sodium bicarbonate, soak 5 min	85.42 b	29.69 c
2.00% sodium bicarbonate, soak 5 min	77.09 b	21.36 b
3.00% sodium bicarbonate, soak 5 min	50.00 a	12.50 a
0.025% prochloraz, soak 5 min	60.42 a	15.11 a
CV (%)	9.94	10.60

(¹) Mean followed by a common letters are not significantly different at the 95% level by DMRT

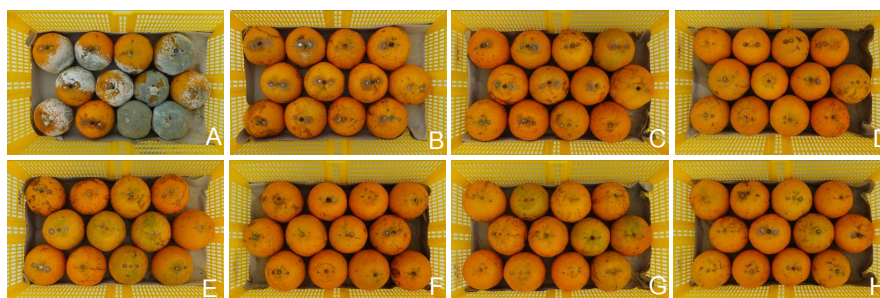


Fig. 3 Control green mold rot disease on wound-inoculated citrus fruit with spore suspension of *Penicillium digitatum* at 1×10^6 spore/mL for 24 hr then treated with salicylic acid and sodium bicarbonate by soaking for 5 mins and stored at 20°C for 14 days

- A. control (distilled water) B. 0.01% salicylic acid C. 0.05% salicylic acid
 D. 0.10% salicylic acid E. 1.00% sodium bicarbonate F. 2.00% sodium bicarbonate
 G. 3.00% sodium bicarbonate H. 0.025% prochloraz

สรุป

กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 0.10% และโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 2.00% และ 3.00% สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อรา *P. Digitatum* สาเหตุโรคผลเน่าของส้มได้อย่างสมบูรณ์ (100%) และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยในการควบคุมโรคผลเน่าในส้มที่มีการปลูกเชื้อรา *P. digitatum* บนส้ม นาน 24 ชั่วโมง พบว่าส้มที่แช่ในโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 3.00% และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 0.10% นาน 5 นาที ลดความรุนแรง

ของโรคได้ดีที่สุดการเกิดโรค 50.00% และ 52.08% ดัชนีการเกิดโรค 12.50% และ 13.02% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่แช่ผลส้มในน้ำเพียงอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม) พบการเกิดโรค 100% และดัชนีการเกิดโรค 77.08%

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศิริรอด. 2521. เกลือ คุณสมบัติและการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2559. สถานการณ์การนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การใช้และการตกค้างในผลผลิต. https://www.thaipan.org/sites/default/files/conference2559/pesticide_conference_2559_1.3.pdf, 25 กุมภาพันธ์ 2564.
- บุญญวดี จิระวุฒิ, สุภา อโนธารมณ, รัตตา สุทธยาคม. 2554. การควบคุมโรคขั้วเหี่ยวของกล้วยหอมหลังการเก็บเกี่ยว. ใน:รายงานการประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลเกษตร พ.ศ 2554 กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, หน้า 101–114.
- Aharoni, Y., Stadelbacher, G.J. 1997. The toxicity of acetaldehyde vapours to postharvest pathogen of fruit and vegetable. J. Phytopath. 63: 544–545. doi: 10.1094/Phyto-63-544
- Bowles, D.J. 1990. Defense-related proteins in higher plants. J. Annu. Rev.of Biochem. 59: 873–907.
- Castafier, M., Gil, M.I., Artes, F. 1997. Organic acids as browning inhibitors on harvested “Baby” lettuce and endive. J. Z. Lebensm. Unters Forsch A. 205: 375-379.
- Chen, Z., Silva, H., Klessig, D.F. 1993. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. J. Sci. 262: 1883-1886.
- Hahlbrock, K., Scheel, D. 1989. Physiology and Molecular Biology of Phenylpropanoid Metabolism. J. Annu. Rev. Plant Physio. Plant Mol. Biol. 40: 347–369.
- Lai, T., Bai, X., Wang, Y., Zhou, J., Shi, N., Zhou, T. 2015. Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease *Penicillium digitatum*. J. Sci.Horti. 187: 108–114.
- Neto, A.C.D.R., Maraschin, M., Piero, R.M.D. 2015. Antifungal activity of salicylic acid against *Penicillium expansum* and its possible mechanisms of action. Int. J. Food Microbiol. 215: 64–70.
- Smilanick, J., Margosan, D.A., Mlikota, F., Usall, J., Michael, I. F. 1999. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. J. Plant Dis. 83: 139–145.

ผลของวิธีการลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน บี1 ในเมล็ดถั่วลิสง

Effect of drying method and storage time on the contamination of Aflatoxin B1 in peanut kernel

ศุภรา อัครสาระกุล^{a,*}, เนตรา สมบูรณ์แก้ว^a, สุพี วนศิริกุล^a, มัทนา วาณิชย์^b

Suppara Aukkasarakul^{a,*}, Nettra Somboonkaew^a, Su-phi Wanasirakul^a, Mattana Wanitch^b

^aกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

^aPostharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

^bKhon Kaen Field Crops Research Center, Department of Agriculture, Khon Kaen 40000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: suppara.au@gmail.com

บทคัดย่อ

ถั่วลิสงมักพบปัญหาการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน บี1 (AFB1) ซึ่ง AFB1 มีความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งตับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิธีการลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาถั่วลิสงที่เหมาะสม เพื่อลดการปนเปื้อน AFB1 และคงคุณภาพของเมล็ด โดยมีวิธีการลดความชื้น 3 วิธี คือ 1) ใช้เครื่องอบลมร้อน 2) ตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน 3) ตากบนลานปูน นำถั่วลิสงมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 เดือน และสุ่มตัวอย่างมาทดสอบทุก 1 เดือน พบว่า ถั่วลิสงที่ได้มีความชื้นเมล็ดต่ำกว่า 9% ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการปนเปื้อน AFB1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน โดยทุกกรรมวิธีที่ทำการทดสอบพบการปนเปื้อน AFB1 ต่ำกว่าข้อกำหนดปริมาณ AFB1 (20 µg/kg) ในช่วงแรกถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 ไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา พบการปนเปื้อน AFB1 สูงขึ้น 9.5–13.0% รวมทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันในเมล็ดลดลง

คำสำคัญ: ถั่วลิสง, ระยะเวลาเก็บรักษา, วิธีการลดความชื้น, อะฟลาทอกซิน บี1

Abstract

Aflatoxin B1 (AFB1) contamination is often found in peanut, which is the most toxic and induces primary liver cancer. This study aimed to determine the appropriate drying method for peanut in conjunction with storage time to minimize the contamination of AFB1 and maintain quality of peanut. Peanuts were dried using three different methods viz. 1) dried with hot air oven 2) dried in green house, and 3) dried on cement ground. After that, peanuts were stored at ambient temperature for 4 months and determined for AFB1 contamination, moisture content, and contents of protein and lipid at 1 month interval. The results showed that moisture contents were below 9%. There were significantly different in amount of AFB1, protein and lipid between peanut from different storage time. AFB1 contamination from all treatments did not exceed the Thailand maximum permitted level (20 µg/kg). Although there were no different in AFB1 level at the initial storage time, AFB1 contaminations in treated peanut were higher at the levels of 9.5–13.0% after 4 months storage. In addition, the contents of protein and lipid were decreased during storage.

Keywords: Aflatoxin B1, Peanut, Drying method, Storage time

คำนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีปลูกอยู่ในประเทศต่างๆ มากกว่า 80 ประเทศทั่วโลก มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย ประการแรกมีโปรตีนชั้นสูง มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่าถั่วชนิดใดๆ ช่วยหล่อลื่น กระเพาะ ลำไส้ การขับถ่าย ป้องกันโรคหัวใจ เบาหวาน หลอดเลือดอุดตัน ลดโคเลสเตอรอลร้าย เพิ่มโคเลสเตอรอลดี และป้องกันโรคมะเร็งอีกด้วย นอกจากนี้โปรตีนและไขมันแล้ว ถั่วลิสงยังมีวิตามินอี ไนอะซิน โฟเลต และไรอะมีน (วิตามินบี1) และกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด (Savage and Keenan, 1994; ทักษิณา, 2560) ถั่วลิสงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารของประเทศ และอุตสาหกรรมในด้านนี้ของไทยยังมีศักยภาพอีกมากในการผลิตเพื่อบริโภคและส่งออก แต่สถานการณ์การผลิต ณ ปัจจุบันมีการผลิตลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าถั่วลิสงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยพึ่งพาการนำเข้าถั่วลิสงจากประเทศ จีน อินเดีย พม่า ลาว และกัมพูชา ซึ่งหากประเทศเหล่านี้ประสบปัญหาไม่สามารถส่งผลผลิตถั่วลิสงที่มีคุณภาพให้ไทยได้ในอนาคต อาจก่อให้เกิดความขาดแคลนต่อภาคอุตสาหกรรมของไทย (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2559) เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4702-2557 เรื่องเมล็ดถั่วลิสง: ข้อกำหนดปริมาณอะฟลาทอกซิน เป็นมาตรฐานบังคับ โดยกำหนดให้มีการควบคุมปริมาณสารพิษจากเชื้อราอะฟลาทอกซินทั้งหมดในถั่วลิสงต้องไม่เกิน 20 µg/kg (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2558) ทั้งนี้ผู้นำเข้าต้องมีการควบคุมการผลิตเพื่อให้ได้ถั่วลิสงที่มีคุณภาพมาตรฐานตามที่กำหนด

อะฟลาทอกซิน เป็นสารพิษจากเชื้อราซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยเชื้อราหลายชนิด แต่ชนิดที่มีความสำคัญ คือ เชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งสร้างสารอะฟลาทอกซิน บี1 (AFB1) ที่มีความเป็นพิษสูง เมื่อผู้บริโภคได้รับ AFB1 เข้าไปในร่างกาย จะถูกดูดซึมและไปสะสมอยู่บริเวณตับ หลังจากนั้นจะถูกเปลี่ยนโครงสร้างให้กลายเป็น B1 8, 9-epoxide ซึ่งมีความสามารถสูงในการจับตัวเข้ากับโปรตีน ดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เนื้อเยื่อตับถูกทำลาย ซึ่งรวมถึงการก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งในเซลล์ตับ (โสภณ และสนั่น, 2554) *A. flavus* เป็นเชื้อราที่พบในดิน และถั่วลิสงเป็นพืชที่มีการเจริญของฝักในดิน ทำให้โอกาสที่จะพบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชและการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* ที่อยู่ในดินสูงเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งมีโอกาสที่จะก่อให้เกิดการสูญเสียผลผลิตและพบการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราได้ง่าย การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่เป็นปัญหาที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* และสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้ในขั้นตอนการผลิตถั่วลิสงเมล็ดแห้งต้องมีการคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ทั้งวิธีการลดความชื้นในเมล็ดรวมทั้งระยะเวลาในการเก็บรักษาผลผลิต เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ต้องลดความชื้นของเมล็ดลงให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อไม่เปิดโอกาสให้เชื้อราเข้าทำลายและสร้างสารพิษได้ง่าย รวมทั้งการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงเป็นเวลานานก่อนนำไปจำหน่ายหรือแปรรูป อาจทำให้คุณภาพของถั่วลิสงลดลง บุญมี และคณะ (2546) ได้ศึกษาวิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อน ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 27% ลดลงเหลือ 5.7% ภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมง ขณะที่การตากแดดและผึ่งในร่มต้องใช้เวลา 60 และ 90 ชั่วโมง ตามลำดับจึงจะทำให้ความชื้นอยู่ในระดับเดียวกัน

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการศึกษาเมล็ดถั่วลิสงสำหรับการบริโภค โดยศึกษาผลของวิธีการลดความชื้นเมล็ดถั่วลิสงร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการปนเปื้อนสาร AFB1 รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมัน เพื่อให้ได้ข้อมูลวิธีการที่เหมาะสมในการลดความชื้นในเมล็ดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยและระยะเวลาเก็บรักษาผลผลิตที่เหมาะสมให้ยังคงคุณภาพเมล็ดในแต่ละช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ได้เมล็ดถั่วลิสงยังคงคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 5 จากแปลงทดสอบใน อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น โดยใช้ถั่วลิสงฝักสดสำหรับนำมาทดสอบแต่ละกรรมวิธี 150–200 kg นำมาทดสอบวิธีการลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ด วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยหลัก คือ วิธีการลดความชื้น 3 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 (T1) ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40°C โดยใช้ถั่วลิสงที่ใช้ในการทดลอง 197 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบนาน 34 ชั่วโมง (ตามคุณสมบัติของเครื่องอบลมร้อนจาก ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น)

กรรมวิธีที่ 2 (T2) ปลิดฝักถั่วลิสง นำไปตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน ใช้เวลาในการตากนาน 18 วัน (เนื่องจากไม่โดนแสงแดดโดยตรง และมีฝนตกในช่วงทำการทดลอง ทำให้ใช้เวลาในการลดความชื้นนานกว่าปกติ) ช่วงเวลาทำการทดลองมีอุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 26–38°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64–85%

กรรมวิธีที่ 3 (T3) ปลิดฝักถั่วลิสง ใส่ตะกร้านำไปล้างน้ำ และตากบนตาข่ายมุ้งไนลอนบนพื้นปูน นาน 7 วัน (เป็นกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ) ช่วงเวลาทำการทดลองมีอุณหภูมิในช่วงกลางวันเฉลี่ย 29–36°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 64–73%

ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาถั่วลิสงก่อนการกะเทาะเปลือก 5 ระยะ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

นำถั่วลิสงแห้งทั้งฝักที่ผ่านขั้นตอนลดความชื้นในแต่ละกรรมวิธีมาบรรจุใส่กระสอบพลาสติก ความหนาประมาณ 0.4–0.5 มิลลิเมตร (กระสอบละ 3 kg/1 ซ้ำ) และนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ช่วงกลางคืน 27±2°C, กลางวัน 34±2°C) ในอาคารที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน เมื่อครบระยะเวลาในแต่ละเดือนสุ่มตัวอย่างถั่วลิสง กรรมวิธีละ 12 kg มากะเทาะเปลือก แกะเมล็ดด้วยมือ และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดในทุกกรรมวิธีดังนี้

- หาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี-เสีย (โดยน้ำหนัก) ด้วยการคัดแยกเมล็ดดี และเมล็ดเสีย (เมล็ดที่ขึ้นรา เมล็ดลีบแบน มีตำหนิ) นำไปชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งวัดความชื้นเมล็ดในทุกกรรมวิธี

- ตรวจการปนเปื้อนเชื้อราโดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดในทุกกรรมวิธีมาทดสอบด้วยวิธี direct plating ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยสุ่มเมล็ดถั่วลิสงในทุกกรรมวิธีวางบนอาหาร Dichloran 18% Glycerol (DG 18) agar จำนวน 5 เมล็ด ต่อจานเลี้ยงเชื้อ รวม 60 เมล็ด/กรรมวิธี ป่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเชื้อราที่พบ

- วิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อน AFB1 ในทุกกรรมวิธี ด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) โดยใช้ชุดตรวจสอบ DOA-Aflatoxin ELISA test kit ตามวิธีการที่ระบุในคู่มือชุดตรวจสอบฯ

- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วลิสง โดยวิเคราะห์โปรตีน (Protein) ด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีน Nitrogen Combustion (Nitrogen CN-628) และวิเคราะห์ไขมัน (Crude Fat) ด้วยเครื่องสกัดไขมัน Soxtec™ 8000

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นตามกรรมวิธีต่างๆ บรรจุในกระสอบพลาสติกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 เดือน และนำมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดในทุกเดือนของการเก็บรักษา พบว่า ถั่วลิสงที่ผ่านการลดความชื้นตามกรรมวิธีต่างๆ ในแต่ละเดือนส่วนใหญ่มีปริมาณเมล็ดดีมากกว่า 90% แต่ในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ถั่วลิสงในกรรมวิธีที่ 2 (T2) มีเมล็ดดีลดลง เหลือ 57.7% มีเมล็ดเสียสูงถึง 42.3% โดยน้ำหนัก เนื่องมาจากพบการเข้าทำลายของด้วงขาโต (*Caryedon serratus*) กัดกินเมล็ดจนเป็นรูพรุน ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการตากบนตะแกรงตากในโรงเรือน

นานเกินไป เนื่องจากตะแกรงตากไม่โดนแสงแดดโดยตรงและช่วงทำการทดลองมีฝนตก ความชื้นในอากาศสูง ความชื้นเมล็ดจึงลดลงได้ช้า ทำให้แมลงศัตรูพืชเข้ามาวางไข่ในช่วงระยะเวลาการตาก และเจริญเติบโตทำความเสียหายในช่วงเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา (Fig.1)

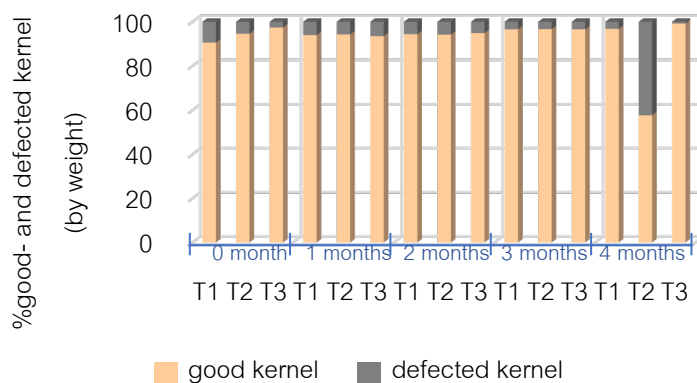


Fig.1 Percentage of good- and defected kernels (by weight) of peanuts after treated with drying methods and storage at ambient temperature for 4 months (T1: treatment no.1, T2: treatment no.2, T3: treatment no.3)

ถั่วลิสงที่เก็บเกี่ยวใหม่จากแปลงมีความชื้นสูงถึง 44.6–49.5% เมื่อลดความชื้นด้วยกรรมวิธีต่างๆ ความชื้นเมล็ดลดลงเหลือ 5.9–6.0% มีความชื้นเมล็ดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษา เป็น 6.4–6.8% และ 6.1–6.2% ตามลำดับ ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษา เมล็ดมีความชื้น 6.0–6.3% ซึ่งทุกกรรมวิธีทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเมล็ดต่ำกว่ามาตรฐานถั่วลิสงเมล็ดแห้งกำหนด (9%) (Fig. 2) ไสภภณ และสนั่น (2554) แนะนำว่า การนำถั่วลิสงไปใช้ในรูปแบบของถั่วเมล็ดแห้ง จำเป็นต้องมีวิธีการลดความชื้นของเมล็ดให้ลดต่ำกว่าจาก 30% จนถึง 12% ภายในระยะเวลาไม่เกิน 3 วัน จึงจะปลอดภัยจากการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน เนื่องจากช่วงที่เมล็ดมีความชื้น 12–30% เหมาะแก่การเจริญและการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* มากที่สุด Okello et al. (2010) รายงานว่า ความชื้นสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงที่ไม่ได้กะเทาะเปลือกอยู่ที่ 9% เมล็ดที่กะเทาะเปลือกแล้ว 7% ซึ่งที่ความชื้นเมล็ดระดับนี้ ถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์ 70% และอุณหภูมิ 25–27°C เป็นสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาเมล็ดได้ประมาณ 1 ปี

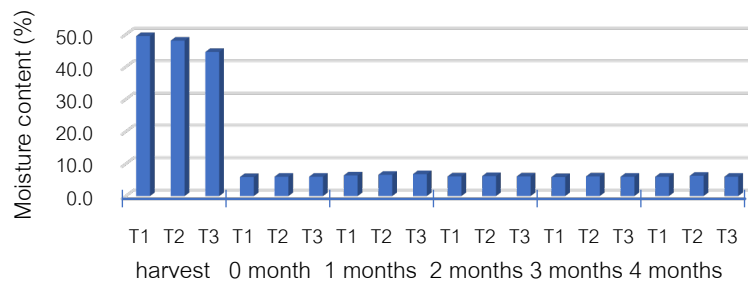


Fig. 2 Percentage of moisture content of peanuts after treated with drying methods and storage at ambient temperature for 4 months

การทดสอบการปนเปื้อนเชื้อราในเมล็ดถั่วลิสงในระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ก่อนการเก็บรักษา (เดือน 0) ทั้ง 3 กรรมวิธี พบการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium* sp. สูง 36.7–83.3% รองลงมาคือ เชื้อรา *A. niger* 3.3–25.0% และ *Eurotium* sp. 1.7–6.7% ตามลำดับ หลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน ยังคงพบการปนเปื้อนของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ *A. niger* มาก 28.3–58.3% และ 10.0–16.7% ตามลำดับ นอกจากนี้มีการปนเปื้อนเชื้อรา *Fusarium* sp. เล็กน้อย 1.7% ในกรรมวิธีที่ 1 และ 3 ส่วนเดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่ 2 มีการปนเปื้อนเชื้อราหลายชนิด พบ *Penicillium* sp. 60.0% *A. niger* 16.7% *A. terreus* 6.7% และ *Eurotium* sp. 1.7% ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา พบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* เล็กน้อยในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีการปนเปื้อน 3.3% และ 1.7% ตามลำดับ ส่วนเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาพบการปนเปื้อนของเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวชนิดต่างๆ ลดลง แต่ในกรรมวิธีที่ 3 มีการพบเชื้อรา *Eurotium* sp. เพิ่มสูงขึ้น 21.7% (Fig. 3) *Eurotium* เป็นระยะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* ที่มักพบในกลุ่มอาหารแห้งชนิดต่างๆ นอกจากนี้การพบเชื้อรา *A. niger* สูง เนื่องจากเป็นเชื้อราที่เจริญได้ดีทั้งในสภาพอากาศค่อนข้างเย็นและร้อนชื้น อีกทั้งเป็นเชื้อราที่พบปนเปื้อนได้ทั้งในดินและผลิตผลเกษตรหลายชนิด ในส่วนของเชื้อรา *Penicillium* sp. ที่พบปนเปื้อนสูงมากกว่าเชื้อราชนิดอื่นๆ ในช่วงแรกของการเก็บรักษาเป็นผลมาจากการปนเปื้อนจากดินในแปลงปลูก เนื่องจากการสำรวจดินในแปลงปลูกถั่วลิสงที่ทำการทดลองพบมีเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* มาก จากรายงานของ Ding et al. (2015) ได้ศึกษาความแตกต่างของเชื้อราและสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่เก็บรักษาใน 4 พื้นที่ของประเทศจีน พบว่า พื้นที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงอาจจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* และสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง เช่นมณฑลหูเป่ย์ตอนกลางของประเทศมีการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium*, *Eurotium* และ *Aspergillus* สูง ส่วนมณฑลชานตงทางภาคตะวันออกพบ *Rhizopus*, *Emericella* และ *Clonostachys* เป็นส่วนใหญ่ และมณฑลกวางตุ้งทางตอนใต้ของจีนพบเชื้อรา *Eurotium*, *Aspergillus* และ *Emericella*

ทดสอบวิธีการลดความชื้นและระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่า วิธีการตากเพื่อลดความชื้นร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการปนเปื้อน AFB1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการปนเปื้อน AFB1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน โดยทุกกรรมวิธีที่ทำการทดสอบพบการปนเปื้อน AFB1 ไม่ค่าเกินมาตรฐานตามข้อกำหนดปริมาณอะฟลาทอกซินสำหรับเมล็ดถั่วลิสง (20 µg/kg) ในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ย 4.1–8.6 µg/kg แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 สูงขึ้นในทุกกรรมวิธีการลดความชื้น พบการปนเปื้อน AFB1 เฉลี่ย 9.5–13.0 µg/kg (Table 1) ซึ่งอาจเกิดจากการพบการ

ปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา และเมล็ดถูกแมลงเข้าทำลายทำให้เชื้อราเจริญและสร้างสารพิษในเมล็ดได้ง่ายขึ้น และจากงานวิจัยของ Ding et al. (2015) พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา *Aspergillus* มีการปนเปื้อนสูงในช่วง 7–12 เดือนของการเก็บรักษา มากกว่าช่วง 0–6 เดือน ซึ่งบ่งบอกถึงความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่จัดเก็บ โดยมีการปนเปื้อน AFB1 ในถั่วลิสง เพิ่มขึ้นในช่วงการเก็บรักษา 7–10 เดือน งานวิจัยของ Kaaya and Kyamuhangire (2006) พบว่า ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซิน คือ ขั้นตอนการเก็บรักษา เมล็ดที่ถูกเข้าทำลายโดยเชื้อรากลุ่มที่สร้างสารพิษได้จากในแปลงปลูก จะสร้างสารพิษได้อย่างรวดเร็วหากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งในการเก็บรักษาเมล็ดควรเก็บในโรงเก็บที่สะอาด อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ รวมทั้งมีการถ่ายเทอากาศได้ดี

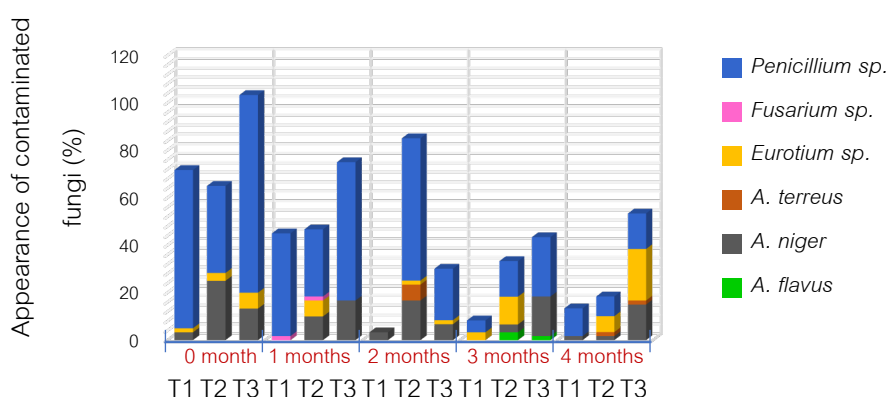


Fig. 3 Percentage of *A. flavus* and other post-harvest fungi contamination in dried peanut after treated with drying methods and storage at ambient temperature for 4 months

นอกจากนี้ นำเมล็ดถั่วลิสงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน และไขมัน พบว่า เมล็ดถั่วลิสงจากการลดความชื้นทุกกรรมวิธีมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนสุดท้ายของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีโปรตีนลดลง โดยมีโปรตีนเฉลี่ย 22.7–23.4% (Table 2) ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันพบว่า การลดความชื้นทุกกรรมวิธีมีปริมาณไขมันในเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ถั่วลิสงจากกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีปริมาณไขมันลดลงต่ำสุดเฉลี่ย 36.3% และ 36.6% ตามลำดับ (Table 3) สภาเกษตรกร (2561) รายงานคุณค่าทางโภชนาการว่า ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของอาหารประเภทโปรตีนและพลังงาน เพราะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 25–30 ไขมันร้อยละ 45–50 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 20 โปรตีนในถั่วลิสงมีปริมาณเทียบเท่ากับถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วดำ แต่ต่ำกว่าถั่วเหลือง และมีกรดอะมิโน ไลซีน ทรีโอนีน และ เมไทโอนีน ซึ่งจำเป็นต่อร่างกาย

Table 1 Aflatoxin B1 contamination ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in peanuts after treated with different drying methods and storage time

Drying method	Storage time (month)					Mean of AFB1 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
	0	1	2	3	4	
T1 dried with hot air oven (40°C)	6.9 ^{b AB}	6.2 ^{b AB}	7.8 ^{b B}	5.0 ^{b A}	10.8 ^{ab C}	7.3
T2 dried on drying rack in green house	7.0 ^{b AB}	5.1 ^{b A}	8.6 ^{b B}	7.5 ^{b AB}	13.0 ^{b C}	8.2
T3 dried on cement ground	4.1 ^{a A}	7.4 ^{b BC}	7.3 ^{b BC}	4.9 ^{b AB}	9.5 ^{a C}	6.6
Mean	6.0	6.3	7.9	5.8	11.1	

C.V.(a) = 30.3% C.V.(b) = 23.5%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2 Protein content (%) in peanuts after treated with different drying methods and storage time

Drying method	Storage time (month)					Mean of protein (%)
	0	1	2	3	4	
T1 dried with hot air oven (40°C)	27.7 ^{a B}	27.5 ^{a B}	27.2 ^{a B}	28.6 ^{a A}	23.3 ^{a C}	26.9
T2 dried on drying rack in green house	27.5 ^{a B}	27.5 ^{a B}	27.4 ^{a B}	28.4 ^{a A}	23.4 ^{a C}	26.8
T3 dried on cement ground	27.0 ^{a B}	27.0 ^{a B}	27.1 ^{a B}	27.9 ^{a A}	22.7 ^{a C}	26.3
Mean	27.4	27.3	27.2	28.3	23.1	26.7

C.V. (a) = 2.5% C.V.(b) = 1.5%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 3 Fat content (%) in peanuts after treated with different drying methods and storage time

Drying method	Storage time (month)					Mean of fat (%)
	0	1	2	3	4	
T1 dried with hot air oven (40°C)	41.9 ^{a A}	41.4 ^{a A}	38.2 ^{a B}	40.4 ^{a AB}	39.8 ^{a AB}	40.3
T2 dried on drying rack in green house	41.2 ^{a AB}	41.5 ^{a A}	39.4 ^{a AB}	38.0 ^{a BC}	36.3 ^{b C}	39.3
T3 dried on cement ground	39.4 ^{a A}	41.0 ^{a A}	38.8 ^{a AB}	39.8 ^{a A}	36.6 ^{b B}	39.1
Mean	40.8	41.3	38.8	39.4	37.6	39.6

C.V.(a) = 5.9% C.V.(b) = 4.3%

In a column, means followed by the same common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

In a row, means followed by the same capital letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

สรุป

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการปนเปื้อน AFB1 ปริมาณโปรตีน และไขมัน โดยทุกกรรมวิธีที่ทำการทดสอบ พบการปนเปื้อน AFB1 ไม่เกินค่ามาตรฐาน 20 µg/kg โดยในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 ไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา คุณภาพเมล็ดถั่วลิสงลดลงในทุกกรรมวิธี ถั่วลิสงมีการปนเปื้อน AFB1 สูงขึ้น เฉลี่ย 9.5–13.0 µg/kg ปริมาณโปรตีนและไขมันในเมล็ดลดลงกว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษา และวิธีการลดความชื้นโดยตากบนตะแกรงในโรงเรือน พบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บทำให้เมล็ดเกิดความเสียหาย ซึ่งเกิดจากการตากนานเกินไป ดังนั้นวิธีการลดความชื้นที่ดีควรลดความชื้นให้เร็วและควรระวังการเข้ามาวางไข่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ และในการเก็บรักษาถั่วลิสงควรเก็บในที่โล่งระบายอากาศได้ดี และไม่ควรถูกเก็บนานเกินไปจะทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องอบลมร้อน และผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์โรงเรือนสำหรับใช้ในการทดลองลดความชื้นถั่วลิสง

เอกสารอ้างอิง

- ทักษิณา คันสยะวิรัช. 2560. เทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสง. ใน: เทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3. ขอยแก่น. หน้า 15–26.
- บุญมี ศิริ, เบญจมาภรณ์ สุทธิ, ไสภณ วงศ์แก้ว. 2456. การลดความชื้นและคุณภาพเมล็ดถั่วลิสง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34: 187–189.
- ไสภณ วงศ์แก้ว, สนั่น จอกลอย. 2554. อะฟลาทอกซินในถั่วลิสง: ข้อเสนอวิธีแก้ปัญหา. เกษตร 39: 1–11.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2559. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วลิสง ทิศทางพืชเศรษฐกิจไทยในอาเซียน. บริษัท พรทรัพย์การพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. เมล็ดถั่วลิสง: ข้อกำหนดปริมาณอะฟลาทอกซิน. มาตรฐานสินค้าเกษตร. มกษ.4702-2557. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 2 ก. 7 มกราคม 2559.
- สภาเกษตรกร. 2561. ถั่วลิสง. สารความรู้เกษตรกร องค์ความรู้ 24 กรกฎาคม 2561. <https://www.nfc.or.th/content/6961>, 30 พฤศจิกายน 2564.
- Ding, N., Xing, F., Liu, X., Selvaraj, J.N., Wang, L., Zhao, Y., Wang, Y., Guo, W., Dai, X., Liu, Y. 2015. Variation in fungal microbiome (microbiome) and aflatoxin in stored in-shell peanuts at four different areas of China. *Front. Microbiol.* 6: 1–10.
- Kaaya, A.N., Kyamuhangire, W. 2006. The effect of storage time and agroecological zone on mould incidence and aflatoxin contamination of maize from traders in Uganda. *Int. J. Food Microbiol.* 10: 217–223.
- Okello, D.K., Kaaya, A.N., Bisikwa, J., Were, M., Oloka, H.K. 2010. Management of aflatoxins in groundnuts: A manual for farmers, processors, traders and consumers in Uganda. National Agricultural Research Organisation in collaboration with Makerere University, Uganda.
- Savage, G.P., Keenan, J.I. 1994. The composition and nutritive value of groundnut Kernels. In: Smartt, J. (Ed.). *The Groundnut Crop*. Chapman & Hall. London, UK. pp. 173–213.

รูปแบบการดูดน้ำและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะในน้ำและสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด

Imbibition pattern and duration of eggplant seeds with water and potassium nitrate solution

นลินรัตน์ อึ้งสายเชื้อ^๑, รักษศักดิ์ เสริมศักดิ์^๒, นิตยา ชูเกาะ^๑, พิจิตรา แก้วสอน^{๑,*}

Nalinrat Ungsaichuea^๑, Raksak Sermsak^๒, Nittaya Chookoh^๑, Pichitra Kaewsorn^{๑,*}

^๑ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๒ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^๑Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^๒Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pichitra.k@ku.th

บทคัดย่อ

การแช่เมล็ดพันธุ์เป็นการกระตุ้นการงอก ดังนั้นการศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดจึงเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดูดน้ำและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์มะเขือเปราะ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เจ้าพระยาและพันธุ์หยาดทิพย์ (ความชื้นของเมล็ด 9.4% เท่ากัน) โดยแช่เมล็ดในน้ำ reverse osmosis (RO) และสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด (KNO₃) ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดมะเขือเปราะทั้งสองพันธุ์ดูดน้ำอย่างรวดเร็วในระยะที่ 1 ของรูปแบบการดูดน้ำ โดยการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ 3% เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เป็นเวลา 10.21 และ 9.88 ชั่วโมง ตามลำดับ การดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์หยาดทิพย์ที่แช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ 3% เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เป็นเวลา 10.00 และ 10.17 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นการแช่เมล็ดทั้งสองพันธุ์ในน้ำ RO และสารละลาย KNO₃ 3% เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้น 44–48% ซึ่งอยู่ในระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด

คำสำคัญ: การแช่เมล็ด, ความชื้นของเมล็ด, ระยะงัน

Abstract

Seed soaking is a technique for enhancing seed germination. Therefore, the pattern of seed imbibition is important for studying. The aim of this study was to investigate the imbibition pattern and duration of eggplant seeds 2 cultivars including 'Chao Pha Ya' and 'Yard Thip' [the same moisture content (MC) of 9.4%]. Seeds were soaked in reverse osmosis (RO) water and 3% potassium nitrate (KNO₃) solution for 6, 12, 18 and 24 hr. The results showed that eggplant seeds of both cultivars were rapidly imbibed water in phase I of the imbibition pattern. The imbibition of 'Chao Pha Ya' eggplant seeds in RO water and 3% KNO₃ solution were entered into phase II at 10.21 and 9.88 hr, respectively, while the imbibition of 'Yard Thip' eggplant seeds soaked in RO water and 3% KNO₃ solution were entered into phase II at 10.00 and 10.17 hr, respectively. Thus, seed soaking of both cultivars in RO water and 3% KNO₃ solution for 12 hr resulted in a MC of 44–48% phase II, which is sufficient for seed germination.

Keywords: Lag phase, Seed moisture content, Seed soaking

คำนำ

มะเขือเปราะ (*Solanum melongena* L.) เป็นผักในวงศ์ Solanaceae ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ในปี 2563 ประมาณ 3.3 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร, 2564) มีหลากหลายพันธุ์ทั้งพันธุ์ผสมเปิด (open-pollinated variety; OP) และพันธุ์ลูกผสม (F1 hybrid variety; F1 hybrid) ซึ่งพันธุ์ผสมเปิดที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย เช่น มะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยา นิยมใช้แกงป่า ส่วนมะเขือเปราะพันธุ์ลูกผสม เช่น พันธุ์หยดน้ำหรือหยาดทิพย์ นิยมรับประทานผลดิบและใช้แกงเขียวหวาน เพราะเนื้อมาก เปลือกหนา ผลใหญ่ขนส่งได้ระยะทางไกล (เฉลิมชัย, 2556) เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญสำหรับการผลิตพืช ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดเป็นลักษณะคุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ที่มีความสำคัญที่สุด เพราะเป็นลักษณะรวมของเมล็ดพันธุ์ที่ทำให้งอกและให้ต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์ มีการตั้งตัวอย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอในแปลงปลูก (จวงจันท์, 2529) เมล็ดมะเขือมักมีปัญหาความงอกต่ำ เนื่องจากการพักตัวของเมล็ดที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารยับยั้งการงอกจากกรดแอบไซซิก (abscisic acid; ABA) ที่อยู่ในเอ็มบริโอขัดขวางกระบวนการงอกของเมล็ด (Copeland and McDonald, 1985; Yogeesh et al., 2006; Zdrakovic et al., 2013) น้ำเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นต่อการงอก โดยทำให้เมล็ดมีความชื้นสูงขึ้นเปลือกที่หุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม จึงทำให้ออกซิเจนซึมผ่านเข้าสู่เมล็ด ช่วยเป็นตัวกลางในการขนย้ายสารเคมีและย่อยสลายสารโมเลกุลอาหารสะสมภายในเมล็ด (บุญมี, 2546) โดยรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ระยะ (triphasic imbibition pattern) คือ ระยะที่ 1 (phase I) หรือระยะดูดน้ำ (imbibition phase) เมล็ดแห้งเมื่อได้รับน้ำจะดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยการแพร่ (diffusion) โมเลกุลของน้ำเข้าสู่เมล็ดโดยแรง imbibition force ซึ่งจะลดลงเมื่อน้ำในเมล็ดมากขึ้น จากนั้นจะมีการดูดน้ำผ่านกระบวนการ osmosis force ขณะสิ้นสุดระยะเมล็ดจะมีความชื้นที่ 30–60% (วันชัย, 2553) ขึ้นอยู่กับชนิดพืช เนื่องจากลักษณะของเปลือกที่หุ้มเมล็ด องค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ด ขนาดของเมล็ด และค่าซลคักย์ (Obroucheva, 1999) ระยะที่ 2 (phase II) หรือระยะงัน (lag phase) เมล็ดจะดูดน้ำเข้าสู่เซลล์อย่างช้า ๆ โดยน้ำจะไปกระตุ้นเอนไซม์ทำให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมีแล้วเกิดการย่อยสลายสารอาหารและลำเลียงอาหารสะสมไปยังเอ็มบริโอ และระยะที่ 3 (phase III) หรือระยะการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (embryo growth phase) เมล็ดจะกลับมามีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วอีกครั้ง เกิดการแบ่งเซลล์ที่จุดเจริญและมีการแทงรากแรกเกิด (radicle) (วันชัย, 2553) ซึ่งวรวิฑริภา (2563) ได้รายงานการดูดน้ำของเมล็ดพริกพันธุ์ห้วยสีทันในระยะเวลา 12 ชั่วโมง วิวรรณยา (2560) รายงานการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือยาวสีม่วง 2 พันธุ์ ได้แก่ 'E13' และ 'E14' โดยเมล็ดดูดน้ำและเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือระยะงันของรูปแบบการดูดน้ำ ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยมีความชื้นภายในเมล็ดของทั้งสองพันธุ์ประมาณ 44–47% ซึ่งในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์หรือการไพรมิงเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดจะดูดน้ำในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ให้เพียงพอสำหรับกระตุ้นกระบวนการงอก แต่ยังไม่ทำให้ออกแรกเกิด (radicle) ปรากฏ (Copeland and McDonald, 1995; McDonald, 2000) เพื่อให้เมล็ดมีพัฒนาการงอกขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน (Heydeck and Coolbear, 1977) เมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์แล้วเมื่อนำไปดูดน้ำอีกครั้งจะทำให้เมล็ดงอกได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ (Bewley and Black, 1978) การแช่เมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ เป็นการแช่เมล็ดในน้ำสะอาดหรือน้ำบริสุทธิ์เป็นระยะเวลาหนึ่ง และการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส เป็นการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าซลคักย์ (water potential; Ψ) ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง (Bewley et al., 2013) สารเคมีที่นิยมใช้ เช่น KNO_3 เพราะมีคุณสมบัติส่งเสริมการงอกของเมล็ด (Heydecker and Coolbear, 1977) และทำลายการพักตัวของเมล็ด (ISTA, 2018) โดยคุณสมบัติของสารละลาย KNO_3 จะแตกตัวได้ K^+ ทำหน้าที่รักษาค่า osmotic potential กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์กับกระบวนการหายใจรวมทั้งเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แป้งและโปรตีน (บุญมี, 2558) และ NO_3^- ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการ

หายใจ (respiration) ทำหน้าที่แทนออกซิเจนในกระบวนการหายใจ จึงสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ (วันชัย, 2553) มีรายงานการเตรียมเมล็ดพันธุ์มะเขือ 'Cica' ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 96% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมความพร้อมมีความงอกเพียง 83% (Nascimento and Lima, 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดูดน้ำและระยะเวลาในการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะ 2 พันธุ์ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เพื่อใช้สำหรับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะ

นำเมล็ดมะเขือเปราะ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เจ้าพระยา ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด (OP) และพันธุ์หยาดทิพย์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม (F1 hybrid) ที่มีความชื้นของเมล็ด 9.4% เท่ากัน มาศึกษารูปแบบและระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 เพื่อได้ระยะเวลาการดูดน้ำ ห้างปฏิบัติการหน่วยวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช 1, 2 ห้อง 622 อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ โดยแช่เมล็ดในน้ำ reverse osmosis (RO) และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$ จำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ทดสอบความชื้นของเมล็ดด้วยวิธีการอบด้วยความร้อนแห้งที่อุณหภูมิต่ำคงที่ (low constant temperature oven method) ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 17 ± 1 ชั่วโมง (ISTA, 2018) คำนวณความชื้นของเมล็ด มีหน่วยเป็น % ตาม Equation 1

$$\text{Seed moisture content (\%)} = \frac{\text{Fresh seed weight} - \text{Dry seed weight}}{\text{Fresh seed weight}} \times 100 \quad (1)$$

คำนวณหาระยะเวลาการเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือระยะงัน (lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด (triphasic pattern of imbibition) จากความชันของเส้นกราฟความชื้นเมล็ด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การดูดน้ำของเมล็ดมะเขือพันธุ์เจ้าพระยา

จากการศึกษาระยะเวลาในการดูดน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ของเมล็ดมะเขือพันธุ์เจ้าพระยา โดยเมล็ดมีความชื้นเริ่มต้น 9.4% หรือก่อนแช่เมล็ด (0 ชั่วโมง) (Fig. 1) หลังจากแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะที่ 1 จาก 9.4% เป็น 42.5% และ 42.3% ตามลำดับ เนื่องจากเมล็ดแห้ง (dry seed) มีความชื้นต่ำจะมีค่าศักย์ภายในต่ำมาก ซึ่งอาจต่ำมากถึง -100 MPa เมื่อได้รับน้ำจึงทำให้เมล็ดมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วในระยะที่ 1 โดยผ่านกระบวนการแพร่ (diffusion) (วันชัย, 2553) เมื่อแช่เมล็ดมะเขือพันธุ์เจ้าพระยาในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าความชื้นของเมล็ดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้น 48.9% 48.5% และ 49.6% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ที่มีความชื้นในเมล็ด 48.4% 47.9% และ 46.3% ตามลำดับ (Fig. 1) น้ำ RO มีค่าศักย์ 0 MPa ซึ่งมากกว่าสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ที่มีค่าศักย์ -1.5 MPa ซึ่งอัตราการดูดน้ำของเมล็ดจะลดลงเมื่อค่าศักย์เป็นลบภายนอกเมล็ด (Woodstock, 1988)

เมื่อพิจารณาความชื้นของเส้นกราฟความชื้นของเมล็ดมะเขือพันธุ์เจ้าพระยาก่อนแช่เมล็ด (0 ชั่วโมง) และหลังแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเข้าสู่ระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด (Fig. 1) พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{\text{RO}} = 1.0667x + 36.5$ และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{\text{KNO}_3} = 1.0833x + 35.5$ และเมื่อแทนค่าเฉลี่ยความชื้นของเมล็ดในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ในระยะที่ 2 ตั้งแต่ 12–24 ชั่วโมง คือ 47.4% และ 46.2% ตามลำดับ พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่แช่เมล็ดในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เริ่มเข้าระยะที่ 2 ตั้งแต่ 10.21 และ 9.88 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำและในสารละลาย KNO_3 เข้าสู่ระยะที่ 2 ใช้เวลาใกล้เคียงกัน

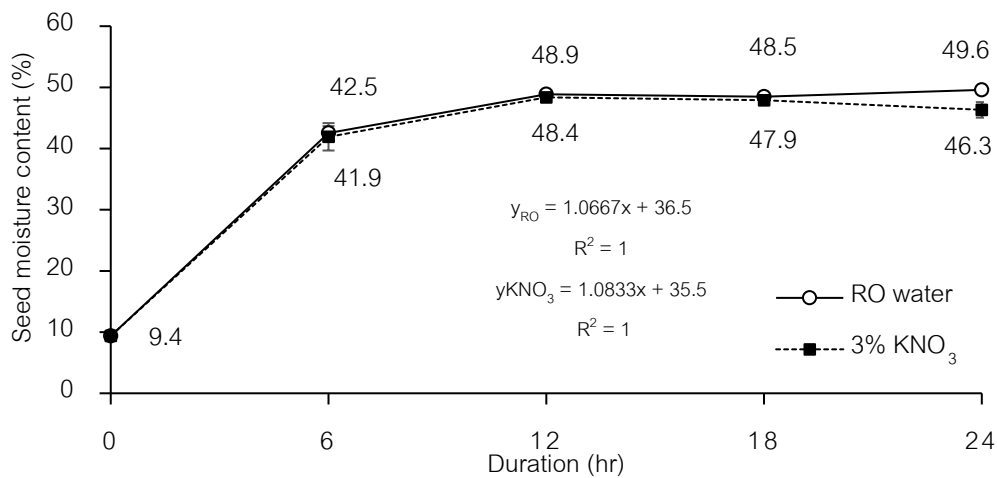


Fig. 1 Seed moisture content of 'Chao Pha Ya' eggplant after soaking with RO water and 3% KNO_3 solution at various soaking duration

การดูดน้ำของเมล็ดมะเขือพันธุ์หยาดทิพย์

การศึกษาเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์หยาดทิพย์ก่อนแช่เมล็ด (0 ชั่วโมง) มีความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดที่ 9.4% (Fig. 2) ซึ่งหลังจากแช่เมล็ดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมล็ดที่ดูดน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะที่ 1 จาก 9.4% เป็น 41.9% และ 37.2% ตามลำดับ เนื่องจากความแตกต่างของค่าศักย์ระหว่างภายในและภายนอกเมล็ดและคุณสมบัติเปลือกหุ้มเมล็ดทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าสู่เมล็ดอย่างรวดเร็ว (Copeland and McDonald, 1995) เมื่อแช่เมล็ดมะเขือพันธุ์หยาดทิพย์ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมง เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้น 44.6% 43.4% และ 44.9% ตามลำดับ พบว่าความชื้นของเมล็ดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดย ซึ่งมากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ที่มีความชื้นในเมล็ด 44.4% 42.8% และ 44.3% ตามลำดับ (Fig. 2) เนื่องจากสารละลาย KNO_3 เป็นสารควบคุมแรงดันออสโมซิสที่มีค่าศักย์ต่ำทำให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้าๆ (McDonald, 2000)

เมื่อพิจารณาความชื้นของกราฟความชื้นของเมล็ดมะเขือพันธุ์หยาดทิพย์ก่อนแช่ 0 ชั่วโมง และเมล็ดหลังแช่ในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเข้าสู่ระยะที่ 2 ของรูปแบบ

การดูดน้ำของเมล็ด (Fig. 2) พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{RO} = 0.45x + 39.2$ และการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ได้สมการเชิงเส้น คือ $y_{KNO_3} = 1.2x + 30$ และเมื่อแทนค่าเฉลี่ยความชื้นของเมล็ดในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ในระยะที่ 2 ตั้งแต่ 6–24 ชั่วโมง คือ 43.7% และ 42.2% ตามลำดับ พบว่าการดูดน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์หยาดทิพย์ที่แช่เมล็ดในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เริ่มเข้าระยะที่ 2 ตั้งแต่ 10.00 และ 10.17 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำเข้าสู่ระยะที่ 2 ได้เร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 เนื่องจากกระบวนการออสโมซิส (osmosis) เมล็ดจะดูดน้ำตามค่าศักย์ที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกเมล็ด โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่จากบริเวณที่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่สารละลายมีความเข้มข้นต่ำ (วันชัย, 2553) โดยความดันออสโมซิสแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย (Shull, 1913) ซึ่งน้ำมีค่าศักย์ (0 MPa) สูงกว่าสารละลาย KNO_3 ค่าศักย์ (-1.5 MPa) จึงส่งผลให้เกิดความดันออสโมซิสสูงกว่าสารละลาย KNO_3 การแช่เมล็ดในน้ำบริสุทธิ์ไม่สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดได้ เนื่องจากมีค่าศักย์สูงกว่าภายในเมล็ด เมล็ดบางชนิดอาจดูดน้ำเร็วเกินไป ทำให้กระบวนการทางชีวเคมีเกิดไม่พร้อมกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดต่างกัน ทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดได้ ซึ่งสารละลาย KNO_3 มีค่าศักย์ต่ำกว่าจึงทำให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้า ๆ ในระดับที่เกิดกระบวนการทางชีวเคมีได้ แต่ไม่ทำให้เมล็ดแทงรากแรกเกิด (radicle) ออกมา (McDonald, 2000) สอดคล้องกับ Reis et al. (2012) รายงานการแช่เมล็ดมะเขือ 'Embu' ในน้ำและสารละลาย KNO_3 ที่ค่าศักย์ -0.8 MPa ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดที่แช่ในน้ำมีความชื้นภายในเมล็ด 35.1% ซึ่งสูงกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 1% มีความชื้นภายในเมล็ด 32.7% สอดคล้องกับ กุลธิดา (2559) รายงานการดูดน้ำของเมล็ดพริกพันธุ์บางช้างในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้นภายในเมล็ด 47.0% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3 ที่มีความชื้นภายในเมล็ด 43.0% แสดงว่าความชื้นของเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีความชื้นมากกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย KNO_3

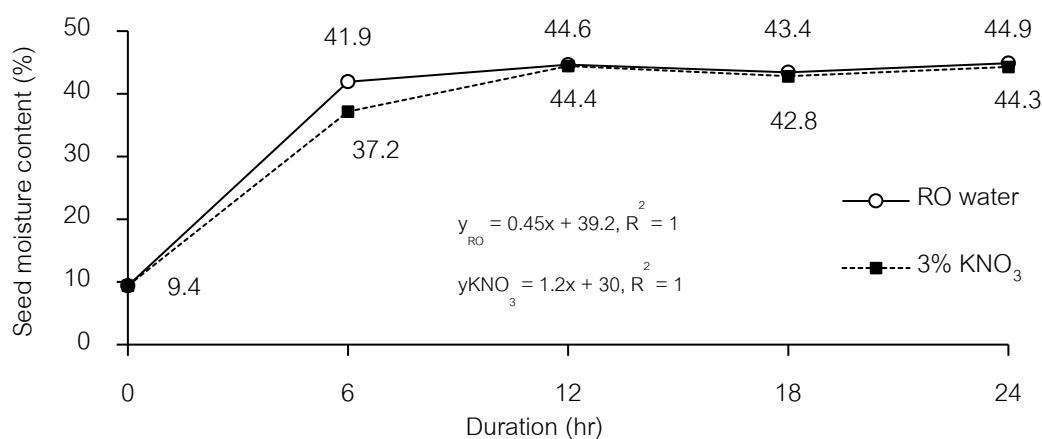


Fig. 2 Seed moisture content of 'Yard Thip' eggplant after soaking with RO water and 3% KNO_3 solution at various soaking duration

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความชื้นของเมล็ดมะเขือเปราะทั้งสองพันธุ์ที่แช่ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% (Fig. 3) พบว่าเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาและพันธุ์หยาดทิพย์มีความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน คือ 9.4%

หลังจากแช่เมล็ดในน้ำ เป็นเวลา 6–24 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาที่มีความชื้นเป็น 42.5–49.6% ส่วนพันธุ์หยาดทิพย์มีความชื้น 41.9–44.9% ซึ่งความชื้นของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาสูงกว่าเมล็ดพันธุ์หยาดทิพย์ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปทางเดียวกันกับเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาและพันธุ์หยาดทิพย์หลังจากแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 6–24 ชั่วโมง มีความชื้นเป็น 42.3–46.3% และ 37.2–44.3% ตามลำดับ ซึ่งความชื้นของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาสูงกว่าเมล็ดพันธุ์หยาดทิพย์ โดยมีความชื้นแตกต่างกัน 3.0–7.1% รวรินทร์นิภา (2563) รายงานการดูน้ำ RO และน้ำหมักชีวภาพจากมูลหนอนไหมความเข้มข้น 0.1% 1% 10% 50% และ 100% ในพริกพันธุ์ห้วยสีทัน เมล็ดมีความชื้นเป็น 41.5% และ 37.9–40.2% ตามลำดับ โดยมีความชื้นแตกต่างกัน 1.3–3.6% ที่เวลา 12 ชั่วโมง มีความชื้นเพียงพอที่อยู่ในระยะที่ 2 แล้ว เมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์มีระยะเวลาการแช่เมล็ดที่เหมาะสมแตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถในการดูดซึมน้ำของเปลือกเมล็ดต่างกัน เช่น เปลือกที่หนาของเมล็ดทำให้น้ำผ่านได้ยากกว่าเมล็ดที่มีเปลือกบาง ขนาดของเมล็ด โครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดที่แตกต่างกัน (วันชัย, 2553) การดูน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาและพันธุ์หยาดทิพย์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความชื้นภายในเมล็ดประมาณ 44–48% ซึ่งอยู่ในระยะที่ 2 เป็นระยะเวลาที่เมล็ดจะดูดน้ำเข้าสู่เซลล์อย่างช้าๆ โดยน้ำจะไปกระตุ้นเอนไซม์ทำให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมีแล้วเกิดการย่อยสลายสารอาหารและลำเลียงอาหารสะสมไปยังเอ็มบริโอ เพียงพอสำหรับกระบวนการงอกของเมล็ด สอดคล้องกับ วิวรรณยา (2560) รายงานการดูน้ำของเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวสีม่วง 'E13' และ 'E14' ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% ในระยะที่ 2 ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความชื้นประมาณ 44–47%

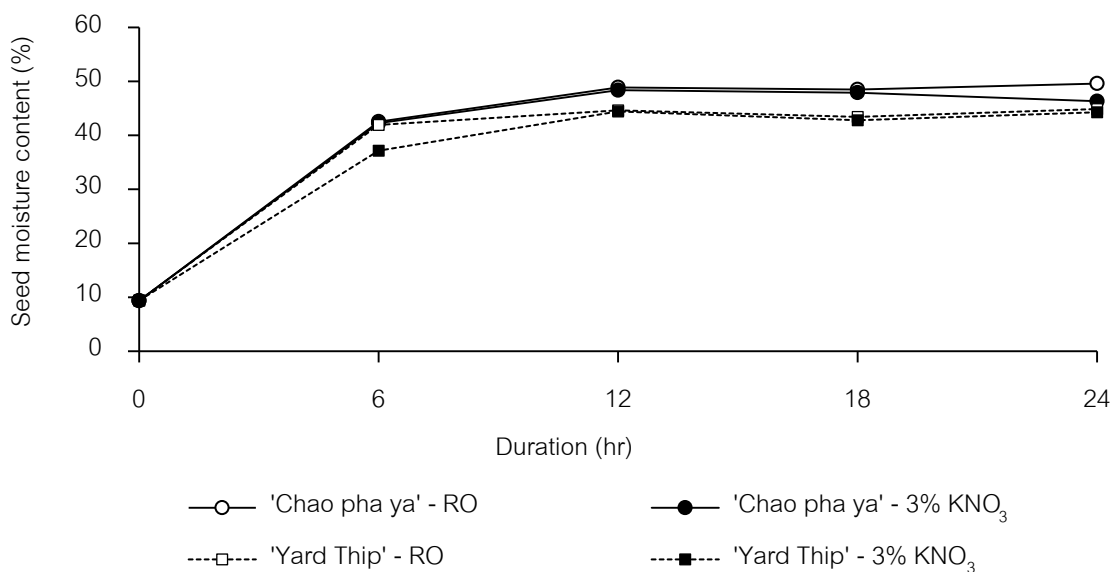


Fig. 3 Seed moisture content of 'Chao Pha Ya' and 'Yard Thip' eggplants after soaking with RO water and 3% KNO_3 solution at various soaking duration

สรุป

การดูน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์เจ้าพระยาหลังแช่เมล็ดในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 10.21 และ 9.88 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการดูน้ำของเมล็ดมะเขือเปราะพันธุ์หยาดทิพย์หลังแช่ในน้ำและสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 ตั้งแต่ 10.00 และ 10.17 ชั่วโมง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม

การแช่เมล็ดของมะเขือทั้งสองพันธุ์ในน้ำ RO และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีความชื้นภายในเมล็ดประมาณ 44–48% ซึ่งอยู่ในระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด ซึ่งเพียงพอสำหรับกระบวนการงอกของเมล็ด เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กุลธิดา โชทนากุล. 2559. ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความสามารถในการงอก การเก็บรักษาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกพันธุ์บางช้าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ.
- เฉลิมชัย ตระกูลวาง. 2556. ผักสวนครัวรั้วเกษตร ฉบับชาวบ้าน. สำนักพิมพ์พงษ์สาสน์. กรุงเทพฯ.
- บุญมี ศิริ. 2546. วิทยาการเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น.
- วิรินทร์นิภา แว่วสอน. 2563. การใช้สารสกัดอินทรีย์สำหรับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เพื่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกขึ้นในระบบอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2553. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วิวรรณยา คล้อยสาย. 2560. ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์มะเขือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักควบคุมพันธุ์พืชและวัสดุการเกษตร. 2564. การส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุม (รายชนิด) การส่งออก 2563. https://www.doa.go.th/ard/?page_id=1428, 4 พฤศจิกายน 2564.
- Bewley, J.D., Black, M. 1978. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hillhorst, H.W.M., Nonogaki, H. 2013. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, 3rd ed. Springer. New York, NY, USA.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. 1985. Principle of Seed Science and Technology. 2nd ed. Burgess Publishing Company, MN, USA.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. 1995. Seed Science and Technology, 3rd ed. Chapman & Hill, New York, NY, USA.
- Heydecker, W., Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance—survey and attempted prognosis. Seed Sci. Technol. 5: 353–425.
- ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association (ISTA). Basserdorf, Switzerland.
- McDonald, M.D. 2000. Seed priming. Seed technology and its biological basis. In: Black, M., Bewley, J.D. (Eds.). Sheffield Academic Press Sheffield. UK, pp. 281–325.
- Nascimento, W.M., Lima, L.B. 2008. Eggplant Seed Priming to Improve Germination at Low Temperature. Revista Brasileira de Semetes. 30: 224–227. doi.org/10.1590/S0101-31222008000200029

- Obroucha, N.V. 1999. Seed germination: A guide to the early stages, Backhuys Publishers. The Netherland, pp. 1–158.
- Reis, R.de G.E., Guimarães, R.M., Vieira, A.R., Gonçalves, N.R., Costa, V.H. 2012. Physiological quality of osmoprimed eggplant seeds. Ciênc. Agrotec. 36: 526–532. doi:10.1590/s1413-70542012000500005
- Shull, C.A. 1913. Semipermeability of seed coats. Int. J. Plant Sci. 56: 169–199.
- Woodstock, L.W. 1988. Seed imbibition: A critical period for successful germination. J. Seed Technol. 12: 1–15.
- Yogeesha, H.S., Upreti, K.K., Padmini, K., Bhanuprakash, K., Murti, G.S.R. 2006. Mechanism of seed dormancy in eggplant (*Solanum melongena* L.). Seed Sci. Technol. 34: 319–325. doi.10.15258/sst.2006.34.2.0
- Zdravkovic, J., Ristic, N., Girek, Z., Pavlovic, S., Pavlovic, N., Pavlovic, R., Zdravkovic, M. 2013. Understanding and overcoming seed dormancy in eggplant (*Solanum melongena* L.) breeding lines. Breed. Genet. 45: 211–220.

ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

Effect of garlic extract on aflatoxin contamination in dried chili

รัตตา สุธธยาคม*, ศุภรา อัครคะสาระกุล, วีรภรณ์ เดชนำบุญชาชัย

Ratta Suttayakom*, Suppara Aukkasarakul, Weeraporn Dejnunchachai

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: rattas43@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของน้ำคั้นกระเทียมสดต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง โดยการทดสอบระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียม พบว่าน้ำคั้นกระเทียม 100% มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* บนอาหารพีดีเอได้ดี ทำการตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งโดยวิธี ELISA จากพริกแห้งเติมสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นาน 21 วัน พบสารอะฟลาทอกซิน 35.20 µg/kg เปรียบเทียบกับพริกไม่เติมเชื้อรา พบ 8.82 µg/kg และเมื่อเก็บรักษาพริกแห้งที่อุณหภูมิ 29.7°C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.8% นาน 35 วัน ผลการทดลอง พบว่าพริกแห้งที่เติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อรา *A. flavus* มีสารอะฟลาทอกซิน 6.19 µg/kg ส่วนพริกที่ไม่เติมน้ำคั้นกระเทียม มีค่าเท่ากับ 7.23 µg/kg แสดงถึงน้ำคั้นกระเทียมยับยั้งเชื้อรา *A. Flavus* และการสร้างสารอะฟลาทอกซิน ทำให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินลดลง 14.38% นอกจากนี้ น้ำคั้นกระเทียมยังมีผลต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่เติมเชื้อรา *A. flavus* ให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบการสร้างสารอะฟลาทอกซินลดลง 34.93% ผลการศึกษาพบว่าน้ำคั้นกระเทียมสดสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราและลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ ดังนั้นนำวิธีการมาใช้เพื่อเก็บรักษาพริกแห้งให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: น้ำคั้นกระเทียม, พริกแห้ง, อะฟลาทอกซิน

Abstract

The effect of fresh garlic extract on aflatoxin contamination in dried chili was studied. For this purpose, by testing the concentration of garlic extract, it was found that 100% garlic extract had a good inhibitory effect on the growth of *Aspergillus flavus* on PDA. Determination of aflatoxin content in dried chili by ELISA method from dried chili with added spore suspensions of *A. flavus* stored at room temperature for 21 days showed that aflatoxin content was 35.20 µg/kg as compared to dried chili without adding *A. flavus* was 8.82 µg/kg. Storage of dried chillies at 29.7°C and 66.8% relative humidity for 35 days showed that dried chili added with garlic extract before adding *A. flavus* had aflatoxin of 6.19 µg/kg, dried chili without garlic extract was found at 7.23 µg/kg, which was indicated that garlic extract inhibited *A. flavus* and aflatoxin production decreased aflatoxin content by 14.38%. In addition, garlic extract had a significantly different effect on aflatoxin production in dried chili with *A. flavus*, which found aflatoxin production was reduced by 34.93%. The results showed that fresh garlic extract was able to control fungal growth and reduce aflatoxin production. Therefore, the method has been applied to preserve dried chili to be safe for consumers.

Keywords: Aflatoxin, Dried chili, Garlic extract

คำนำ

พริกแห้งเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง จากสถิติการนำเข้าและการส่งออกของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2564 ปริมาณการนำเข้าพริกแห้ง 72,556 ตัน มูลค่า 5,409 ล้านบาท และปริมาณการส่งออก 9,539 ตัน มูลค่า 413 ล้านบาท การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในผลิตผลเกษตร มักพบการปนเปื้อนของเชื้อราสกุล *Aspergillus* โดยเชื้อรา *A. flavus* สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน และเจริญบนผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด สารอะฟลาทอกซินพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อราหลายชนิด ได้แก่ *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. tamarii* และ *A. nomius* ในประเทศไทยพบ *A. flavus* เป็นเชื้อราสาเหตุสำคัญที่สร้างสารอะฟลาทอกซินปนเปื้อนในผลิตผลเกษตร และในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ใช้วัตถุดิบที่มีเชื้อราชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ก่อน สารอะฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติ มี 4 ชนิด ได้แก่ สารอะฟลาทอกซิน บี1 (AFB1) บี2 (AFB2) จี1 (AFG1) และ จี2 (AFG2) โดยอะฟลาทอกซิน บี1 มีความเป็นพิษสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ อะฟลาทอกซิน จี1, บี2 และจี2 ตามลำดับ สำหรับสารอะฟลาทอกซิน บี1 ทำให้เกิดเซลล์ผิดปกติขยายใหญ่กลายเป็นเนื้องอกและมะเร็งในที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ตับ (กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2560) เนื่องจากความเป็นพิษที่ร้ายแรงจึงได้มีการกำหนดให้มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในอาหารได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($\mu\text{g}/\text{kg}$) หรือ 20 พีพีบี ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529

การลดการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในผลิตผลเกษตรด้วยสารสกัดจากพืชสมุนไพร เป็นวิธีการที่ปลอดภัยและลดการใช้สารเคมี กระเทียม (*Allium sativum*) เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาในการต้านการอักเสบ ต้านเชื้อแบคทีเรีย และต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ เมื่อหัวกระเทียมสด ถูกบด สับ หรือคั้น เอนไซม์แอลลิเนสที่อยู่ภายในเซลล์จะเปลี่ยนสารแอลลิอินให้กลายเป็นสารแอลลิซิน ซึ่งสารแอลลิซินนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะของกระเทียม (Stoll and Seebeck, 1951) เนื่องจากสารแอลลิซิน เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของกระเทียมที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับสารแอลลิซินในกระเทียมที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิด บุญญวดี และคณะ (2558) รายงานประสิทธิภาพของน้ำคั้นกระเทียมที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2.5% ขึ้นไป สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ได้สมบูรณ์ และเมื่อนำพริกป่นมาคลุกกับน้ำคั้นกระเทียม ความเข้มข้น 100% และ 75% สามารถลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่นได้ 73.67% และ 69.71% ตามลำดับ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาการใช้น้ำคั้นกระเทียมสดเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพริกแห้ง

พริกชี้หนูแดงพันธุ์ชูบุเปอร์ฮอต เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกในเขต อ.หนองหงส์ จ.บุรีรัมย์ คัดเลือกผลน่าเสียทิ้ง เด็ดขั้ว ล้างน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar drying house) ที่ จ.นครราชสีมา เป็นเวลา 5 วัน ได้พริกแห้งที่มีปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน $4.48 \mu\text{g}/\text{kg}$ และความชื้น 12.36% สำหรับใช้ในการทดลอง

การเตรียมน้ำคั้นกระเทียมสด

กระเทียมไทย จาก จ.ศรีสะเกษ นำมาแกะเปลือก ล้างน้ำสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำชนิดแยกกาก และกรองด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง จะได้น้ำคั้นกระเทียมสดไว้ใช้ในการทดลอง เตรียมเมื่อต้องการใช้งาน

ระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* บนอาหารพื๊ดีเอ

วางแผนการทดลองแบบ CRD เปรียบเทียบ 5 กรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เติมน้ำคั้นกระเทียม)

กรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นกระเทียม 25%

กรรมวิธีที่ 3 น้ำคั้นกระเทียม 50%

กรรมวิธีที่ 4 น้ำคั้นกระเทียม 75%

กรรมวิธีที่ 5 น้ำคั้นกระเทียม 100%

เตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อพื๊ดีเอ (Potato Dextrose Agar, PDA) ปริมาตร 400 มิลลิลิตร จากนั้นเทอาหารพื๊ดีเอ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต่อจานเลี้ยงเชื้อ วางชิ้นกระดาษวงกลมที่หนึ่งซ้าเชื้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ลงบนผิวหน้าอาหาร จำนวน 4 จุด ต่อจานเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นนำน้ำคั้นกระเทียมหยดลงบนกระดาษ ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ตามกรรมวิธีที่กำหนด เก็บที่อุณหภูมิห้อง

บันทึกผลเมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* (เซนติเมตร) บนผิวหน้าอาหาร

ศึกษาความสามารถของเชื้อรา *A. flavus* ในการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (เติมน้ำนิ่งซ้าเชื้อ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร)

กรรมวิธีที่ 2 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

ซ้งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก ถุงพลาสติก PP (Polypropylene) น้ำหนัก ถุงละ 100 กรัม จำนวน 60 ถุง ทำตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลเมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน

1. วัดความชื้น โดยบดตัวอย่างพริกแห้งให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหาร นำมาวัดค่าความชื้น (%)

2. ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซิน โดยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ด้วยชุด

ตรวจสอบสารอะฟลาทอกซินสำเร็จรูปของกรมวิชาการเกษตร

ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อคุณภาพของพริกแห้ง

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จัดเรียงตัวอย่างแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีจำนวน 3 ถุง

Main plot = 4 (M1 = น้ำ M2 = น้ำคั้นกระเทียม 100% M3 = สารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6

สปอร์ต่อมิลลิลิตร และ M4 = น้ำคั้นกระเทียม + เชื้อรา *A. flavus*)

Sub plot = 5 อายุการเก็บรักษา (S1 = 7 วัน S2 = 14 วัน S3 = 21 วัน S4 = 28 วัน และ S5 = 35 วัน)

กรรมวิธีที่ 1 เติมน้ำนิ่งซ้าเชื้อ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 2 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 3 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

กรรมวิธีที่ 4 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมน้ำคั้นกระเทียมสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

ซ้งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนัก ถุงละ 50 กรัม จำนวน 240 ถุง ทำตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผล เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน

1. วัดความชื้น โดยบดตัวอย่างพริกแห้งให้ละเอียด นำมาวัดค่าความชื้น (%)

2. ตรวจปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน โดยวิธี ELISA

ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

วิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบ t-test เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำมีจำนวน 2 ถุง กรรมวิธีที่ 1 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร กรรมวิธีที่ 2 เติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร คลุกให้ทั่ว หลังจากนั้นเติมน้ำคั้นกระเทียม 100% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

ซึ่งพริกแห้งใส่ถุงพลาสติก PP น้ำหนัก ถุงละ 30 กรัม จำนวน 200 ถุง ทำตามกรรมวิธีที่กำหนด มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางวง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผล เมื่อครบเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน

ตรวจปริมาณสารอะฟลาทอกซินโดยวิธี ELISA นำค่าที่ได้มาคำนวณ % Inhibition of aflatoxin production ตาม Equation 1

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(\text{aflatoxin of dried chili with } A. \text{ flavus} - \text{aflatoxin of dried chili with garlic extract} + A. \text{ flavus})}{\text{aflatoxin of dried chili with } A. \text{ flavus}} \times 100 \quad (1)$$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ระดับความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมสดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอ

ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอ เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำคั้นกระเทียมดังนี้ น้ำคั้นกระเทียมความเข้มข้น 100% ยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดี 1.89 และ 1.01 ซม. น้ำคั้นกระเทียม 25% ยับยั้งการเจริญได้ดีที่สุด 1.07 และ 0.66 ซม. ที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา จะพบว่าที่ 24 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าที่เวลา 48 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงใน Table 1 จากผลการทดลองนี้ หลังบ่มเชื้อ 48 ชั่วโมง สปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผสมอยู่ในอาหารพีดีเอจะยังไม่เจริญถึงระยะที่หยดน้ำคั้นกระเทียม แต่เจริญอยู่รอบนอกบริเวณที่มีการยับยั้งการเจริญของเชื้อ ซึ่งบริเวณที่มีการยับยั้งนี้จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยปกติบนอาหารพีดีเอ สปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* จะเริ่มงอก หลังบ่มไว้ 6 ชั่วโมง และจะสร้าง conidial head หลังบ่ม 24 ชั่วโมง และจาก Fig. 1 พบว่าหลังบ่มเชื้อ 72 ชั่วโมง เชื้อรา *A. flavus* สามารถเจริญเข้ามาถึงระยะที่หยดน้ำคั้นกระเทียม แสดงถึงประสิทธิภาพที่ลดลงของน้ำคั้นกระเทียมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ซึ่งสอดคล้องกับ บุญญวดี และคณะ (2558) ทดสอบการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* บนอาหารพีดีเอ บ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง พบว่า น้ำคั้นกระเทียม ความเข้มข้น 2.5% 5% และ 10% สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ได้สมบูรณ์ รวมถึงรายงานสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ 61.94% (Bilgrami et al., 1992) จากผลการทดลองนี้จึงคัดเลือกน้ำคั้นกระเทียมสด ความเข้มข้น 100% ใช้ในการทดสอบต่อไป

ศึกษาความสามารถของเชื้อรา *A. flavus* ในการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

พริกแห้งที่เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งที่เติมน้ำ (ชุดควบคุม) เก็บที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน ดังนี้ พริกแห้งเติมเชื้อ *A. flavus* พบสารอะฟลาทอกซิน 27.70 µg/kg 24.63 µg/kg และ 35.20 µg/kg พริกชุดควบคุมพบสารอะฟลาทอกซิน 10.08 µg/kg 6.10 µg/kg และ 8.82 µg/kg ตามลำดับ และที่ 21 วัน มีค่า t-test สูงสุด เท่ากับ 17.9 เป็นช่วงเวลาที่มีการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงสุดเช่นกัน ผลการทดลองแสดงใน Table 2 จากผลการทดลองพริกแห้งชุดควบคุมพบสารอะฟลาทอกซิน สาเหตุอาจเกิดจากในพริกแห้งมีเชื้อราปนเปื้อนอยู่ก่อนแล้ว เมื่อมีการเติมน้ำทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เชื้อราที่พักตัวเกิดการสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ เนื่องจากเชื้อรา *A. flavus* เป็นเชื้อราที่สามารถทนแล้งได้ในระดับปานกลาง (moderately xerophilic) ระดับความชื้นต่ำสุดที่เชื้อรา *A. flavus* จะเจริญได้ใน ถั่วลิสง เมล็ดทานตะวัน เท่ากับ 11-12% และในสภาวะที่มีความชื้นต่ำมากจนสปอร์ของเชื้อ *A. flavus* ไม่สามารถเจริญได้ แต่สปอร์ของเชื้อราก็สามารถพักตัวอยู่ได้บนผลิตภัณฑ์แห้ง เป็นเวลานานหลายวันจนถึงหลายเดือนโดยที่สปอร์ยังคงมีชีวิต (Houbraken, 2022)

สำหรับความชื้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างพริกแห้งเติมเชื้อ *A. flavus* กับชุดควบคุม แต่ความชื้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ดังนี้ เก็บ 21 วัน มีค่าความชื้นสูงสุด ในพริกแห้งเติมเชื้อ 15.98% พริกชุดควบคุม 15.95% รองลงมาที่ 14 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงใน Table 3 ความชื้นที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเติมเชื้อรา 1 มิลลิลิตร และน้ำ 1 มิลลิลิตร ก่อนการบ่มเชื้อ และอีกส่วนจากความชื้นในสภาพแวดล้อมเนื่องจากพริกแห้งเก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน หรือถุงร้อน ซึ่งเป็นพลาสติกชนิดความหนาแน่นต่ำ 0.90-0.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทนความร้อนสูงถึง 90°C มีความใส ใสน้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้บ้าง

ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อคุณภาพของพริกแห้ง

พริกแห้งเก็บรักษาครบกำหนด 35 วัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.7°C ความชื้นสัมพัทธ์ 66.8% มีปริมาณสารอะฟลาทอกซิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 3 (เชื้อ *A. flavus*) สารอะฟลาทอกซินสูงที่สุด 7.23 µg/kg รองลงมากรรมวิธีที่ 4 (น้ำคั้นกระเทียม + เชื้อ *A. flavus*) 6.19 µg/kg ส่วนกรรมวิธีที่ 1 (น้ำ) และกรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม) ปริมาณสารอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างกัน 4.56 µg/kg และ 4.50 µg/kg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลาในการเก็บรักษามีผลให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินมีค่าแตกต่างกัน พบมีค่าสูงสุด 6.67 µg/kg เมื่อเก็บนาน 35 วัน ผลการทดลองแสดงใน Table 4 จากผลการทดลองกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 มีสารอะฟลาทอกซินไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นปริมาณสารอะฟลาทอกซินเริ่มต้น (4.48 µg/kg) ในตัวอย่างพริกแห้ง และเนื่องจากพริกแห้งทั้งสองกรรมวิธีนี้ไม่มีการเติมเชื้อ *A. flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์เกษตร สำหรับกรรมวิธีที่ 4 พริกแห้งเติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อ *A. flavus* (6.19 µg/kg) มีผลให้สารอะฟลาทอกซินเกิดขึ้นต่ำกว่าในกรรมวิธีที่ 3 พริกแห้งเติมเชื้อเพียงอย่างเดียว (7.23 µg/kg) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ 14.38% จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าน้ำคั้นกระเทียมไม่ทำลายสารอะฟลาทอกซิน แต่มีผลต่อเชื้อราที่สร้างสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งสอดคล้องกับ อมรา และคณะ (2551) ทดสอบประสิทธิภาพของสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซิน โดยวิธี Tip Culture Method พบว่า กระเทียม จัดอยู่ในกลุ่มสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. flavus* สูง ทำให้ปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่สร้างลดลง

ค่าความชื้นของพริกแห้งที่เก็บครบ 35 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 4 (น้ำคั้นกระเทียม + เชื้อ *A. flavus*) ความชื้นสูงสุด 16.33% รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 (เชื้อ *A. flavus*) และกรรมวิธีที่ 1 (น้ำ) มีค่าเท่ากับ 15.65%

และ 15.54% ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 2 (น้ำคั้นกระเทียม) มีค่าต่ำสุด 15.27% ซึ่งสอดคล้องกับชนิดของสาร และปริมาตรที่เติมในช่วงเริ่มการทดลอง ผลการทดลองแสดงใน Table 5

ผลของน้ำคั้นกระเทียมต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้ง

พริกแห้งกรรมวิธีที่ 1 เชื้อ *A. flavus* และกรรมวิธีที่ 2 น้ำคั้นกระเทียม + เชื้อ *A. flavus* มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29.83°C ความชื้นสัมพัทธ์ 69.7% ครบ 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน มีค่า t-test เท่ากับ 8.15, 2.78, 8.11 และ 6.64 ตามลำดับ ดังค่าแสดงใน table 6 และจาก Fig. 2 แสดงปริมาณสารอะฟลาทอกซินในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 ที่ทุกช่วงเวลา คำนวณตาม Equation 1 จะได้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่เติมน้ำคั้นกระเทียมก่อนเติมเชื้อรา *A. flavus* ดังนี้ 5.86% 34.93% 27.0% 23.14% และ 19.48% ตามเวลาที่บ่มเชื้อ 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน และ 35 วัน ตามลำดับ ผลการทดลองเช่นเดียวกับ อมรา และคณะ (2551) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำคั้นกระเทียม พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพดที่มีการปลูกเชื้อก่อนเติมน้ำกระเทียม ได้ 56.60% 58.70% 78.00% และ 76.34% ที่เวลา 7 วัน 10 วัน 15 วัน และ 20 วัน ตามลำดับ และมีรายงานสารสกัดหยาบของกระเทียมมีผลลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวที่เติมเชื้อ *A. flavus* เช่นกัน (Thanaboripat et al., 1997) จากผลการทดลองที่เวลา 21 วัน พริกแห้งมีปริมาณสารอะฟลาทอกซินสูงสุดในกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 20.74 µg/kg และกรรมวิธีที่ 2 เท่ากับ 15.14 µg/kg โดยสารอะฟลาทอกซินมีแนวโน้มจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับเวลาที่บ่มเชื้อ สอดคล้องกับ Kheiralla et al. (1992) ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และการสร้างสารอะฟลาทอกซินบนผลิตภัณฑ์เกษตร พบว่าที่อุณหภูมิ 30°C นาน 14 วัน เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *A. flavus* และเป็นเวลาที่มีการสร้างสารอะฟลาทอกซินสูงสุด โดยที่ระดับการสร้างสารอะฟลาทอกซินจะลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้น สาเหตุเกิดจากการดูดซับกลับ (re-adsorption) หรือการเสื่อมสลายของสารอะฟลาทอกซินเอง (degradation)

Table 1 Inhibition zone of *Aspergillus flavus* on paper disc with garlic extract on potato dextrose agar at 24 hr and 48 hr of incubation

Concentration of garlic extract (%)	Inhibition zone of <i>Aspergillus flavus</i> (cm)	
	24 hr **	48 hr **
Control (0% garlic extract)	0 ^e	0 ^e
25% garlic extract	1.071 ^d	0.658 ^d
50% garlic extract	1.627 ^c	0.825 ^c
75% garlic extract	1.740 ^b	0.904 ^b
100% garlic extract	1.896 ^a	1.010 ^a
CV (%)	10.49	18.42

** = significant at $p < 0.01$.; Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2 Aflatoxin content in dried chilies after storage in polypropylene bag at room temperature for 7 to 21 days

Aflatoxin content after storage ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Day 7		Day 14		Day 21	
	control	<i>A. flavus</i>	control	<i>A. flavus</i>	control	<i>A. flavus</i>
Mean	10.08	27.70	6.10	24.63	8.82	35.20
t-test	17.6**		16.4**		17.9**	

** = significant at $p < 0.01$ **Table 3** Moisture content (%) in dried chilies after storage in polypropylene bag at room temperature for 7 to 21 days

Moisture content after storage (%)	Day 7		Day 14		Day 21	
	control	<i>A. flavus</i>	control	<i>A. flavus</i>	control	<i>A. flavus</i>
Mean	14.46	14.61	15.43	15.50	15.95	15.98
t-test	1.20 ^{ns}		0.79 ^{ns}		0.44 ^{ns}	

ns = not significant

Table 4 Aflatoxin content in dried chilies after storage in polypropylene bag at room temperature for 35 days

Treatment	Aflatoxin content in dried chilies after storage for 7 to 35 days					T-Mean**
	($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
	7 days	14 days	21 days	28 days	35 days	
Control (water)	4.13	4.27	4.58	4.80	5.03	4.56 ^a
Garlic extract	3.94	4.76	4.10	4.50	5.20	4.50 ^a
<i>A. flavus</i>	7.18	7.35	6.30	6.85	8.48	7.23 ^c
Garlic extract + <i>A. flavus</i>	5.94	6.48	5.14	5.42	7.96	6.19 ^b
D-Mean**	5.29 ^{ab}	5.71 ^b	5.03 ^a	5.39 ^{ab}	6.67 ^c	5.62

cv (a) = 22.8%; cv (b) = 15.2%

Means in the same column; the same row followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 5 Moisture content (%) in dried chilies after storage in Polypropylene bag at room temperature for 35 days

Treatment	Moisture content (%) in dried chilies after storage for 7 to 35 days.					T-Mean**
	7 days	14 days	21 days	28 days	35 days	
Control (water)	14.81	15.37	15.35	15.85	16.29	15.54 ^b
Garlic extract	14.57	14.99	15.12	15.77	15.91	15.27 ^c
<i>A. flavus</i>	14.95	15.46	15.69	15.89	16.27	15.65 ^b
Garlic extract + <i>A. flavus</i>	15.93	16.09	16.42	16.44	16.75	16.33 ^a
D-Mean**	15.06 ^d	15.48 ^c	15.65 ^c	15.99 ^b	16.30 ^a	15.70

cv (a) = 1.5%; cv (b) = 1.6%

Means in the same column; the same row followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

Table 6 Comparison of aflatoxin content in dried chilies amended with and without garlic extract

Storage day	7 Days	14 Days	21 Days	28 Days	35 Days
T-test	1.19 ^{ns}	8.15 ^{**}	2.78 [*]	8.11 ^{**}	6.64 ^{**}

** = significant at $p < 0.01$; * = significant at $p < 0.05$; ns = not significant

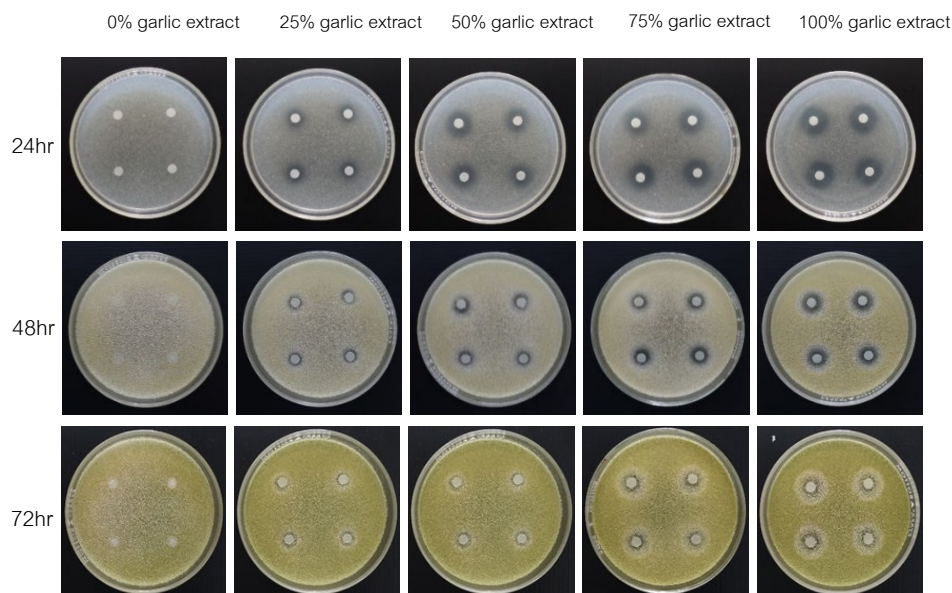


Fig. 1 Inhibition zone of paper disc at 0%; 25%; 50%; 75% and 100% of garlic extract on the growth of *Aspergillus flavus* on PDA for 24 hr, 48 hr and 72 hr

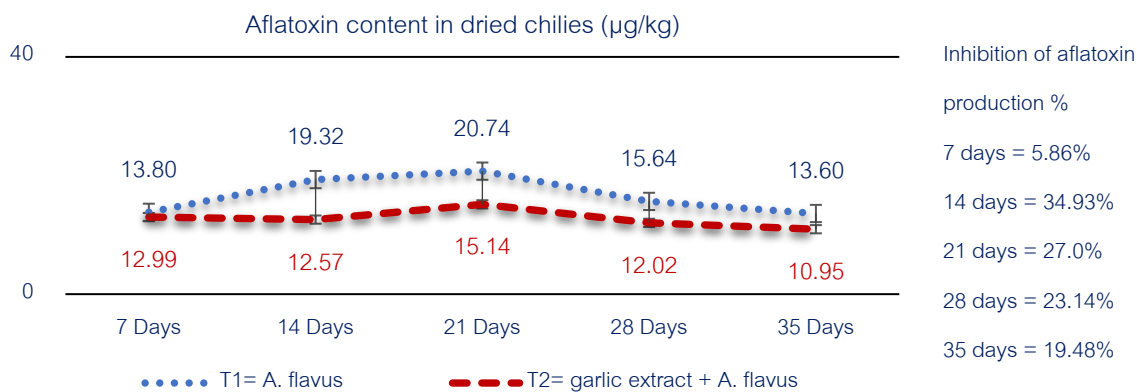


Fig. 2 Aflatoxin content in dried chillies storage in polypropylene bags at room temperature for 35 days

สรุป

น้ำคั้นกระเทียมสด ความเข้มข้น 100% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหารที่ตีเอได้ดี และมีผลลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งที่มีการเติมเชื้อรา *A. flavus* เมื่อบ่มเชื้อ 14 วัน ลดการสร้างสารอะฟลาทอกซินในพริกแห้งได้ 34.93% จากการทดลองนี้ ผู้บริโภคสามารถนำน้ำคั้นกระเทียมสดมาคลุกพริกแห้งก่อนการเก็บรักษาไว้ในคร้วเรือน ซึ่งเป็นวิธีการที่ปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2529. เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ใน: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529). ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ 103 ตอนที่ 23.
- กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. 2560. สารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด. กรุงเทพฯ.
- บุญญาวดี จิระวุฒิ, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, สุพี วนศิริกุล, อัจฉราพร ศรีจูดานู, อมรา ชินภูติ. 2558. การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินโดยสารออกฤทธิ์จากกระเทียม. วารสารวิชาการเกษตร 33: 15–28.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. การนำเข้าและส่งออกพริกแห้ง ปี 2564. <http://impexp.oae.go.th/service/index.php>, 2 ธันวาคม 2564.
- อมรา ชินภูติ, ศุภรา อัครเศสสารกุล, อรุณศรี วงษ์อุไร, ชวลิต ตริกรุณาสวัสดิ์, พรทิพย์ วิสารทานนท์, ไพศาล รัตนเสถียร. 2551. การควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินโดยใช้พืชสมุนไพร. ผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2551 ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1–15.
- Bilgrami, K.S., Sinha, K.K., Sinha, A.K. 1992. Inhibition of aflatoxin production and growth of *Aspergillus flavus* by eugenol and onion and garlic extracts. Indian J. Med. Res. 96: 171–175
- Houbraken, J. 2022. *Aspergillus flavus*. Encyclopedia of Dairy Sciences, 3rd ed. Academic Press. MA, USA. doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00013-1
- Kheiralla, Z., Hassanin, N., Amra, H. 1992. Effect of incubation time, temperature and substrate on growth and aflatoxin production. Int. Biodeterior. Biodegradation. 30: 17–27.

Stoll, A., Seebeck, E. 1951. Chemical investigations on alliin, the specific principle of garlic. Adv. Enzymol. Rel. S. Bi. 11: 377–400.

Thanaboripat, D., Nontabenjawan, K., Leesin, K., Teerapiannont, D., Sukcharoen, O., Ruangrattanametee, V. 1997. Inhibitory effect of garlic, clove and carrot on growth of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. J. Forestry Res. 8: 39–42. doi: 10.1007/bf02864939

การประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วโดยใช้เทคนิค Near infrared spectroscopy Evaluation of caffeine content in roasted coffee bean by using near infrared spectroscopy

ภัทรธรรณ ลูกรักษ์*, นฤเทพ เวชภิบาล, โกเมศ สัตยาวุธ, เฉลิมวุธ สมปาก

Phatthara Loogruk*, Naruthep Wechpibal, Komate Satayawut, Chalermwoot Sompark

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: loogruk2018@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) มาใช้ประเมินหาปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว โดยรวบรวมตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วจากแหล่งต่างๆ จำนวน 164 ตัวอย่าง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง NIRSystems 6500 และวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีนด้วยวิธี HPLC นำค่าที่ได้มาสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.98 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารคาเฟอีนของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการ calibration (SEC) ของเมล็ดกาแฟคั่ว และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารคาเฟอีนของกลุ่ม validation (SEP) ของเมล็ดกาแฟคั่ว เท่ากับ 0.08 และ 0.09 g/100g DW ตามลำดับจากผลการทดสอบพบว่า สามารถนำสมการไปใช้ในการประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วในช่วง 0.013–2.191 g/100g DW ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: คาเฟอีน, เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี, เมล็ดกาแฟคั่ว

Abstract

In this study, near infrared spectroscopy (NIRS) was assessed to determine the caffeine content of roasted coffee bean. The light reflectance of 164 roasted coffee bean samples were measured by NIR spectrometer (NIRSystems 6500) in the wavelength of 400–2500 nm followed by determination of caffeine content using HPLC method. Calibration of NIR spectra and the caffeine content was carried out using Partial Least Square Regression (PLSR) method. The correlation coefficient (r) of caffeine content in roasted coffee bean was 0.98. The standard error of calibration (SEC) and standard error of prediction (SEP) of caffeine content in roasted coffee bean were 0.08 and 0.09 g/100g DW, respectively. These results indicating that this model was effective for predict caffeine content ranging from 0.013–2.191 g/100g DW in roasted coffee bean.

Keywords: Caffeine, Near Infrared Spectroscopy (NIRS), Roasted coffee bean

คำนำ

กาแฟ (coffee) เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและได้เข้ามามีบทบาทหรือเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน สายพันธุ์หลักของกาแฟที่ปลูกกันทั่วไปมี 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กาแฟอะราบิกา (*Coffea arabica*) และกาแฟโรบัสตา (*Coffea canephora*) คาเฟอีน (1, 3, 7-Trimethylxanthines) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของเมล็ดกาแฟ เป็นสารเคมีประเภทอัลคาลอยด์ จัดอยู่ในกลุ่มแซนทีน (Xanthines) ตระกูลเมทิลแซนทีน (Methylxanthines) มีสูตรทางเคมีคือ $C_8H_{10}N_4O_2$ มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น แต่มีรสขม มีผลต่อร่างกายของมนุษย์ ช่วยกระตุ้นประสาท ช่วยให้เกิดความตื่นตัว ทำให้ไม่รู้สึกง่วง ประสาทรับรู้ได้ดี ถ้าร่างกายได้รับปริมาณน้อย จะทำให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่าไม่ง่วงนอนหายจากอาการอ่อนเพลีย แต่ถ้าได้รับปริมาณมากจะทำให้ปวดศีรษะ กระวนกระวาย มือสั่น และนอนไม่หลับ ในกาแฟอะราบิกาคั่วมีปริมาณคาเฟอีนประมาณ 11.15 กรัมต่อลิตร และในกาแฟโรบัสตาคั่วมีปริมาณคาเฟอีนประมาณ 22.55 กรัมต่อลิตร (โกเมส และคณะ, 2559) ผู้ดื่มที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น คนที่เป็นโรคหัวใจ โรคแผลในกระเพาะอาหาร คาเฟอีนจะไปทำให้เกิดการกระสับกระส่าย หัวใจเต้นเร็ว กระเพาะอาหารหลังกรดและน้ำย่อยมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ชื่นชอบกลิ่นรสของกาแฟ แต่ไม่สามารถดื่มกาแฟที่มีคาเฟอีนตามปกติได้ ผลิตภัณฑ์กาแฟสกัดคาเฟอีน (Decaffeinated coffee) จึงเป็นทางเลือกในการบริโภคที่ได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ (พัชนี, 2542) กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้กาแฟที่คั่วแล้ว เป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน โดยกำหนดว่ากาแฟที่คั่วแล้วต้องมีคาเฟอีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 ของน้ำหนัก และกาแฟที่สกัดคาเฟอีนออก ต้องมีคาเฟอีนไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

ปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟควรมีวิธีวิเคราะห์และใช้เครื่องมือหลายชนิด เช่น High performance liquid chromatography (HPLC), UV-Vis spectroscopy, Gas chromatography เป็นต้น HPLC เป็นวิธีที่นักวิจัยส่วนใหญ่เลือกใช้ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนในเครื่องดื่ม โปชา และเมล็ดกาแฟ อย่างไรก็ตามวิธี HPLC เป็นวิธีที่ต้องใช้ต้นทุนสูง ใช้สารเคมี และผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ต้องมีความชำนาญ ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีมาใช้ประเมินคุณภาพผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว แม่นยำ และไม่ใช้สารเคมี

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือเพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีที่ช่วยลดขั้นตอน ลดความยุ่งยากซับซ้อน ไม่ทำลายตัวอย่าง และไม่ใช้สารเคมี เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง โดยอาศัยหลักการสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวัดตัวอย่างด้วยเทคนิค NIRS และค่าปริมาณสารคาเฟอีนที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค HPLC แล้วนำสมการที่ได้มาประเมินค่าปริมาณสารคาเฟอีนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง และการวัดค่าการดูดกลืนแสง

- 1.1 รวบรวมตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วพันธุ์อะราบิกา และโรบัสตา จากเกษตรกร และร้านค้า จำนวน 164 ตัวอย่าง
- 1.2 คัดเลือกตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วให้มีความหลากหลายของปริมาณคาเฟอีน โดยเลือกตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการสกัดคาเฟอีนออก (Decaffeinated coffee) และไม่ผ่านกระบวนการสกัดคาเฟอีนออก (Regular coffee)
- 1.3 นำเมล็ดกาแฟคั่วที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว ตัวอย่างละ 60 กรัม มาบรรจุในเซลล์บรรจุตัวอย่าง ชนิด Coarse sample cell

1.4 นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (Reflectance mode) เพื่อเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขและเส้นสเปคตรัม

การวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีน

การวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว ดัดแปลงตามวิธีของ Hagos et al. (2018) โดยนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วมาบดด้วยเครื่องบดเมล็ดกาแฟ ซึ่งตัวอย่าง จำนวน 0.2 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง ขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปสกัดคาเฟอีนออกด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ โดยรอบที่ 1 เติมน้ำกลั่น 5.0 มิลลิลิตร นำไปต้มในเครื่องล้างความถี่สูง (Sonicator bath, 40 KHz, 120W) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยผ่านคลื่นเสียงความถี่สูง เป็นเวลา 10 นาที เขย่าและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผงกาแฟตกตะกอน จากนั้นแยกสารละลายส่วนบน (1st Supernatant) ออกมาใส่หลอดปั่นเหวี่ยงที่เตรียมไว้ จากนั้นนำกากกาแฟที่เหลือจากการสกัดรอบที่ 1 ไปสกัดคาเฟอีนออกด้วยน้ำกลั่นรอบที่ 2 แยกสารละลายส่วนบน (2nd Supernatant) ออกมารวมกับ 1st Supernatant แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร (Final Supernatant) เขย่าสารละลายให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่น 20% (w/v) Lead Acetate จำนวน 200 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อรอให้สารทำปฏิกิริยา และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้ตกตะกอน จากนั้นกรองสารละลายส่วนบนผ่านกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสอะซิเตท ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอน ใส่ขวดสีชา ขนาด 1.5 มิลลิลิตร และนำไปวิเคราะห์ค่าปริมาณสารคาเฟอีนด้วยเครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) Agilent 1260 infinity series โดยใช้ column Agilent Zorbax Eclipse XDB C-18 วัสดุภาคเคลื่อนที่ที่เป็นสารผสมของอะซิโตรไนไตรล์ 10% และน้ำ 90% (ปรับสภาพน้ำให้เป็นกรดที่ความเข้มข้น 0.1% ด้วยกรดฟอร์มิก) โดยใช้ DAD detector ที่ความยาวคลื่น 274 นาโนเมตร อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และคำนวณ % Caffeine content ตาม Equation 1 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560)

$$\% \text{ Caffeine content (g/100g DW)} = \frac{\text{concentration (}\mu\text{g/ml)} \times \text{dilution volume (ml)}}{\text{sample weight (g)} \times 10^4} \quad (1)$$

การสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อทำนายปริมาณสารคาเฟอีนด้วยเทคนิค NIR

นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วที่ได้จากการวัดโดยเครื่อง NIR Spectrometer และค่าปริมาณสารคาเฟอีนจากการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ มาสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายปริมาณสารคาเฟอีนด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler[®] version 9.7 (Kazeminy et al., 2009) คัดเลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r) ให้มีค่าใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการ calibration (Standard error of calibration: SEC) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายของกลุ่ม validation (Standard error of prediction: SEP) มีค่าต่ำ ซึ่งในการสร้างสมการเทียบมาตรฐานตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้สร้างสมการเทียบมาตรฐาน (Calibration set) จำนวน 152 ตัวอย่าง และกลุ่มที่ใช้ทดสอบความถูกต้องของสมการเทียบมาตรฐาน (Validation set) จำนวน 12 ตัวอย่าง ซึ่งกลุ่มที่ใช้ทดสอบความถูกต้องของสมการจะเป็นอิสระจากกลุ่มที่ใช้ในการสร้างสมการอย่างชัดเจน ซึ่งเรียกว่า separated test set (รณฤทธิ และคณะ, 2564)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (Reflectance mode) ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง NIR Spectrometer รุ่น NIRSystem6500 ได้เส้นสเปกตรัมของเมล็ดกาแฟคั่ว (Fig. 1) จากเส้นสเปกตรัมมีลักษณะเป็นพีค (Peak) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยพีคที่ความยาวคลื่น 1540 และ 1940 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับพันธะ O-H ซึ่งบ่งบอกถึงการดูดกลืนแสงของโมเลกุลน้ำ พีคที่ความยาวคลื่น 1210 และ 1780 นาโนเมตร บ่งบอกถึงการดูดกลืนแสงของโมเลกุลคาร์โบไฮเดรตและไขมันตามลำดับ (Budiastra et al., 2018) จากกราฟค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient plots) ของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณสารคาเฟอีนของตัวอย่าง พบว่ามีค่าสูงที่ความยาวคลื่น 1128, 1672, 2250 และ 2332 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนแสงของโมเลกุลคาเฟอีน (Downey and Bousson, 1996) (Fig. 2)

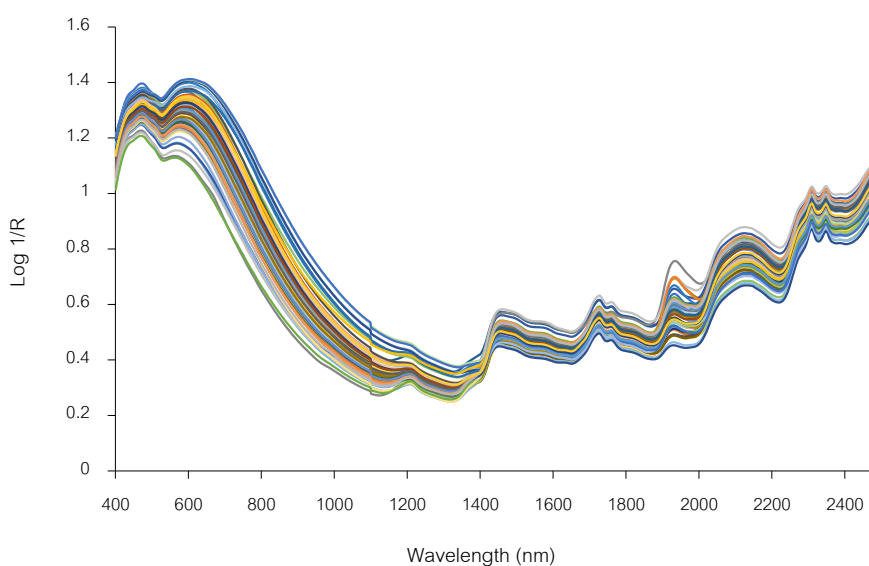


Fig. 1 The original spectra of roasted coffee bean in wavelength 400–2500 nm

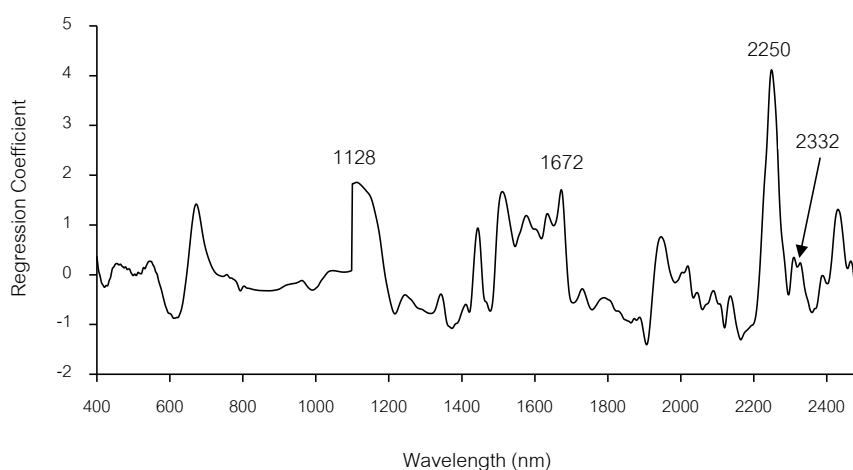


Fig. 2 Regression coefficient plots to evaluate caffeine content of roasted coffee bean

ตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วที่นำมาใช้ในการสร้างสมการมาตรฐานทำนายปริมาณสารคาเฟอีนจำนวน 152 ตัวอย่าง มีระดับปริมาณสารคาเฟอีนในระดับต่างๆ ในช่วง 0.013–2.191 g/100g DW (Table 1) สร้างสมการโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์สารคาเฟอีนด้วยวิธีทางเคมีในห้องปฏิบัติการ และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร พบว่าได้สมการมาตรฐานทำนายปริมาณสารคาเฟอีนที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) 0.98 (Table 2) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารคาเฟอีนของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการ calibration (SEC) ของเมล็ดกาแฟคั่ว เท่ากับ 0.08 g/100g DW ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารคาเฟอีนของกลุ่ม validation (SEP) ของเมล็ดกาแฟคั่ว เท่ากับ 0.09 g/100g DW ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Bias) เท่ากับ -0.002 g/100g DW มีปัจจัยเกี่ยวข้องจำนวน 12 ปัจจัย และพบว่าข้อมูลส่วนใหญ่กระจายอยู่รอบเส้นทแยงมุม (Target line) แสดงให้เห็นว่าค่าสมการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการทำนายสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วได้ในช่วง 0.013–2.191 g/100g DW (Fig. 3)

Table 1 The characteristics of samples used in NIRS calibration model for caffeine content of roasted coffee bean

Items	Caffeine
Min-Max	0.013–2.191
Mean	1.18
SD	0.45
Number	152
Unit	g/100 g DW

Table 2 The statistical analysis of NIRS calibration model to predict caffeine content in roasted coffee bean by the Unscrambler program

Quality	Wavelength (nm)	r	SEC	SEP	Bias	F	N	SD
Caffeine	400–2500	0.98	0.08	0.09	-0.002	12	152	0.45

R: Coefficient of correlation, SEC: Standard error of calibration, SEP: Standard error of prediction, Bias: The average different between actual value and NIR value, F: The number of factors used in the calibration equation, N: Number of sample, SD: Standard deviation

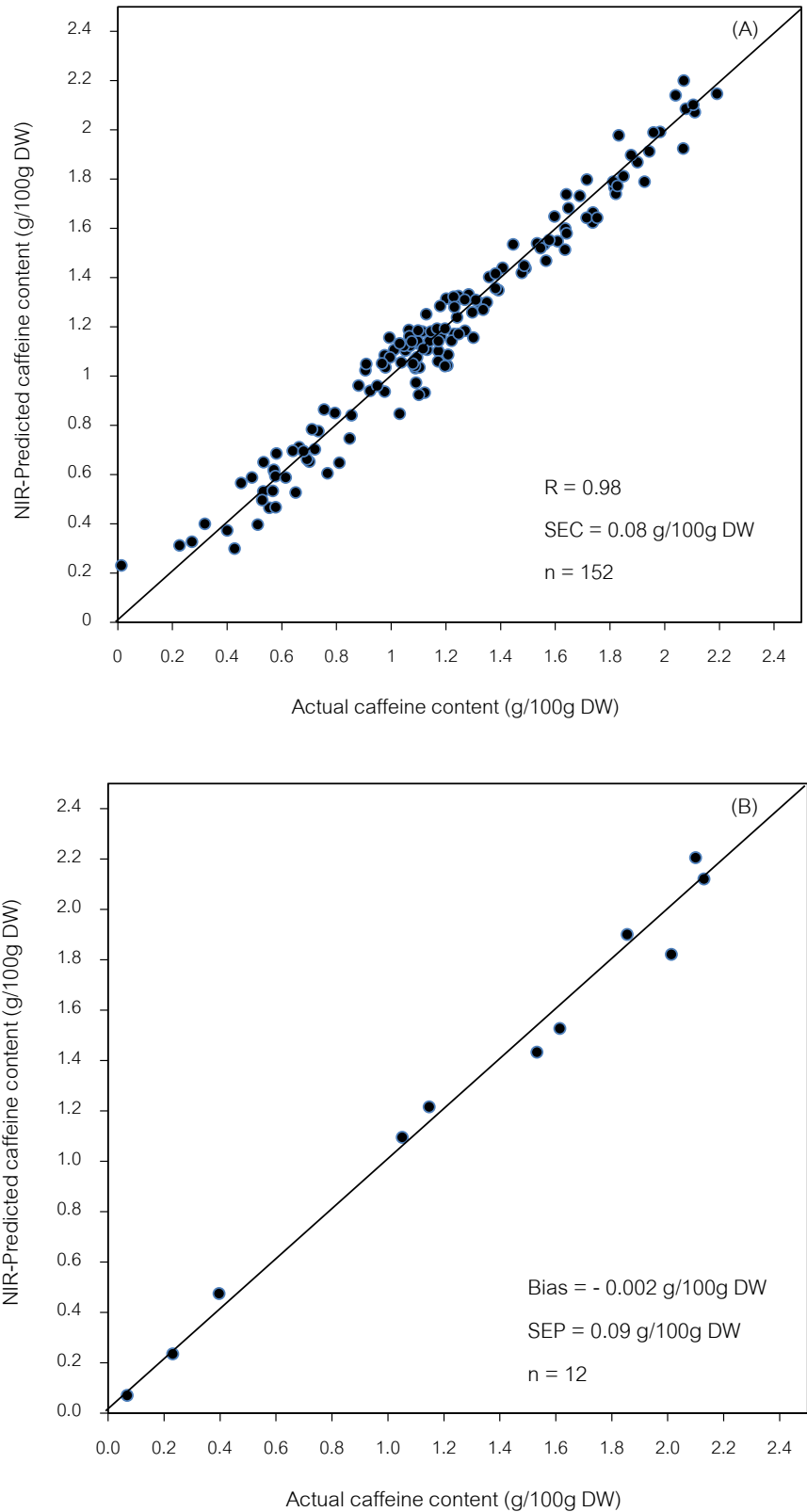


Fig. 3 Scatter plots of calibration model between predicted and actual caffeine content of roasted coffee bean in (A) Calibration set and (B) Validation set

เมื่อนำสมการเทียบมาตรฐานมาใช้ประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่ว โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้เทคนิค NIRS กับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีความแตกต่าง -0.19 ถึง 0.11 (Table 3) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้งสองวิธีด้วย Paired t-Test พบว่าค่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้เทคนิค NIRS กับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงสามารถนำเทคนิค NIRS มาใช้ประเมินปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วได้

Table 3 Comparison of predicted and actual values when used NIR model to evaluate caffeine content in roasted coffee bean samples

Sample	Actual value (g/100 g DW)	Predicted value (g/100 g DW)	Differential
1	0.02	-0.13	-0.15
2	0.07	0.07	0.00
3	0.40	0.48	0.08
4	0.23	0.24	0.01
5	1.15	1.22	0.07
6	1.05	1.10	0.05
7	1.53	1.43	-0.10
8	1.61	1.53	-0.08
9	1.86	1.90	0.04
10	2.10	2.21	0.11
11	2.01	1.82	-0.19
12	2.13	2.12	-0.01

สรุป

จากการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีมาใช้ทำนายปริมาณสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟคั่วสามารถตรวจวัดได้โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง และสามารถทำนายค่าปริมาณสารคาเฟอีนในช่วง 0.013–2.191 g/100g DW ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย
ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 5. <http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/Publish/e-book/StandardMethodsVolumeV.pdf>, 15 ธันวาคม 2564.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. ราชกิจจานุเบกษา “ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 197) พ.ศ. 2543 เรื่อง กาแฟ. หน้า 26–32.
- โกเมศ สัตยาภู, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ธีรชาติ วิชิตชลชัย, ปิยนุช นาคะ, มานพ หาญเทวี, สรัญญา อุปรักขิปตานนท์, รุจิกกาญจน์ นาสนิท. 2559. การผลิตกาแฟคั่วที่มีสาร Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) ต่ำ. ผลงานวิจัยดีเด่น. กรมวิชาการเกษตร. 48–64.
- พัชนี สุวรรณวิศลกิจ. 2542. กาแฟสกัดคาเฟอีน. วารสารเกษตร 15: 1–10.
- รณฤทธิ์ ฤทธิรณ, ลลิตา ออมสิน, สุวีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา. 2564. การสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยใช้คุณสมบัติตัวอย่างเป็นตัวแปรต้นเพื่อทำนายความชื้นของข้าวด้วยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้. วารสารสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย 27: 52–61.
- Budiastra, I.W., Widyotomo S.S., Ayu, P.C. 2018. Prediction of caffeine content in Java Preanger coffee beans by NIR spectroscopy using PLS and MLR method. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 147: 1–7.
- Downey, G., Boussion, J. 1996. Authentication of coffee bean variety by near-infrared reflectance spectroscopy of dried extract. J. Sci. Food Agr. 71: 41–49.
- Hagos, M., Abshiro, M.R., Chandravanshi, B.S., Ele, E., Mohammed, A.M., Mamo, H. 2018. Correlation between caffeine contents of green coffee beans and altitudes of the coffee plants grown in southwest Ethiopia. B. Chem. Soc. Ethiopia 32: 13–25.
- Kazeminy A., Saeed, H., Roger, L.W., Gary, E.R., Ronald, R., Sumit, S. 2009. A comparison of near infrared method development approaches using a drug product on different spectrophotometers and chemometric software algorithms. J. Near Infrared Spec. 17: 1–13.

การประเมินลักษณะประจำพันธุ์ และการทนทานต่อสภาพหนาวเย็นในเชื้อพันธุกรรมถั่วเขียว

Evaluation on morphological characters and cold tolerance in mungbean germplasms

กัญจิกา เจริญราษฎร์^๑, ธนพร ขจรผล^๑, เจนจิรา ศรีศักดิ์^๒, ชลธิรา แสงศิริ^{๒,*}

Kanthika Charoenrat^๑, Tanaporn Kajonphol^๑, Jenjira Srisakda^๒, Chontira Sangsiri^{๒,*}

^๑ภาควิชาเกษตรและทรัพยากร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

^๒สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71150

^๑Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University Chalmprakhiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon 4700, Thailand

^๒Agricultural Sciences Program, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, Kanchanaburi 71150, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: chontira_sangsiri@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษากาการเจริญเติบโต ผลผลิต ในสภาพแปลงทดลอง และประเมินความทนทานต่อความเย็นของถั่วเขียว จำนวน 25 สายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ทนต่อระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในสภาวะต้นกล้า ผลการทดลองพบว่าทุกสายพันธุ์จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ดต่อต้น และผลผลิตเมล็ดต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการประเมินความทนทานต่อความเย็น ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมงพบว่า แตกต่างกันทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05 โดยสายพันธุ์ที่ให้ความยาวรากสูงสุดจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ VR203, VR599, VR623, CN3, CN84-1, KU1 และ KUML8 ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง นอกจากนี้ สายพันธุ์ VR599 ยังมีค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์น้อยที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับการคัดเลือกเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิเย็นในระยะต้นกล้าออก

คำสำคัญ: การทดสอบในสภาพหนาว, ระยะต้นกล้าออก, อุณหภูมิต่ำ

Abstract

To study on growth, yield in the field and evaluate in cold tolerance of 25 mungbean accessions in laboratory. The objective was to select for cold tolerance accessions under 10°C at seed germination stage. The result found that all accessions were no statistically difference in pod plant⁻¹, 100 seeds plant⁻¹ and total yield plant⁻¹. The evaluation of cold tolerance of all accessions at 10°C for 24, 48 and 72 h found that root length of seed germination were significantly difference at 0.05. Six accessions as VR203, VR599, VR623, CN3, CN84-1, KU1 and KUML8 gave the highest root length at 24, 48 and 72 hr. Moreover, VR599 has the lowest %EC that the suitable to select for cold tolerance accession at seed germination stage.

Keywords: Cold test, Low temperature, Seed germination stage

คำนำ

ถั่วเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเหมาะสำหรับเป็นพืชหมุนเวียนในระบบการปลูกพืชด้วยเป็นพืชอายุสั้นใช้น้ำน้อยซึ่งทนแล้งได้ดี (สุวิมล และคณะ, 2558) สามารถใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวพืชหลักได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตมากนักปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือพืชไร่ เพื่อตัดวงจรระบาดของแมลงศัตรูพืชและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L. Wilczek) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญและมีการปลูกมากชนิดหนึ่งในประเทศไทย อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ถั่วเขียวยังเป็นพืช ช่วยบำรุงดินและรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เพราะสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ดี โดยทำงานร่วมกับไรโซเบียมทำให้เกิดปมที่ราก สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 10–56 กก. N/ไร่/ปี และต้นถั่วเขียว สามารถทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้ดีซึ่งให้ปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 5–6 กก. N/ไร่ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2559) การปลูกถั่วเขียวส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ปี 2562 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 803,522 ไร่ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2561) สภาพอากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิต่ำเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโต และขบวนการสังเคราะห์แสงของถั่ว เช่น อุณหภูมิต่ำจะทำให้ต้นถั่วเจริญเติบโตช้า ถ้าอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดไม่งอกหรือทำให้เมล็ดพันธุ์งอกช้ากว่าปกติ มีผลให้การปลูกล่าช้าระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เสียหายโดนฝนขณะดำเนินการเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตพันธุ์ลดลงถึงร้อยละ 60 และเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ การพัฒนาพืชวงศ์ถั่วที่ทนต่ออุณหภูมิต่ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในฤดูแล้งจะประสบปัญหาเมล็ดต้นถั่วงอกช้า และต้นถั่วชะงักการเจริญเติบโต

สภาพอากาศที่หนาวเย็นส่งผลกระทบต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสูญเสียผลผลิต การตอบสนองต่อความเครียดได้รับอิทธิพลมาจากระยะเวลา สายพันธุ์ (Carvallo et al., 2011) และขั้นตอนในการปรับตัวของพืช (Ohnishi et al., 2010) พืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นจะมีระดับความทนทานต่อความหนาวเย็นแตกต่างกันไป พืชเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนจะค่อนข้างบอบบางต่ออากาศหนาวเย็น สภาพอากาศหนาวส่งผลให้เกิดการกระจายของ vacuole ทำให้ grana ไม่เรียงตัวซ้อนกัน เกิดการแตกตัวของเยื่อ thylakoid ใน mesophyll จนเป็นรูพรุน อากาศหนาวทำให้เกิดการสร้างถุงขนาดเล็กในคลอโรพลาสต์และเกิดการสะสมของไขมัน และที่สำคัญส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ใน mesophylls แตกสร้างความเสียหายให้กับการสังเคราะห์แสงของต้นถั่วเขียว (Chen et al., 2017) ในการประเมินความงอกของต้นกล้าที่อุณหภูมิต่ำนั้น พบว่าอุณหภูมิต่ำก่อให้เกิดความเครียด โดยก่อให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายภายในเซลล์ เนื่องจากความไม่เป็นระเบียบของเยื่อหุ้มเซลล์ ความแข็งแรงของเมล็ดจะแปรผันตรงกับระดับความอยู่รอดของเมล็ดเมื่อสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย (Marcos-Filho., 2015)

ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตถั่วเขียวที่ปลูกในฤดูหนาวสามารถทำได้โดย การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่เป็นแหล่งปลูก การทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธีการทดสอบในสภาพหนาว Cold test (Chen et al., 2017) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยทดสอบการงอกของถั่วเขียวในสภาพอากาศหนาว เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสภาพอากาศที่หนาวเย็น หากสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสภาพอากาศหนาวเย็นได้ จะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดี ให้ผลผลิตสูง ทำให้เกษตรกรมีรายได้จากการปลูกถั่วเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและช่วยปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกถั่วเขียวจำนวน 25 สายพันธุ์ลงกระถางขนาด 12 นิ้ว ประกอบด้วย 0063, MJ1, MJ3, MJ4, MJ6, CN3, CN84, KPS1, KPS2, VR186, VR203, VR213, VR596, VR598, VR599, VR623, VR643, VR648, VR654,

KUML2, KUML3, KUML4, KUML5, KUML8 และ KU1 ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี พิกัด 14.12 N, 99.15 E วางแผนการทดลองแบบ CRD, completely randomized design ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล ด้วยวิธีการ DMRT, duncan's multiple range test จำนวน 5 ซ้ำ ทำการบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว ความยาวฝัก สีฝักระยะอ่อน สีฝักระยะสุกแก่ รูปร่างฝักแก่ รูปร่างเมล็ด สีเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด

จากนั้นนำเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 25 สายพันธุ์ ทำการทดสอบใน growing chamber ภายใต้สภาพอุณหภูมิที่ต่ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาวางไว้ในอุณหภูมิปกติ (33 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน (Chen et al., 2017) โดยทำการเพาะเมล็ดถั่วเขียวแบบ Between Paper (BP) จำนวน 6 ซ้ำ ซ้ำละ 5 เมล็ด และนำไปเข้าสู่ growing chamber อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และวางไว้ในอุณหภูมิปกติ (33 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน ทำการบันทึกความยาวราก 0, 4, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และเมื่อครบ 72 ชั่วโมง ทำการทดสอบการร่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ของถั่วเขียวที่ไว้ในสภาพอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Chen et al., 2017)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และด้านผลผลิตดังแสดงใน Table 1 พบว่าความสูงในระยะเก็บเกี่ยว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.23–48.00 เซนติเมตร ด้านความยาวฝัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.94–12.10 เซนติเมตร สีของฝักอ่อน พบว่า ถั่วเขียวทุกสายพันธุ์มีสีฝักอ่อนเป็นสีเขียว ส่วนสีของฝักแก่ พบว่า สายพันธุ์ 0063 และ VR643 มีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนสายพันธุ์อื่นมีสีฝักแก่เป็นสีดำ รูปร่างฝักของถั่วเขียวทุกสายพันธุ์ เป็นแบบเส้น (Linear) รูปร่างเมล็ดของถั่วเขียวทุกสายพันธุ์เป็นแบบกลม (Rounded) ถั่วเขียวสายพันธุ์ 0063 มีสีเมล็ดเป็นสีเหลือง ส่วนอีก 24 สายพันธุ์มีสีเมล็ดเป็นสีเขียว ด้านจำนวนฝักต่อต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.83–33.66 ฝักต่อต้น ด้านจำนวนเมล็ดต่อฝัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.00–13.00 เมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.28–7.52 กรัม ด้านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.28–22.87 กรัมต่อต้น ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยและลักษณะประจำพันธุ์ที่ไม่แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากลักษณะพันธุ์ที่นำมาใช้อาจอยู่ในกลุ่มพันธุ์กรรมที่ใกล้เคียงกัน และมีจำนวนไม่มากที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ ดังเช่นในการศึกษาของ Win et al. (2020) พบว่าในการศึกษาจากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาและองค์ประกอบผลผลิตจากสายพันธุ์ถั่วเขียว พบว่าภายในกลุ่ม 1 มีลักษณะไม่แตกต่างกันภายในกลุ่ม ซึ่งแสดงถึงสายพันธุ์ในกลุ่มนั้นมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมค่อนข้างมาก จึงไม่แสดงความแตกต่างกันในลักษณะความสูง ความยาวฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อต้น

Table 1 Morphological character of 25 mungbean genotypes

Genotypes	Plant height(cm)	Pod length (cm)	Pod color at immature stage	Pod color at mature stage	Mature pod shape	Seed shape	Seed color	Pod/plant	Seed/pod	100 Seed weight (g)	Yield /plant (g)
MJ1	35.30	11.35	Green	Black	Linear	Rounded	Green	14.83	11.00	6.18	10.08
MJ3	31.30	10.29	Green	Black	Linear	Rounded	Green	17.16	12.00	6.46	13.30
MJ4	39.80	10.16	Green	Black	Linear	Rounded	Green	18.00	11.00	6.43	12.72
MJ6	36.90	10.37	Green	Black	Linear	Rounded	Green	21.50	11.00	6.45	15.26
OO63	36.20	8.76	Green	Light brown	Linear	Rounded	Yellow	18.33	12.00	4.28	9.42
VR186	26.23	9.10	Green	Black	Linear	Rounded	Green	8.83	13.00	5.47	6.28
VR203	34.58	9.49	Green	Black	Linear	Rounded	Green	22.00	13.00	4.75	13.58
VR213	36.80	8.85	Green	Black	Linear	Rounded	Green	26.00	11.00	4.57	13.08
VR596	32.70	10.81	Green	Black	Linear	Rounded	Green	14.00	11.00	5.56	8.56
VR598	33.90	9.29	Green	Black	Linear	Rounded	Green	14.50	12.00	6.37	11.08
VR599	39.80	9.91	Green	Black	Linear	Rounded	Green	17.83	11.00	6.14	12.05
VR623	32.20	9.94	Green	Black	Linear	Rounded	Green	18.67	13.00	7.01	17.02
VR643	45.00	8.38	Green	Light brown	Linear	Rounded	Green	16.17	11.00	4.99	8.87
VR648	48.00	10.52	Green	Black	Linear	Rounded	Green	27.50	12.00	5.68	18.75
VR654	43.00	7.94	Green	Black	Linear	Rounded	Green	29.66	12.00	4.64	16.52
CN3	30.70	10.08	Green	Black	Linear	Rounded	Green	33.66	12.00	5.66	22.87
CN84-1	35.90	9.26	Green	Black	Linear	Rounded	Green	31.66	12.00	5.29	20.11
KU1	41.00	10.12	Green	Black	Linear	Rounded	Green	21.17	11.00	6.11	14.23
KUML 2	37.90	10.21	Green	Black	Linear	Rounded	Green	18.83	13.00	6.32	15.48
KUML 3	33.80	12.10	Green	Black	Linear	Rounded	Green	22.00	13.00	6.54	18.72

Table 1 (Continued)

Genotypes	Plant height (cm)	Pod length (cm)	Pod color at immature stage	Pod color at mature stage	Mature pod shape	Seed shape	Seed color	Pod/plant	Seed/pod	100 Seed weight (g)	Yield /plant (g)
KUML 4	32.40	9.90	Green	Black	Linear	Rounded	Green	23.33	12.00	6.29	17.62
KUML 5	31.30	9.47	Green	Black	Linear	Rounded	Green	18.83	12.00	6.42	14.51
KUML 8	39.10	11.43	Green	Black	Linear	Rounded	Green	21.17	12.00	7.52	19.11
KPS1	34.00	9.47	Green	Black	Linear	Rounded	Green	29.50	11.00	5.08	16.47
KPS2	41.40	10.48	Green	Black	Linear	Rounded	Green	14.66	11.00	5.02	8.10
Mean	36.37	9.91	-	-	-	-	-	20.79	11.80	5.81	14.15
CV (%)	24.59	0.92	-	-	-	-	-	37.16	0.58	0.68	17.81
F-test	ns	ns	-	-	-	-	-	ns	ns	ns	ns

จากการศึกษาเปรียบเทียบความยาวรากภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดที่ผ่านอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความยาวราก แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) มีค่าเฉลี่ยอยู่ช่วง 4.43–8.75 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ VR623 มีความยาวรากเท่ากับ 8.75 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, CN3, CN84-1, KU1, KUML8 ส่วนความยาวรากเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 5.63–9.29 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ KUML8 มีความยาวรากเท่ากับ 9.29 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, VR623, CN3, CN84-1, KU1

ความยาวรากภายหลังการเพาะเมล็ด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมล็ดที่ผ่านอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Table 2) พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 4.68–8.84 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ CN3 มีความยาวรากเท่ากับ 8.84 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, VR623, CN84-1, KU1, KUML8 ส่วนความยาวรากหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 6.34–9.89 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ KUML8 มีความยาวรากเท่ากับ 9.89 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, VR623, CN3, KU1

ความยาวรากภายหลังการเพาะเมล็ด เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมล็ดที่ผ่านอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Table 2) พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 4.76–9.01 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ CN3 มีความยาวรากเท่ากับ 9.01 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, VR623, CN84-1, KUML8 ส่วนความยาวรากหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 6.47–10.70 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีความยาวรากมากที่สุด คือ KUML8 มีความยาวรากเท่ากับ 10.70 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายพันธุ์ VR203, VR599, VR623, CN3, CN84-1, KU1

จากการทดลองผลของความยาวของรากต้นกล้าถั่วเขียวที่ผ่านอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Table 2) อาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตถั่วเขียว ซึ่งสอดคล้องกับ Hanif et al. (2019) ที่ทดลองใช้น้ำที่อุณหภูมิ 10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส มาเพาะเมล็ดถั่วเขียวในเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการงอก และความยาวของลำต้น โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 2.1 เปอร์เซ็นต์ และ ความยาวของลำต้นอยู่ที่ 0.11 เซนติเมตร นอกจากนั้นแล้วอัตราส่วนของความยาวรากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ต่อความยาวรากที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส พบว่าแต่ละสายพันธุ์มีค่าอัตราส่วนที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง โดย KUML5 ให้ค่าอัตราส่วนแนวโน้มลดลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ

การทดสอบการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ในสภาพอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสของถั่วเขียว 25 สายพันธุ์ (Table 2) พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 37.38–70.93 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์น้อยที่สุด คือ VR599 มีการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์เท่ากับ 37.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการรั่วไหลของปริมาณสารละลายในเซลล์ที่น้อยที่สุดจากสภาพอากาศหนาว โดยสภาพอากาศหนาวเย็นทำให้เกิดความเครียดในถั่วเขียว และทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ก่อให้เกิดการรั่วไหลของสารละลายภายในเซลล์ขึ้นได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Iwaya-Inoue (2004) พบว่า ค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ของรากหนุ่ยไธส ภายใต้สภาวะ -15 องศาเซลเซียส ให้ค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ เท่ากับ 93 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์ เท่ากับ 30.5 เปอร์เซ็นต์ และในการวัดปริมาณสารด้วย NMR พบว่ามีสารที่รั่วไหลออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้มากขึ้นเมื่อต้นกล้าถูกเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ

Table 2 Root length of Mungbean at 10°C and 33°C and Electrolyte leakage (%EC)

Genotypes	Root length (cm)									%EC
	24 hr			48 hr			72 hr			
	10°C	33°C	Ratio	10°C	33°C	Ratio	10°C	33°C	Ratio	
0063	7.18 ^{E-G}	7.31 ^{C-G}	0.98	7.34 ^{D-G}	7.91 ^{E-G}	0.93	7.45 ^{C-G}	8.69 ^{A-G}	0.86	68.23 ^{NO}
VR186	7.83 ^{D-F}	7.39 ^{C-F}	1.06	7.96 ^{D-F}	7.85 ^{B-F}	1.01	8.03 ^{C-F}	8.09 ^{A-F}	0.99	70.56 ^{PQ}
VR203	8.57 ^{A-F}	8.80 ^{A-C}	0.97	8.79 ^{A-E}	9.39 ^{AB}	0.94	8.95 ^{A-D}	10.03 ^{AB}	0.89	65.13 ^{L-N}
VR213	7.63 ^{D-F}	7.53 ^{D-F}	1.01	7.77 ^{D-F}	7.92 ^{B-F}	0.98	7.86 ^{C-F}	8.28 ^{A-F}	0.95	52.48 ^{F-H}
VR596	7.00 ^{E-G}	7.25 ^{C-G}	0.97	7.15 ^{D-G}	7.62 ^{B-G}	0.94	7.23 ^{C-G}	8.11 ^{A-G}	0.89	58.59 ^{IJ}
VR598	7.31 ^{E-G}	7.18 ^{C-G}	1.02	7.42 ^{D-G}	7.46 ^{B-G}	0.99	7.52 ^{C-G}	7.83 ^{A-G}	0.96	57.41 ^{IJ}
VR599	8.40 ^{A-F}	9.18 ^{A-C}	0.92	8.50 ^{A-E}	9.70 ^{AB}	0.88	8.60 ^{A-D}	10.28 ^{AB}	0.84	37.38 ^A
VR623	8.75 ^{A-F}	8.72 ^{A-C}	1.00	8.83 ^{A-E}	9.02 ^{AB}	0.98	8.92 ^{A-D}	9.19 ^{AB}	0.97	46.59 ^{CD}
VR643	7.88 ^{B-F}	8.87 ^{B-C}	0.89	8.03 ^{B-E}	9.18 ^{BC}	0.87	8.09 ^{B-D}	9.52 ^{A-C}	0.85	63.99 ^{L-N}
VR648	5.55 ^{F-L}	6.16 ^{C-L}	0.90	5.69 ^{D-L}	6.34 ^{B-L}	0.90	5.81 ^{C-L}	6.47 ^{A-L}	0.90	50.36 ^{D-F}
VR654	6.12 ^{E-K}	6.45 ^{C-K}	0.95	6.30 ^{D-K}	6.84 ^{B-K}	0.92	6.35 ^{C-K}	7.17 ^{A-K}	0.89	44.18 ^{BC}
CN3	8.63 ^{A-F}	8.80 ^{A-C}	0.98	8.84 ^{A-E}	9.04 ^{AB}	0.98	9.01 ^{A-D}	9.28 ^{AB}	0.97	51.91 ^{F-H}
CN84-1	7.67 ^{A-F}	8.98 ^{A-C}	0.85	7.81 ^{A-E}	9.66 ^{A-C}	0.81	7.88 ^{A-D}	10.31 ^{AB}	0.76	66.75 ^{NO}
MJ1	4.43 ^{F-M}	5.89 ^{C-M}	0.75	4.68 ^{D-M}	6.47 ^{B-M}	0.72	4.76 ^{C-M}	6.65 ^{A-M}	0.72	60.33 ^{J-L}
MJ3	5.79 ^{E-J}	7.20 ^{C-J}	0.80	5.89 ^{D-J}	7.82 ^{B-J}	0.75	5.95 ^{C-J}	8.39 ^{A-G}	0.71	63.66 ^{I-K}
MJ4	6.16 ^{E-K}	6.28 ^{C-K}	0.98	6.29 ^{D-K}	6.70 ^{B-K}	0.94	6.40 ^{C-K}	6.97 ^{A-K}	0.92	42.70 ^B
MJ6	5.23 ^{F-M}	5.63 ^{C-M}	0.93	5.40 ^{D-M}	6.35 ^{B-M}	0.85	5.51 ^{C-M}	6.90 ^{A-M}	0.80	48.99 ^{DE}
KU1	7.99 ^{A-F}	8.63 ^{A-C}	0.93	8.08 ^{A-E}	9.56 ^{AB}	0.85	8.21 ^{A-C}	10.36 ^{AB}	0.79	65.68 ^{M-O}
KPS1	6.95 ^{E-G}	7.33 ^{C-G}	0.95	7.16 ^{D-G}	8.45 ^{B-G}	0.85	7.34 ^{C-G}	9.41 ^{A-G}	0.78	61.81 ^{K-M}
KPS2	7.28 ^{D-F}	8.05 ^{C-E}	0.90	7.43 ^{DE}	9.05 ^{B-E}	0.82	7.56 ^{C-E}	9.85 ^{A-E}	0.77	54.09 ^{F-H}
KUML2	7.47 ^{C-F}	8.36 ^{CD}	0.89	7.66 ^{C-E}	9.09 ^{B-D}	0.84	7.86 ^{CD}	9.73 ^{A-D}	0.81	55.35 ^{HI}
KUML3	6.20 ^{F-I}	7.17 ^{C-I}	0.86	6.33 ^{D-I}	7.64 ^{B-I}	0.83	6.44 ^{C-I}	8.12 ^{A-I}	0.79	57.27 ^{IJ}
KUML4	7.12 ^{E-G}	7.19 ^{C-G}	0.99	7.35 ^{D-G}	8.12 ^{B-G}	0.91	7.57 ^{C-G}	8.75 ^{A-G}	0.87	70.93 ^Q
KUML5	7.16 ^{E-H}	6.84 ^{C-H}	1.05	7.47 ^{D-H}	7.21 ^{B-H}	1.04	7.69 ^{C-H}	7.70 ^{A-H}	1.00	52.79 ^{GH}
KUML8	7.40 ^{A-F}	9.29 ^{A-C}	0.80	7.56 ^{A-E}	9.89 ^{AB}	0.76	7.69 ^{A-D}	10.70 ^{AB}	0.72	39.42 ^{AB}
Mean	7.11	7.62	0.93	7.27	8.17	0.89	7.39	8.67	0.86	56.26
CV (%)	1.22	1.18	-	1.20	1.29	-	1.22	1.61	-	92.16
F-test	**	**	-	**	**	-	**	**	-	**

สรุป

จากการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ ด้านผลผลิต พบว่ามีลักษณะที่เหมือนกันทั้ง 25 สายพันธุ์ แต่พบว่ามีระดับการทนต่อสภาพอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมงแตกต่างกัน โดยมีสายพันธุ์ที่ให้ความยาวรากสูงสุดจำนวน 6 สายพันธุ์ คือ VR203, VR599, VR623, CN3, CN84-1, KU1 และ KUML8 ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง KUML5 ให้ค่าอัตราส่วนความยาวรากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เทียบกับความยาวรากที่อุณหภูมิ

33 องศาเซลเซียส ลดลงน้อยที่สุด สายพันธุ์ VR599 พบว่ามีค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์น้อยที่สุด จากผลการศึกษาก็สรุปได้ว่า สายพันธุ์ VR599 เหมาะสำหรับเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิเย็นในระยะต้นกล้าออก เมื่อพิจารณาจากด้านผลผลิต และค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลต์

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. 2561. คู่มือการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2559. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง ทิศทางพืชเศรษฐกิจไทยในอาเซียน. กรุงเทพฯ.

สุวิมล ถนอมทรัพย์, สุมนา งามผ่องใส, จิราลักษณ์ ภูมิไธสง, อารดา มาสรี, ชูชาติ บุญศักดิ์. 2558. ถั่วเขียว. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2558. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, เพชรบูรณ์. หน้า 55–61.

Chen, L.R., Ko, C.Y., Folk, W.R., Lin, T.Y. 2017. Chilling susceptibility in mungbean varieties is associated with their differentially expressed genes. Bot. Stud. 58: 1–9.

Carvalho, M.A., Pino, M.T., Jeknic', Z., Zou, C., Doherty, C.J., Shiu, S.H., Chen, T.H., Thom-ashow, M.F. 2011. A comparison of the low temperature transcriptomes and CBF regulons of three plant species that differ in freezing tolerance: *Solanum commersonii*, *Solanum tuberosum*, and *Arabidopsis thaliana*. J. Exp. Bot. 62: 3807–3819.

Hanif, M., Khattak, M.K., Haq, I.U., Gul K., Khan, A., Ullah, K., Khan, A., Ali, A. 2019. Effects of temperature and water purity on germination and yield of mungbean sprouts. Sains Malaysiana 48: 711–717.

Iwaya-Inoue, M., Matsui, R., Fukuyama, M. 2004. Cold or heat tolerance of leaves and roots in perennial ryegrass determined by ¹H-NMR. Plant Prod. Sci. 7: 118–128.

Marcos-Filho, J. 2015. Seed vigor testing; An overview of the past, present and future perspective. Sci. Agr. 72: 363–375.

Ohnishi, S., Miyoshi, T., Shirai, S. 2010. Low temperature stress at different flower development stages affects pollen development, pollination, and pod set in soybean. Environ. Exp. Bot. 69: 56–62.

Win, K.S., Win, S., Htun, T.M., Win, N.K.K. 2020. Characterization and evaluation of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) germplasm through morphological and agronomic character Indian J. Agr. Res 54: 308–314.

การประมวลผลภาพเพื่อประเมินพื้นที่รากดาวเรืองพันธุ์ปลุกคาน่าโกลด์เอ็กซ์ตรา

Using image processing for estimate root area of marigold (*Tagetes erecta* L. cv. Cana gold extra)

หทัยวรรณ ไหมศรี*, ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, เกริญไกร แก้วตระกูลพงษ์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, สิทธิพร มณีวรรณ

Hathaiwan Maisri*, Thawansak Phaosang, Kriengkri Kaewtrakulpong, Raksak Sermsak, Sittiporn Maneewan

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: hathaiwan.ma@ku.th

บทคัดย่อ

พื้นที่รากและความยาวรากเป็นดัชนีหนึ่งที่สำคัญมากในการจัดการเจริญเติบโตของพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้การประมวลผลภาพประเมินพื้นที่รากดาวเรืองพันธุ์ “คาน่าโกลด์เอ็กซ์ตรา” โดยใช้โปรแกรม ImageJ วางแผนการทดลองแบบ 4×2 แฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย T1 ดินสำเร็จรูปและการให้น้ำหยดบนดิน T2 ดินสำเร็จรูปและการให้น้ำหยดใต้ดิน T3 กากกาแฟและการให้น้ำหยดบนดิน T4 กากกาแฟและการให้น้ำหยดใต้ดิน T5 ทะลายปาล์มสับและการให้น้ำหยดบนดิน T6 ทะลายปาล์มสับและการให้น้ำหยดใต้ดิน T7 ชุยมะพร้าวและการให้น้ำหยดบนดิน T8 ชุยมะพร้าวและการให้น้ำหยดใต้ดิน เตรียมตัวอย่างภาพถ่ายรากดาวเรือง นำมาวิเคราะห์สมการการถดถอยระหว่างความยาวรากจากภาพถ่าย และพื้นที่รากดาวเรือง ผลการศึกษาพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p -value = 0.00) โดยมีสมการคือ $Y = -33.9509 + 9.2959X$, $R^2 = 0.7547$ สมประสิทธิผลการถดถอยมีค่าเป็นบวก แสดงว่าสมการที่ได้สามารถใช้ประเมินพื้นที่รากของดาวเรืองได้

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, ดาวเรือง, พื้นที่ราก

Abstract

Root area and root length are one of the most important indices to measure plant growth. The objective of the study was to using image processing for estimate root area of marigold (*Tagetes erecta* L. cv. Cana gold extra) by image processing ImageJ software. The experimental was 4×2 factorial in completely randomized design as T1 planting soil and surface-drip irrigation, T2 planting soil and subsurface-drip irrigation, T3 coffee grounds and surface-drip irrigation, T4 coffee grounds and subsurface-drip irrigation, T5 Shredded empty fruit bunches and surface-drip irrigation, T6 shredded empty fruit bunches and subsurface-drip irrigation, T7 coconut coir and surface-drip irrigation, T8 coconut coir and subsurface-drip irrigation. Prepared of marigold root image from the experiment to regression analysis between image root length and root area. The estimate results found that the highly significant relationship (p -value = 0.00). The simple linear regression analysis equation was found as $Y = -33.9509 + 9.2959X$, $R^2 = 0.7547$ in which a regression coefficient indicated in positive value. It showed that the equation can be used to estimate the root area of the marigold.

Keywords: Image Processing, Marigold, Root area

คำนำ

ประเทศไทยมีการผลิตดาวเรือง (marigold) เพื่อใช้ประโยชน์หลากหลาย กล่าวคือ ผลิตเป็นไม้ประดับ ไม้ตัดดอก เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ อีกทั้งยังส่งออกกลีบดอกดาวเรืองอบแห้งไปยังต่างประเทศประมาณ 300–400 เมตริกตัน ต่อปี (ขวัญหทัย และคณะ, 2561) ความต้องการดาวเรืองเพิ่มขึ้นจึงทำให้เกษตรกรหันมาปลูกดาวเรืองเป็นจำนวนมาก และปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกพืชคือวัสดุปลูก ซึ่งมีการใช้วัตถุดิบหลายชนิดเป็นส่วนผสมสำหรับปลูกพืช (มุกดา, 2560) การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาทำเป็นวัสดุปลูกเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยหลีกเลี่ยงการเผาทำลายเปลี่ยนวัสดุดังกล่าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ (Suo et al., 2011) วัสดุปลูกที่ดีจะทำให้รากพืชเจริญได้ดี เมื่อยุติการเจริญเติบโตจะส่งผลให้การเจริญเติบโต และผลผลิตดีตามมาด้วย ผู้วิจัยได้เลือกนำ กากกาแฟเหลือทิ้งที่ได้จากร้านกาแฟในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทะลายปาล์มสับที่ไม่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ประโยชน์จากโรงงานรับซื้อปาล์มน้ำมัน และขุยมะพร้าวที่ได้รับความนิยมในส่วนผสมของวัสดุปลูกมาเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกเพื่อใช้ทดสอบและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านรากของดาวเรือง การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้านรานั้นส่วนใหญ่มีวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ เช่น ความยาวราก จำนวนราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากเป็นต้นมีงานวิจัยไม่มากนักที่ศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่รากของดาวเรืองซึ่งมีความสำคัญกับการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน ผู้วิจัยจึงได้หาวิธีการเก็บข้อมูลพื้นที่รากโดยพบว่า ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อประเมินค่าวนหาพื้นที่และปริมาณจุดภาพ (pixel) เพื่อมาใช้งานในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โปรแกรมดังกล่าวมีชื่อว่า โปรแกรม ImageJ (ฉนิต และคณะ, 2559) อ้างอิงโปรแกรมจาก ImageJ User Guide ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายรหัสเปิด (Open sources) พัฒนาโดย National Institutes of Health (NIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา เขียนมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพ เช่น การศึกษาเทคนิคการประเมินพัฒนาการของรากต้นกล้าของพาราไนโรไซบอกรโดยการประมวลภาพถ่ายดิจิทัลด้วยโปรแกรม Rootfly และ ImageJ เป็นต้น โปรแกรมนี้ใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ทำงานได้โดยมีคำสั่ง Analyze, Process และคำสั่งอื่น สามารถบันทึกไฟล์ในรูปแบบ 8-bit, 16-bit, 32-bit ไฟล์ที่โปรแกรมอ่านได้ต้องบันทึกด้วยนามสกุลเหล่านี้คือ TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS และ Raw สามารถเปิดภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หลายภาพพร้อม ๆ กัน อีกทั้งยังคำนวณ Fraction Area หรือสัดส่วนพื้นที่ หาพื้นที่ในการวัดจัดทำค่าต่างๆ ในรูปสถิติ วัดระยะความยาวของเซลล์ วัดความหนาแน่นของรูปภาพแล้วแสดงในรูปแบบแผนภูมิแท่งหรือ Histograms และ Plugin ได้อีกด้วย (เบญจมาศ และคณะ, 2555) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้นำเทคนิคดังกล่าวมาคำนวณพื้นที่ของภาพรากดาวเรืองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ImageJ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมวลผลภาพเพื่อประเมินพื้นที่รากดาวเรืองพันธุ์ปลูก “คาน่าโกลด์เอ็กซ์ตร้า” พิจารณาการคัดเลือกสายพันธุ์ดาวเรืองจากการแนะนำโดย “คุณ กิ่งทอง เสถียรคมสรไกร” เจ้าของธุรกิจผลิตดาวเรืองตัดดอกรายใหญ่ของประเทศไทยผ่านการสัมภาษณ์ โดยแนะนำดาวเรืองพันธุ์ “คาน่าโกลด์เอ็กซ์ตร้า” ให้แก่ผู้วิจัย เนื่องจากเหมาะสำหรับการปลูกทุกฤดูกาล ปลูกได้ตลอดทั้งปี ดอกสีทอง ดอก ก้านยาว ดอกมีขนาดใหญ่และเป็นที่ยอมรับในท้องตลาด

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 อุณหภูมิเฉลี่ย 35.41 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 79.49% ณ อาคารปฏิบัติการภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ทำในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (factorial experiments in CRD) มีปัจจัย

สองชนิด คือ ปัจจัยที่ 1 มี 4 ระดับ ปัจจัยที่ 2 มี 2 ระดับ มีจำนวนซ้ำทั้งหมด 4 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น และมีทรีตเมนต์คอมบินเนชันดังนี้

T1 = ดินสำเร็จรูป อัตรา 100/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดบนดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T2 = ดินสำเร็จรูป อัตรา 100/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดใต้ดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T3 = กากกาแฟ: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดบนดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T4 = กากกาแฟ: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดใต้ดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T5 = ทะลายปาล์มสับ: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดบนดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T6 = ทะลายปาล์มสับ: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดใต้ดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T7 = ขุยมะพร้าว: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดบนดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

T8 = ขุยมะพร้าว: ดินสำเร็จรูป: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 60: 20: 20/ ปริมาตร + ให้น้ำหยดใต้ดิน อัตรา 1,500 มล./ วัน

การเพาะกล้าและการย้ายปลูก

เพาะเมล็ดดาวเรืองพันธุ์ปลูกคาน่าโกลด์เอ็กซ์ตรา (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 98 อัตราความงอกร้อยละ 90) เพาะในถาดหลุมที่บรรจุด้วย พีทมอสหลุมละ 1 เมล็ด รดน้ำให้ชุ่มทุกวันเมื่ออายุครบ 20 วันหลังเพาะเมล็ดจึงย้ายปลูก คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดสม่ำเสมอ ลงปลูกในถุงปลูกสีดำขนาด 7×14 ซม. ซึ่งบรรจุวัสดุปลูกตามทรีตเมนต์ที่กำหนด ตามอัตราส่วนที่กล่าวมาข้างต้น โดยปลูก 1 ต้น/ ถุง วางถุงปลูกไว้กลางแจ้งหลังจากนั้นติดตั้งระบบให้น้ำ 2 ระบบ คือ ระบบน้ำหยดบนดินและระบบน้ำหยดใต้ดินดูแลรักษาโดยการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดแบบละลายน้ำ สูตร 16-16-16 อัตราส่วน 15 กรัม แบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อดาวเรืองมีอายุ 30 และ 50 วันหลังเพาะเมล็ด

ปริมาตรที่ใช้สามารถคำนวณได้จากการวัดขนาดถุงเพาะชำเมื่อบรรจุดินผสมแล้ว โดยวัดค่าเฉลี่ยของความกว้างปากถุง และความสูงของถุงเพื่อคำนวณหาปริมาตรของดินในถุงเพาะชำขนาด 7×14 นิ้ว โดยอาศัยค่าที่วัด แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (สัจจพร, 2554)

$$V = \pi r^2 h \quad (1)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของดินในถุง

r = เส้นผ่าศูนย์กลางปากถุง

h = ความสูงของถุง

แทนค่า $V = 3.142 \times 10.5^2 \text{ ซม.} \times 20 \text{ ซม.}$

ดังนั้นปริมาตรของดินในถุงเพาะชำเท่ากับ $V = 6,928 \text{ ลบ.ซ.}$

การติดตั้งระบบน้ำ

ใช้หัวน้ำหยดขนาด 2 ลิตร/ชม. ต่อเข้ากับท่อน้ำหยดขนาด 20 มม. นำท่อไมโครต่อเข้ากับสี่ทางโดยปลายท่ออีกข้างเสียบเข้ากับขาปั๊กน้ำหยดกระถางและนำทั้งหมดต่อเข้ากับหัวน้ำหยดที่กล่าวมาข้างต้น การให้น้ำหยดบนดินจะให้โดยปั๊กขาน้ำหยดลงในถุงปลูกเหนือดิน ส่วนการให้น้ำใต้ดินจะใช้ไม้ที่มลงดินให้เกิดรูแล้วนำหลอดน้ำขนาดใหญ่ปักลงในรูลึกประมาณ 5 ซม. และนำขาปั๊กน้ำหยดหย่อนลงในหลอดเพื่อให้น้ำไหลลงใต้ดินโดยไม่ผ่านชั้นดินด้านบน แบ่งการให้น้ำเป็น 8 ครั้ง/วัน แต่แต่ละครั้งให้น้ำปริมาตร 187.50 มล. รวมปริมาตรน้ำวันละ 1,500 มล./ วัน เป็นระยะเวลาทั้งหมด 50 วันหลัง

ย้ายปลูก หรือสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณน้ำที่ใช้พิจารณาจากการระเหยจากดิน และค่าการคายน้ำของพืชมีค่ารวมกันเท่ากับ 8 มม. หรือ 8 ลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน (ดิเรก, 2526)

วิธีการเก็บตัวอย่างราก

เก็บตัวอย่างเมื่อดาวเรืองอายุ 70 วันหลังเพาะเมล็ด ตัดลำต้นของดาวเรืองออก ให้เหลือลำต้นนับจากพื้นดินประมาณ 1 นิ้ว หลังจากนั้นฉีกถุงปลูกออกแล้วล้างทำความสะอาดส่วนที่เป็นรากให้เหลือรากมากที่สุด ชั้บรากดาวเรืองที่เปียกด้วยผ้าอย่างเบามือเพื่อป้องกันไม่ให้รากขาด วัดความยาวรากและถ่ายภาพรากด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ เก็บเป็นไฟล์ภาพเพื่อนำมาประมวลผลภาพพื้นที่รากด้วยโปรแกรม ImageJ

วิธีการวัดความยาว

ใช้ไม้บรรทัดในการวัดความยาวของรากโดยวัดจากส่วนบนสุดของรากจนถึงปลายรากที่ยาวที่สุด

วิธีถ่ายภาพ

นำตัวอย่างรากดาวเรือง 1 ตัวอย่าง วางลงบนผ้าสีดำในแนวราบ จัดรากให้เรียงตัวเป็นระเบียบ วางไม้บรรทัดเพื่อเป็นสเกล (มีหน่วยเป็นเซนติเมตร) ทำการถ่ายภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด (เบญจมาศ และคณะ, 2555) โดยระยะความสูงจากวัตถุเท่ากับ 42 ซม. ความละเอียดภาพ 3120×4160 นำภาพถ่ายที่ได้เข้าโปรแกรม ImageJ (Fig. 1)

การประมวลผลการวิจัย

หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความยาวรากและพื้นที่รากของดาวเรือง ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย (Regression analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวัดความสามารถในการพยากรณ์ของสมการวิเคราะห์ความถดถอยโดยโปรแกรม R ตามวิธีของ Crawley (2005) อ้างอิงโปรแกรมจาก ImageJ User Guide



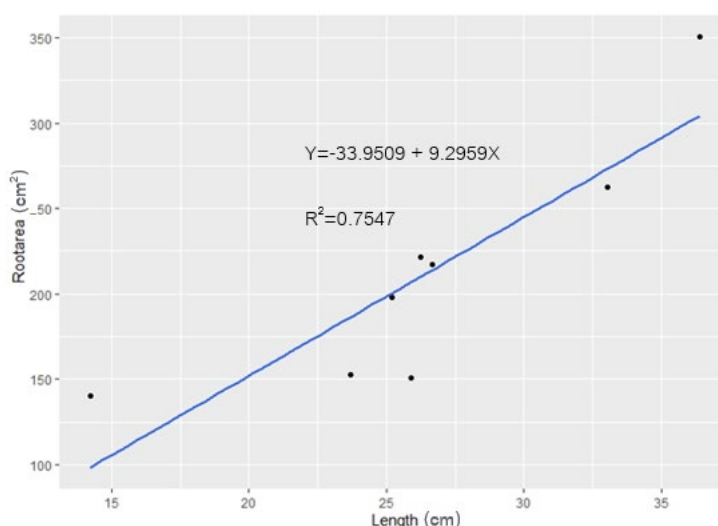
Fig. 1 Image data of Marigold root grew in various pot-plant medium of Marigold (*Tagetes erecta* L. cv. Cana gold extra): (T1) Planting soil incorporated with surface-drip irrigation; (T2) Planting soil incorporated with subsurface-drip irrigation; (T3) Coffee grounds incorporated with surface-drip irrigation; (T4) Coffee grounds incorporated with subsurface-drip irrigation; (T5) Shredded empty fruit bunches incorporated with surface-drip irrigation; (T6) Shredded empty fruit bunches incorporated with subsurface-drip irrigation; (T7) Coconut coir incorporated with surface-drip irrigation T8) Coconut coir incorporated with subsurface-drip irrigation

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการประมวลผลภาพเพื่อประเมินพื้นที่รากของดาวเรือง “คาน่าโกลด์เอ็กซ์ตรา” โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและพื้นที่รากดาวเรือง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X คือ ความยาวราก และตัวแปร Y คือพื้นที่ราก มีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง สมการเส้นตรงที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง คือ $Y = a + bx$ ดังนั้น สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y หรือสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากและพื้นที่รากดาวเรือง คือ $Y = -33.9509 + 9.2959X$ เป็นการค้นพบครั้งใหม่สำหรับความสัมพันธ์ความยาวรากและพื้นที่รากของดาวเรืองจะพบว่า b มีค่า 9.2959 ซึ่ง b ก็คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยโดยมีค่าเป็นบวก แสดงว่าเมื่อดาวเรืองมีความยาวรากเพิ่มขึ้นพื้นที่รากหลังการเก็บเกี่ยวก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 9.2959 ตารางเซนติเมตร (Fig. 2) สอดคล้องกับการศึกษาของเบ็ญจมาศ และคณะ (2555) ที่พบในสหายช่อพริกไทย จากสมการถดถอยสามารถนำไปคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปร Y ได้โดยแทนค่าลงในสมการและเขียนลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์กับค่าที่แท้จริง (Y) เมื่อพิจารณาจากตาราง การพยากรณ์โดยใช้สมการถดถอย $Y = -33.9509 + 9.2959X$ พบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันไปความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด คือ ดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกดินสำเร็จรุกร่วมกับการให้น้ำหยดบนดิน (T1) ซึ่งมีความยาวราก 26.65 เซนติเมตร และพื้นที่รากที่ได้หลังการเก็บเกี่ยว 217.30 ตารางเซนติเมตร ซึ่งค่าที่ได้จากการพยากรณ์พื้นที่รากหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สมการถดถอยก็คือ 213.79 ตารางเซนติเมตร แสดงว่าเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลจริง 3.52 ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ดาวเรืองที่ปลูกด้วยวัสดุปลูกขุยมะพร้าวร่วมกับการให้น้ำหยดบนดิน (T7) เกิดความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ถึง 46.29 ตารางเซนติเมตร มีความยาวราก 36.38 เซนติเมตร และพื้นที่รากที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวเท่ากับ 350.53 ตารางเซนติเมตร เกิดความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงเท่ากับ 46.29 ตารางเซนติเมตร (Table 1) การประมวลผลภาพถ่ายเพื่อประเมินหรือวัดการเจริญเติบโตช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความแม่นยำในการเก็บข้อมูลซึ่ง ณัฐวิทย์ และระวี (2560) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการประเมินพัฒนาการของรากต้นกล้วยพาราในไรโซบอกโดยการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลด้วยโปรแกรม Rootfly และ ImageJ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบดั้งเดิมที่ต้องทำลายตัวอย่าง พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ดังสมการ $y = 1.0479x$ ($R^2 = 0.720$) การใช้ภาพถ่ายดิจิทัลสามารถใช้ประเมินพัฒนาการของระบบรากกล้วยพาราแทนวิธีวัดแบบดั้งเดิมได้ และเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของรากกล้วยพาราได้ นอกจากนี้การประมวลผลภาพถ่ายยังใช้ได้กับการประเมินพื้นที่รากของดาวเรืองแสดงให้เห็นจากผลการประเมินพื้นที่รากดาวเรืองข้างต้น ซึ่งอาจจะใช้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการศึกษาลักษณะสรีรวิทยาของรากดาวเรืองได้เช่นกัน

Table 1 Showed expected data compared with raw data (Y) of Marigold (*Tagetes erecta* L. cv. Cana gold extra)

Treatment	Root length (X)	Raw data of Root area (Y)	Expected data $Y = -33.9509 + 9.2959X$	Error
1	26.65	217.30	213.79	3.52
2	25.19	197.72	200.21	-2.50
3	23.69	152.71	186.27	-33.56
4	14.22	140.29	98.24	42.05
5	26.26	221.36	210.16	11.20
6	25.89	150.53	206.72	-56.19
7	36.38	350.53	304.23	46.29
8	33.03	262.27	273.09	-10.82

Fig. 2 Demonstrated relationship between root length and root area value of Marigold (*Tagetes erecta* L. cv. Cana gold extra)

สรุป

จากการประมวลผลภาพเพื่อประเมินพื้นที่รากของดาวเรืองพันธุ์คาน่าโกลด์เอ็กซ์ตราที่ปลูกด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า วิธีการวัดพื้นที่รากด้วยภาพถ่ายมีความสัมพันธ์กับวิธีการวัดความยาวราก ข้อมูลมีการกระจายในเชิงเส้นตรงได้สมการวิเคราะห์ความถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่รากและความยาวรากดาวเรือง คือ $Y = -33.9509 + 9.2959X$ การประมวลผลภาพพื้นที่รากด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ImageJ สามารถนำมาใช้วัดพื้นที่รากของดาวเรืองได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่ เพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญหทัย มวลสุข, สุธิดา จีณกลาง, อนันตกร สุนทรพิทักษ์. 2561. การศึกษาการเจริญเติบโตของดาวเรือง “พาวเวอร์โกลด์” โดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่า. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 3: 1–6.
- ณัฐวิทย์ ญาณพิสิฐกุล, ระวี เจียรวิภา. 2560. เทคนิคการประเมินพัฒนาการของรากต้นกล้ายางพาราในไรโซบอคโดยการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล. วารสารแก่นเกษตร 45: 1136–1141.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2526. ปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยข้อมูลจากภูมิอากาศและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวในประเทศไทย. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 21. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 496–497.
- ถาวร อริยภูษัย, 2550. แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยหอมที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธนิต เบี้ยวแก้ว, วรार्ห เทพาหุดี, เจษฎา อิศหะระ, รุ่งพทุทธิ จงเจริญสุข. 2559. เทคนิคใหม่สำหรับนับไข่ปลา: ด้วยโปรแกรม ImageJ. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 806–815.
- เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบุญยกิจกุล, เบญจพร อุทัยศรี, ชลธิ ไพบุญยกิจกุล. 2555. การพัฒนาเทคนิควัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) โดยการวัดพื้นที่ภาพถ่าย. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง 21: 76–88.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2560. ปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับปรับปรุง). สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ ฯ.
- สัจจาพร หงษ์ทอง, บรรดิษฐ์ หงษ์ทอง, 2554. การเจริญเติบโตในระยะกล้า 4 ชนิด ในถุงเพาะชำขนาดต่างกัน. วารสารวิชาการป่าไม้ 3 : 58–71.
- Crawley, M.J. 2005. Statistics. An Introduction Using R. John Wiley & Sons, Ltd. Sussex, UK, pp. 114–149.
- Ferreira, T., Rasband, W. 2012. ImageJ User Guide: IJ 1.42r. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>, 12 October 2021.
- Suo, L.N., X.Y. Sun, Jiang, W. 2011. Use of organic agricultural wastes as growing media for the production of *Anthurium andraeanum* 'Pink Lady'. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 86: 366–370.

ประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมโรคใบร่วงของยางพาราในสภาพห้องทดลอง

In vitro efficacy of chemicals for controlling of leaf fall disease of rubber trees

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวานิช*, สุพรรณณี ม่วงอ่อนพะเนา

Udomsak Lertsuchatavanich*, Supanee Mongonpanao

ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrusl@ku.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim, mancozeb, propiconazole และ prochloraz+propiconazole ในการควบคุมเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. สาเหตุโรคใบร่วงของยางพาราในสภาพห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าสาร carbendazim ที่อัตรา 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของโคนิเดียและเส้นใยของเชื้อในห้องปฏิบัติการได้อย่างสมบูรณ์รวมทั้งสามารถควบคุมการก่อโรคบนใบได้ 100% แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยยะสำคัญจากการทดสอบด้วยเทคนิค detached leaf assay นอกจากนี้พบว่าสาร propiconazole ที่อัตรา 40 และ 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ก่อให้เกิดอาการใบไหม้ (phytotoxicity) กับใบยางพาราในการทดสอบ detached leaf assay ซึ่งจากผลการทดลองนี้ ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพของสาร carbendazim ที่อัตรา 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ในระดับแปลงปลูกทดลองเพื่อยืนยันประสิทธิภาพก่อนแนะนำสู่สาธารณะและเผยแพร่สู่เกษตรกร

คำสำคัญ: *Neopestalotiopsis* sp., ยางพารา, สารป้องกันกำจัดเชื้อรา

Abstract

The aim of this study was determined efficacy of fungicides including carbendazim, mancozeb, propiconazole and prochloraz+propiconazole to control *Neopestalotiopsis* sp. causal agent of leaf fall disease of rubber tree. The results showed that carbendazim at 20, 30 and 40 mL/ 20 L of water can completely inhibited conidia germination and mycelial growth of *Neopestalotiopsis* sp. In detached leaf assay carbendazim also gave highest efficacy to control the disease by 100% inhibition significantly different from control treatment with. Phytotoxicity on rubber tree leaves were occurred in treatment of propiconazole at 40 and 50 mL/ 20 L of water. Therefore, the results indicated that carbendazim at 20, 30 and 40 ml/ 20L of water should be tested for control efficacy in the field experiment to confirm their performance before introduction to public and extension to the farmer.

Keywords: Fungicides, *Neopestalotiopsis* sp., Rubber tree

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชที่เศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่าการส่งออกยางพารารวม 287,230.28 ล้านบาท (Rubber Intelligence Unit, 2564) ปัจจุบันการปลูกยางพาราประสบปัญหาการเข้าทำลายของศัตรูพืชต่างๆ มากขึ้น โดยมีการพบโรคใบร่วงชนิดใหม่ในยางพาราระบาดครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่ปลูกยางพาราทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และระบาดไปยังพื้นที่ปลูกต่างๆ ในประเทศใกล้เคียง ประเทศไทยมีรายงานการระบาดของโรคใบร่วงชนิดใหม่ครั้งแรกในเดือนกันยายนปี พ.ศ. 2562 ในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส ต่อมา พ.ศ. 2563 พบการระบาดของโรคในพื้นที่ปลูกยางพารา 9 จังหวัดภาคใต้ ได้แก่ นราธิวาส ยะลา ตรัง พังงา ปัตตานี สุราษฎร์ธานี สงขลา กระบี่และสตูล รวมพื้นที่ประมาณ 771,171.12 ไร่ (กฤษฎา และคณะ, 2563) อาการของโรคเกิดบนใบแก่ เริ่มจากใต้ใบมีลักษณะเป็นรอยขีด จากนั้นขยายใหญ่ขึ้นจนเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขอบแผลสีดำ และต่อมาเนื้อเยื่อจะแห้งเป็นสีน้ำตาลจนถึงขาวซีด ลักษณะแผลค่อนข้างกลม แผลสามารถลุกลามซ้อนกันจนเป็นแผลขนาดใหญ่ ระยะที่โรคแสดงอาการรุนแรงใบจะเหลืองและร่วงในที่สุด และเชื้อราสามารถเข้าทำลายกิ่งจากปลายยอด ทำให้ยอดเกิดอาการแห้งตายได้ (อารมณ, 2562) ในปัจจุบันพบรายงานเชื้อสาเหตุโรคใบร่วงชนิดใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกับเชื้อรา *Neopestalotiopsis cubana* และ *N. formicarum* (Pornsuriya et al., 2020) การใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการควบคุมการระบาดของโรคพืชต่างๆ เนื่องจากสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาลักษณะของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่างๆ เพื่อจะเป็นแนวทางในการควบคุมโรคใบร่วงของยางพารา

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างและการแยกเชื้อรา

ทำการเก็บตัวอย่างใบยางพาราพันธุ์ RRIM600 ที่เป็นโรคใบร่วง ซึ่งมีลักษณะอาการแผลจุดกลม สีน้ำตาลจนถึงขาวซีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-3 เซนติเมตร จากพื้นที่ ต.เอราวัณ อ.แว้ง จ.นราธิวาส (Fig. 1A) นำมาแยกเชื้อโดยใช้วิธี tissue transplanting method โดยตัดส่วนอาการแผลขนาดประมาณ 0.5 ตารางเซนติเมตร แช่ในสารละลาย 10% clorox[®] นาน 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชือนาน 5 นาที จำนวน 2 ครั้ง ซับเนื้อเยื่อให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูหนึ่งฆ่าเชื้อ นำมาวางบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ตั้งบ่มไว้ในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน แยกเชื้อราที่เจริญออกมาจากชิ้นส่วนพืชให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ตรวจสอบลักษณะเส้นใยโคโคโลนี และการสร้างสปอร์ หรือโคนิเดียเพื่อตรวจสอบชนิดของเชื้อในเบื้องต้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound microscope

การทดสอบการก่อโรค

นำเชื้อราบริสุทธิ์ที่แยกได้ข้างต้นมาทดสอบการก่อโรคตามหลักของ Koch's Postulates กับต้นกล้ายางพาราพันธุ์ RRIM600 อายุประมาณ 1 ปี ที่สมบูรณ์ไม่เป็นโรคและมีขนาดต้นเท่าๆ กัน ทำการปลูกเชื้อแบบ attached leaf assay บนใบอ่อน ทำแผลที่ใบด้วยเข็มฉีดยา 3 จุด นำชิ้นส่วนของเชื้อราสาเหตุโรค ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 7 วันวางบนใบที่ทำแผลไว้ ทำการบันทึกลักษณะอาการโรคที่เกิดขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการยับยั้งการเจริญของโคนิเดียและเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคใบร่วงในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของโคนิเดีย เติริมสปอร์แขวนลอยของเชื้อราสาเหตุโรคใบร่วงที่ความเข้มข้น 10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ดูดสารป้องกันกำจัดเชื้อราใส่ในสปอร์แขวนลอยอัตรา 1:10 มิลลิลิตร โดยให้ความเข้มข้นในอัตราต่อน้ำ 20 ลิตร ดังนี้สาร carbendazim 50%SC ที่ 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร สาร mancozeb 80%WP ที่ 30, 40 และ 50 กรัม สาร propiconazole 25%EC ที่ 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร และ สาร prochloraz+propiconazole 40+9%EC ที่ 10 มิลลิลิตร และมีน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นทำการตรวจการเจริญของสปอร์โดยดูดสปอร์แขวนลอยที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดต่างๆ ปริมาณ 100 ไมโครลิตร มาเกลี่ยบนอาหาร PDA จำนวน 2 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง 5 วัน บันทึกผลโดยนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนอาหาร

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคใบร่วงกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่างๆ ข้างต้น ด้วยวิธี poisoned food technique โดยดูดสารป้องกันกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมลงในอาหาร PDA 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเทใส่จานเลี้ยงเชื้อ ทำกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ แล้วนำ mycelial plug ของเชื้อราที่อายุ 7 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ข้างต้น บ่มที่อุณหภูมิห้อง บันทึกการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ 7 วันหลังการทดลอง ด้วยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (percent inhibition of radial growth; PIRG) จาก Equation 1

$$\frac{(\text{เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อของชุดควบคุม} - \text{เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อของแต่ละกรรมวิธี})}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อของชุดควบคุม}} \times 100 \quad (1)$$

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการควบคุมโรคใบร่วงยางพาราด้วยวิธี detached leaf assay

เตรียมสารป้องกันกำจัดเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ในอัตราความเข้มข้นต่อน้ำ 20 ลิตร ได้แก่ 1) carbendazim 50% SC ที่ 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร 2) mancozeb 80%WP ที่ 30, 40 และ 50 กรัม 3) propiconazole 25%EC ที่ 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร และ 4) prochloraz+propiconazole 40+9%EC ที่ 10 มิลลิลิตร นำใบยางพาราพันธุ์ RRIM600 แช่ในสารป้องกันกำจัดเชื้อราที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 3 นาที ผึ่งให้แห้ง ตัดชิ้นส่วนของเชื้อราอายุ 7 วัน ด้วย cork borer วางบนใบยางพาราที่อยู่ในไนล่องชื้น (moist chamber) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบผลการทดลองกับชุดควบคุมที่แช่น้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ บันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของแผลโรคใบร่วง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคและการทดสอบการก่อโรค

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคใบร่วงชนิดใหม่ยางพารา ด้วยเทคนิค tissue transplanting method บนอาหาร PDA สามารถแยกเชื้อราบริสุทธิ์มีลักษณะเส้นใยโคโรนีสีขาว สร้างกลุ่มโคนิเดียสีดำ ทำการตรวจสอบกลุ่มโคนิเดียพบมีรูปร่างเหมือนเชื้อราใน genus *Neopestalotiopsis* (Figs. 1B และ 1C) โดยสอดคล้องตามรายงานของ Pornsuriya และคณะ

(2020) เมื่อนำไปทดสอบการก่อโรคกับต้นกล้ายางพาราด้วยเทคนิค attached leaf assay พบว่าใบยางที่ปลูกเชื้อเริ่มแสดงอาการโรคที่ 2 วันหลังการปลูกเชื้อลักษณะแผลชำสีดำกลม จากนั้นเนื้อเยื่อจะเริ่มตายเป็นสีน้ำตาลถึงขาวซีด แผลขยายเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตรภายในระยะเวลาเพียง 5 วัน หลังปลูกเชื้อ (Fig. 2)

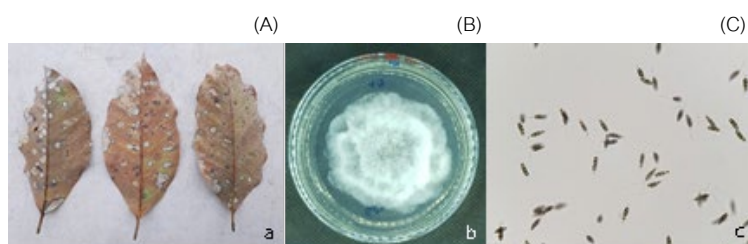


Fig. 1 Symptoms of leaf fall disease on rubber trees cultivar RRIM600 from Erawan sub district, Waeng district, Narathiwat Province (A). Colony and conidia of *Neopestalotiopsis* sp. on PDA at 7 days (B, C)



Fig. 2 Pathogenicity test of *Neopestalotiopsis* sp. on rubber tree cultivar RRIM600 at 5 days after inoculation

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการยับยั้งการเจริญของโคนินเดียและเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคใบร่วงในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการยับยั้งการเจริญของโคนินเดียของเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. พบว่าสาร carbendazim ที่ 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร , mancozeb ที่ 30, 40 และ 50 กรัม/ 20 ลิตร และ prochloraz+propiconazole ที่ 10 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของโคนินเดียของเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. ได้ 100% โดยไม่พบการเจริญของโคนินเดียของเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. (Table 1, Fig. 3) ส่วนสาร propiconazole ที่ 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของโคนินเดียของเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. ได้ทั้งหมด โดยมีจำนวนโคนินเดียเจริญบน PDA เท่ากับ 8.9×10^2 , 1.8×10^2 และ 0.9×10^2 โคนินเดียต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีจำนวนโคนินเดีย เท่ากับ 2.1×10^5 โคนินเดียต่อมิลลิลิตร (Table 1)

ส่วนประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. พบว่า carbendazim mancozeb propiconazole และ prochloraz+propiconazole ที่ทุกอัตราในการทดลองสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 1)

Table 1 Efficacy of fungicides for control growth of spore and mycelium of *Neopestalotiopsis* sp. in laboratory.

Treatment	Number of spore germination (CFU/ml)	Mycerial growth inhibition	
		Mycelial growth (cm)	%Inhibition
1.Carbendazim 50%SC 20cc/ 20L	0	0.0	100
2.Carbendazim 50%SC 30cc/ 20L	0	0.0	100
3.Carbendazim 50%SC 40cc/ 20L	0	0.0	100
4.Mancozeb 80%WP 30g/ 20L	0	0.0	100
5.Mancozeb 80%WP 40g/ 20L	0	0.0	100
6.Mancozeb 80%WP 50g/ 20L	0	0.0	100
7.Propiconazole 25%EC 30cc/20L	8.9×10^2	0.0	100
8.Propiconazole 25%EC 40cc/20L	1.8×10^2	0.0	100
9.Propiconazole 25%EC 50cc/20L	0.9×10^2	0.0	100
10.Prochloraz+propiconazole 40+9%EC 10cc/20L	0	0.0	100
11.Control (water)	2.1×10^5	8.0	-

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการควบคุมโรคใบร่วงยางพาราด้วยวิธี *detached leaf assay*

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการควบคุมการเกิดโรคใบร่วงยางพาราจากเชื้อรา *Neopestalotiopsis* sp. พบว่าสาร carbendazim ที่ 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุดสามารถควบคุมการเกิดโรคบนใบได้ดีที่สุดโดยไม่พบอาการของโรคปรากฏ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแผ่นเฉลี่ย 0.83 เซนติเมตร โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ (Table 2, Fig. 4) สอดคล้องกับรายงานของ Thaochan และคณะ (2020) ที่พบว่าสาร carbendazim สามารถลดการพัฒนาของโรคและช่วยชักนำให้ยางพาราต้านทานต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ *Neopestalotiopsis cubana* ส่วนสาร mancozeb ที่ 50 กรัม/ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพการควบคุมการเกิดโรครองลงมาเท่ากับ 87.95% (Table 2) โดยสาร carbendazim เป็นสารป้องกันกำจัดโรคพืชในกลุ่ม benzimidazoles ที่มีกลไกการควบคุมเชื้อราโดยยับยั้งการแบ่งเซลล์แบบ mitosis แต่เป็นสารที่มีความเสี่ยงต่อการดื้อยาสูง ในทางปฏิบัติจึงอาจใช้สลับกับสาร mancozeb ซึ่งเป็นสารป้องกันกำจัดโรคพืชในกลุ่ม dithiocarbamate ที่มีกลไกการควบคุมเชื้อราหลายกลไก เป็นสารที่มีความเสี่ยงต่อการดื้อยาดำ เหมาะที่จะนำไปใช้สลับกับสาร carbendazim (Oliver and Hevitt, 2014) จากการทดลองยังพบว่าสาร propiconazole ที่ 40 และ 50 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร ทำให้ใบยางพาราเกิดอาการใบไหม้ (phytototoxicity) และส่งผลให้อาการของโรครุนแรงมากขึ้นโดยมีขนาดแผลใหญ่กว่าชุดควบคุม 24.10% ในกรรมวิธีที่ใช้ propiconazole ที่ 50 มิลลิลิตร/ 20 ลิตร (Fig. 4)

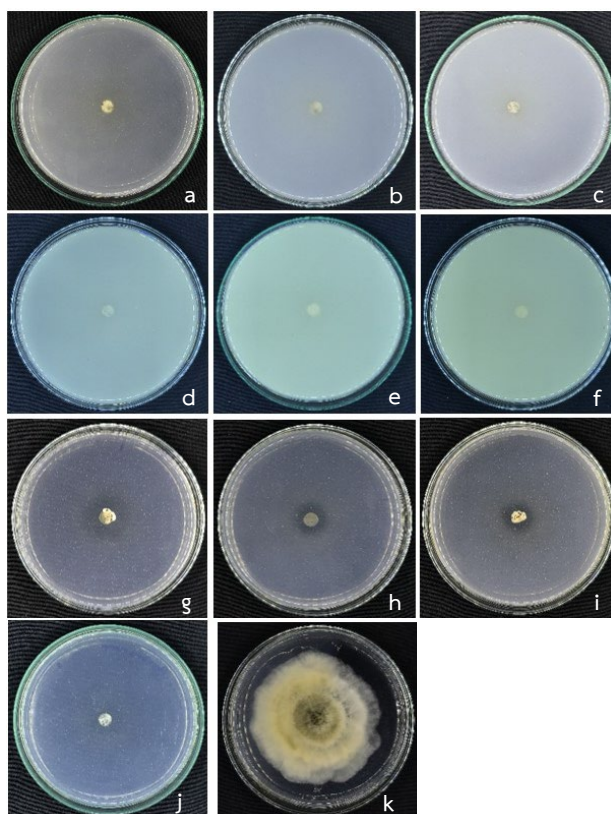


Fig. 3 Efficacy of fungicides for control mycelial growth of *Neopestalotiopsis* sp. by poison food technique. carbendazim 50%SC at 20, 30, 40cc per 20L of water (a-c); mancozeb 80%WP at 30, 40, 50 g per 20L of water (d-f) propiconazole 25%EC at 30, 40, 50cc per 20L of water (g-i); prochloraz+propiconazole 40+9%EC 10 cc per 20L of water (j) and control (k)

Table 2 Efficacy of fungicides for control leaf fall disease caused by *Neopestalotiopsis* sp. by detached leaf technique at 7 days after inoculation

Treatment	Lesion diameter (cm)	% Inhibition
1.Carbendazim 50%SC 20cc/20L	0.00 ^d	100.00
2.Carbendazim 50%SC 30cc/20L	0.00 ^d	100.00
3.Carbendazim 50%SC 40cc/20L	0.00 ^d	100.00
4.Mancozeb 80%WP 30g/20L	0.30 ^c	63.86
5.Mancozeb 80%WP 40g/20L	0.18 ^{cd}	78.31
6.Mancozeb 80%WP 50g/20L	0.10 ^{cd}	87.95
7.Propiconazole 25%EC 30cc/20L	0.12 ^{cd}	85.54
8.Propiconazole 25%EC 40cc/20L	0.22 ^{cd}	73.49
9.Propiconazole 25%EC 50cc/20L	1.03 ^a	-24.10
10.Prochloraz+Propiconazole 40+9%EC 10cc/20L	0.12 ^{cd}	85.54
11.Control	0.83 ^b	-
%CV	43.9	

Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$)



Fig. 4 Efficacy of fungicides for control leaf fall disease caused by *Neopestalotiopsis* sp. by detached leaf technique at 7 days after inoculation. carbendazim 50%SC at 20, 30, 40cc per 20L of water (a-c); mancozeb 80%WP at 30, 40, 50 g per 20L of water (d-f) propiconazole 25%EC at 30, 40, 50cc per 20L of water (g-i); prochloraz+propiconazole 40+9%EC 10 cc per 20L of water (j) and control (k)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณอับดะห์ มามะ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างโรคใบร่วงยางพารา และ บริษัท เอสทีเอ็ม อินเตอร์เทรด จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารป้องกันกำจัดเชื้อราและต้นพันธุ์ยางพาราในการทดลอง

สรุปและเสนอแนะ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim mancozeb propiconazole และ prochloraz+propiconazole ในการควบคุมเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. สาเหตุโรคใบร่วงยางพาราในการทดลองนี้พบว่าสาร carbendazim 50%SC ที่อัตรา 20, 30, 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของโคนินเดีย การเจริญของเส้นใย รวมทั้งควบคุมการเกิดโรคได้ 100% โดยสารป้องกันกำจัดเชื้อราอื่นส่วนใหญ่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยหรือการเจริญของโคนินเดียได้ แต่ไม่สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ 100% เหมือน carbendazim นอกจากนี้สาร propiconazole 25%EC ที่อัตรา 40 และ 50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร ยังมีผลทำให้เกิด phytotoxicity ต่อใบยางพาราทำให้เกิดอาการใบไหม้และทำให้อาการโรครุนแรงมากขึ้น ผลการทดลองนี้เป็นข้อมูลประสิทธิภาพเบื้องต้นของสาร carbendazim ในการควบคุมโรคใบร่วงยางพาราจากเชื้อ *Neopestalotiopsis* sp. ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในอนาคตควรมีการทดลองในสภาพแปลงปลูกเกษตรกรต่อไปเพื่อจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพเมื่อนำไปควบคุมโรคใบร่วงยางพาราในสภาพแวดล้อมจริง

เอกสารอ้างอิง

- กฤษดา สังก์สิงห์, วิฑิตาภรณ์ ภูมิไชย์, วิทยา พรหมมี. 2563. คู่มือข้อมูลทางวิชาการและแนวทางการป้องกันกำจัดโรคใบร่วงชนิดใหม่ในยางพารา. บริษัท นิเวศรรมดา การพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ.
- อารมณ ไรจน์สุจิตร์. 2562. โรคใบร่วงชนิดใหม่ของยางพารา. วารสารยางพารา 40: 3-19.
- Oliver, R.P., Hewitt, H.G. 2014. Fungicides in Crop Protection. CABI. Wallingford, UK.
- Pornsuriya, C., Chairin, T., Thaochan, N., Sunpapao A. 2020. Identification and characterization of *Neopestalotiopsis* fungi associated with a novel leaf fall disease of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in Thailand. J. Phytopathol. 11: 504.
- Rubber Intelligence Unit. 2564. [http://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=ex](http://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=exhttp://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=ex)<http://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=ex>, 30 พฤศจิกายน 2564.
- Thaochan, N., Pornsuriya, C., Chairin, T., Sunpapao, A. 2020. Roles of systemic fungicide in antifungal activity and induced defense responses in rubber tree (*Hevea brasiliensis*) against leaf fall disease caused by *Neopestalotiopsis cubana*. Physiol. Mol. Plant P. 111: 101511.

การเปรียบเทียบวิธีการให้น้ำที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง

Comparison of different irrigation methods effect on growth of banana (*Musa* (AAA group) 'Kluai Hom Thong')

กฤษฎา ลิ้มชูวงศ์, อารยา อาจเจริญ เทียนหอม*, ทศไนย จารูวัฒนพันธ์, เจนจิรา ชุมภูคำ

Kirssada Limchoowong, Araya Arjcharoen Theanhom*, Tassanai Jaruwattanaphan, Jenjira Chumpookam

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: arayaarjcharoen.t@ku.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเกษตรกรไม่สามารถผลิตกล้วยหอมทองได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากไม่สามารถจัดการน้ำในแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตที่ได้จึงไม่ตรงตามมาตรฐานการค้า ดังนั้นการนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ (Smart farm) มาใช้ในการผลิตพืช จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างเหมาะสม จึงมีการศึกษาผลของรูปแบบการให้น้ำในระบบที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง โดยเปรียบเทียบการให้น้ำ 2 ระบบ ได้แก่ การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม (Traditional irrigation: TI) โดยให้น้ำไปตามร่อง และการให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์ม (Smart farm irrigation: SF-I) ที่ควบคุมการให้น้ำตามค่าเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่กำหนดจากการทดลองเป็นระยะเวลา 13 เดือน พบว่าระบบ SF-I ส่งผลให้กล้วยหอมทองมีการเจริญเติบโตด้านลำต้น ได้แก่ ด้านความสูง เส้นรอบวง จำนวนใบ ความกว้าง ความยาวใบ และจำนวนหน่อมากกว่าระบบ TI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งระบบ SF-I สามารถลดปริมาณการให้น้ำลง 50% จากระบบ TI

คำสำคัญ: เกษตรอัจฉริยะ, กล้วย, เทคโนโลยีเซ็นเซอร์, ระบบน้ำแบบดั้งเดิม

Abstract

Nowadays, farmers are unable to produce enough 'Hom Thong' bananas to support the market demand. Due to the inappropriate water management in the field, resulting in a production that does not meet trade standards. Therefore, smart agricultural technology will help increase production efficiency appropriately. Therefore, the effect of different irrigation systems on the growth of 'Hom Thong' bananas were studied. The experiment compared two irrigation systems, namely traditional irrigation (TI) which water was applied to furrow and smart farm irrigation (SF-I) which irrigation system was controlled by soil moisture sensor. From the experiment for 13 months, it was found that SF-I resulted in statistically significantly higher height, circumference, leaf number, leaf width, leaf length, and sucker number than the TI. In addition, SF-I can reduce the amount of watering by 50% from the TI.

Keywords: Banana, Sensor technology, Smart farm, Traditional irrigation

คำนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa* (AAA Group) 'Kluai Hom Thong') เป็นกล้วยที่ประเทศไทยส่งออกมาเป็นอันดับสองรองจากกล้วยน้ำว้า (เบญจมาศ, 2558) ในปี 2563 มีผลผลิตทั้งหมด 136,067 ตัน มีมูลค่าการส่งออก 103.70 ล้านบาท ประเทศไทยสามารถส่งออกได้เพียงประมาณ 3,000 ตันต่อปี เนื่องจากคุณภาพของผลผลิตไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ อีกทั้งปริมาณการบริโภคกล้วยหอมทองภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตมีไม่เพียงพอต่อการบริโภค (วารินทร์, 2558 ;สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในการปลูกกล้วยให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น นอกจากการจัดการแปลงที่ดีแล้ว การให้น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง เนื่องจากกล้วยหอมทองเป็นพืชที่อ่อนแอต่อสภาพขาดน้ำ เมื่ออยู่ในสภาวะที่ได้รับน้ำไม่เพียงพอ ทำให้ขนาดของใบและพื้นที่ใบเล็กลง การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต เนื่องจากปริมาณอาหารสะสมไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการพัฒนาส่วนของผลกล้วย (Surendar et al., 2013a)

โดยทั่วไปเกษตรกรรายย่อยในเขตภาคกลาง มักนิยมปลูกไม้ผลแบบร่องคูเพื่อช่วยกักเก็บและระบายน้ำ แต่ต้องอาศัยแรงงานในการขุดน้ำหรือใช้เรือยนต์ติดเครื่องสูบน้ำเพื่อรดน้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) เป็นวิธีการให้น้ำที่ง่ายต่อการจัดการ แต่มีการใช้น้ำปริมาณมาก ในปี 2562 พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดในรอบ 30 ปี (ทวีศักดิ์ และคณะ, 2563) ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรกรรมและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้น้ำอย่างประหยัดด้วยการติดตั้งระบบน้ำที่ใช้น้ำปริมาณน้อยลง และเพียงพอต่อความต้องการของพืช (เกรียงศักดิ์, 2562) การทำเกษตรอัจฉริยะหรือสมาร์ทฟาร์ม โดยการใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ และระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) มาควบคุมระบบการให้น้ำที่เพียงพอต่อความต้องการน้ำของพืช เป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากช่วยลดปริมาณการใช้น้ำและลดระยะเวลาการทำงานลง (จรวด และคณะ, 2564) การเลือกรูปแบบน้ำที่เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับระบบสมาร์ทฟาร์มจะส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น โดยการติดตั้งระบบมินิสปริงเกอร์ซึ่งเป็นระบบการให้น้ำที่ใช้น้ำน้อย เป็นการให้น้ำแก่พืชโดยน้ำถูกฉีดพ่นฝอยผ่านทางหัวฉีดกระจายทั่วพื้นที่เพาะปลูกคล้ายฝนตกตามธรรมชาติ หัวฉีดถูกติดตั้งไว้ใกล้พืชทำให้รากพืชที่อยู่ในรัศมีได้รับน้ำและความชื้นโดยตรง ความชื้นในดินเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการกำหนดปริมาณการให้แก่พืช โดยความชื้นที่พืชสามารถดูดน้ำขึ้นไปใช้ได้ จะอยู่ในช่วงของระดับ ความจุความชื้นในสนาม (field capacity) ถึง ระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ในแต่ละพืชจะมีความต้องการที่แตกต่างกัน (โล่ห์, 2553) หากพืชได้รับน้ำในปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลต่อระดับความชื้นในดิน ค่าศักยภาพความชื้นในดิน (Soils Moisture Potential; SAM) ที่อยู่ในระดับน้อยกว่าความจุความชื้นสนามที่ -10 kPa พืชจะเริ่มเข้าสู่สภาวะเครียดเมื่อมีค่า SAM ระหว่าง -20 kPa ถึง -25 kPa ส่งผลให้ความสามารถในการใช้น้ำในดินของพืชลด ซึ่งควรรักษาค่าศักยภาพความชื้นในดิน ให้อยู่ในระดับที่มากกว่า -20 kPa โดยการให้น้ำทุก 2 วัน (Robinson and Bower, 1987) ซึ่งการรักษาระดับความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมส่งผลให้กล้วยสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงมีการพัฒนาระบบการให้น้ำอัตโนมัติด้วยการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินส่งสัญญาณในการควบคุม และสั่งการการให้น้ำผ่านสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน ช่วยให้พืชได้รับปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สามารถลดต้นทุนและวางแผนควบคุมการผลิตได้ (ธนศิษฐ์ และคณะ, 2559; อาทิตยา และคณะ, 2563) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบของการให้น้ำผ่านการควบคุมด้วยระบบสมาร์ทฟาร์มกับการให้น้ำในรูปแบบดั้งเดิม ต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทอง เพื่อเป็นแนวทางในการให้น้ำซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

คัดเลือกหน่อกล้วยหอมทองอายุหน่อ 4 เดือน ปาดหน่อให้มีขนาด 30×50 เซนติเมตร ชุดหลุมขนาด 50×50×50 เซนติเมตร จำนวน 72 ต้น/ทรีตเมนต์ รองกันหลุมด้วยปุ๋ยมูลโค 1 กิโลกรัม/หลุม มีระยะห่างระหว่างต้น 2 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 6 เมตร ร่องปลูกมีขนาด กว้าง 8 เมตร ยาว 42 เมตร วางระบบน้ำ ร่องละ 1 ทรีตเมนต์ ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียว ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่า 6-7 ในด้านการดูแลรักษา ใส่ปุ๋ยมูลโค 0.5 กิโลกรัม/ต้น ทุกเดือน กำจัดวัชพืชและสาขใบกล้วย ทุก 2 สัปดาห์ แบ่งการให้น้ำเป็น 2 ทรีตเมนต์ ได้แก่ 1) การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม โดยให้น้ำที่ผิวดินผ่านท่อ กำหนดระยะเวลาการให้น้ำ 1 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 30 นาที/ครั้ง 2) การให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์ม ที่มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร เซนเซอร์ส่งข้อมูลแบบ real time ไปยังระบบควบคุมการให้น้ำผ่านหับมินิสปริงเกอร์ (Fig. 1) อัตราการไหล 40 ลิตร/ชั่วโมง รัศมี 2 เมตร โดยกำหนดให้ระบบเริ่มให้น้ำเมื่อระดับความชื้นในดินต่ำกว่า 50% และหยุดการให้น้ำเมื่อความชื้นในดินอยู่ที่ระดับ 70% (เบญจมาศ, 2558) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต โดยสุ่มเก็บข้อมูลทรีตเมนต์ละ 15 ต้น ทำการทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 ข้อมูลสภาพอากาศภายในแปลง มีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 25.12–31.46°C โดยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดคือ 41.12 และ 16.3°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยระหว่าง 61.42–77.58%

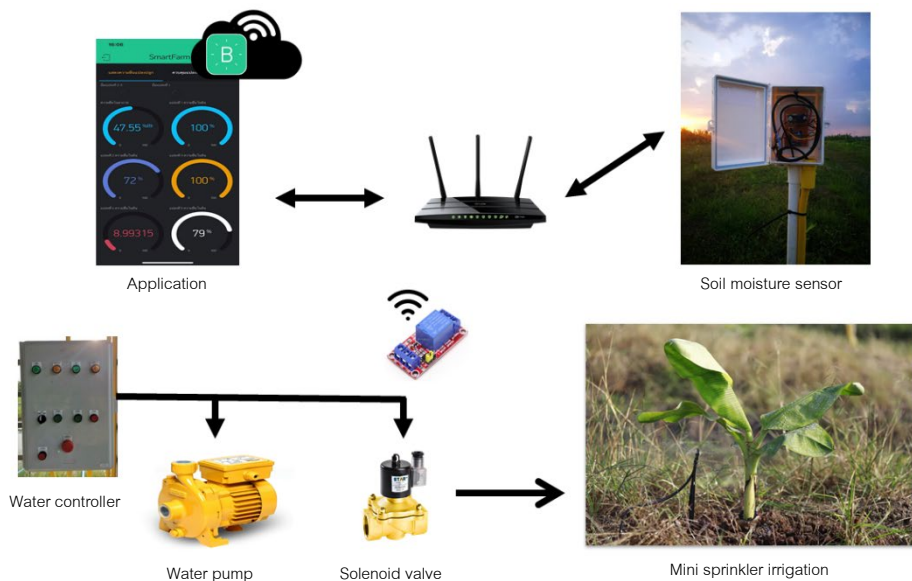


Fig. 1 Diagram of smart farm irrigation controlling by soil moisture sensor

การบันทึกผล

1. การเจริญเติบโตด้านลำต้น ประกอบด้วย 1) ความสูงลำต้นเทียม (เซนติเมตร) 2) เส้นรอบวงลำต้นเทียม (เซนติเมตร) 3) จำนวนใบ (ใบ) 4) ความยาวใบ (เซนติเมตร) 5) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) 6) จำนวนหน่อ (หน่อ) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางลำต้นทุก 30 วัน ตั้งแต่หลังปลูก 1 เดือน และหยุดเก็บข้อมูลเมื่อถึงระยะแทงช่อดอก
2. ปริมาณการให้น้ำบันทึกจากมิเตอร์ภายในแปลงทดลอง เก็บปริมาณการให้น้ำทุก 30 วัน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

3. วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีการ Two-sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม Statistix (Version 8.0)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลจากการให้ระบบน้ำที่แตกต่างกันในการปลูกกล้วยหอมทองพบว่า ที่ระยะการพัฒนาด้านลำต้นในช่วง 6 เดือนแรกของการปลูก (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2562) เป็นช่วงที่มีฝนตกอยู่ตลอดทำให้ยังไม่มีการให้น้ำผ่านระบบน้ำ อีกทั้งในช่วงแรกของการปลูกกล้วยหอมทองด้วยหน่อ หน่อกล้วยมีการพักตัวและเจริญเติบโตช้า เนื่องจากมีการสะสมอาหารภายในหน่อก่อนนำมาสร้างลำต้นเหนือดิน รวมไปถึงระบบรากยังไม่พัฒนา (Eckstein et al., 1995) ส่งผลให้ความสูงลำต้นเทียม เส้นรอบวงลำต้นเทียม ความยาวใบ ความกว้างใบ และจำนวนใบของทั้ง 2 ทรีตเมนต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 เริ่มต้นการให้น้ำพร้อมกันทั้ง 2 ทรีตเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกล้วยหอมทองที่ทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีความแตกต่างกัน โดยการให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์ม กล้วยหอมทองสามารถตอบสนองได้ดี มีความสูง และขนาดเส้นรอบวงลำต้นเทียมมากกว่าการให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม ตลอดถึงระยะแทงช่อดอกในเดือนกรกฎาคม 2563 โดยในเดือนกรกฎาคม 2563 การให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์ม มีค่าความสูงลำต้นเทียมเฉลี่ย 127.15 เซนติเมตร และเส้นรอบวงลำต้นเทียมมีขนาดเฉลี่ย 44.85 เซนติเมตร แต่การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิมมีค่าความสูงของลำต้นเทียมเฉลี่ยเพียง 101.65 เซนติเมตร และเส้นรอบวงลำต้นเทียมมีขนาดเฉลี่ย 36.05 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1 และ Fig. 2) โดยการให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์ม ช่วยรักษาระดับความชื้นในดินอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า ซึ่งการรักษาความชื้นในดินอยู่ที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity) ช่วยให้กล้วยไม่อยู่ในสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ ส่งผลให้กล้วยมีการเจริญทางด้านลำต้น ทั้งด้านความสูงและเส้นรอบวงลำต้นเทียมมีความสูงมากกว่ากล้วยที่ได้รับน้ำเพียงพอและมีระดับความชื้นในดินต่ำกว่า 50% (Mahouachi, 2009; Surendar et al., 2013b) จากการศึกษาของ Nyombi (2010) พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของกล้วยมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต โดยขนาดของเส้นรอบวงลำต้นเทียมที่มีขนาดใหญ่ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นในกล้วยไฮแลนด์แอฟริกาตะวันออก (Wairegi, 2010)

จำนวนใบมีจำนวนเพิ่มขึ้น และขนาดของใบมีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุของต้น ตามการเจริญของลำต้นเทียม (เบญจมาศ, 2558) แต่การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม สัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดการปลูก คาดว่าเป็นการเว้นระยะเวลาการให้น้ำต่อครั้งที่นานเกินไปทำให้ปริมาณน้ำที่ได้รับไม่สมดุลกับปริมาณการใช้น้ำของกล้วย ซึ่งภายในแปลงของการให้น้ำแบบดั้งเดิมมีความชื้นในดินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 47.8–55.6% ในช่วงที่มีอากาศร้อน ควรมีการให้น้ำทุก 3–4 วัน (Mustaffa and Kumar, 2012) การขาดน้ำหรือได้รับปริมาณไม่เพียงพอส่งผลให้ใบที่เกิดใหม่มีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการขาดน้ำต่อเนื่องเป็นเวลา 5 วัน มีผลกระทบต่อการขยายตัว (expanding) ของเนื้อเยื่อส่งผลให้ใบกล้วยที่เกิดใหม่มีขนาดเล็กลง (Turner and Thomas, 1998) สอดคล้องกับผลการทดลองโดยการให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์มที่มีการรักษาระดับความชื้นในดิน ใบมีขนาดใหญ่กว่าการให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้น้ำในระบบสมาร์ทฟาร์ม มีค่าความกว้างใบและความยาวใบคือ 129.80 และ 44.18 เซนติเมตร การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิมที่มีค่าความกว้างใบและความยาวใบเท่ากับ 94.30 และ 36.20 เซนติเมตร (Table 1) แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองพบว่าในด้านของจำนวนใบทั้งหมด การให้น้ำทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการเกิดของใบเพิ่มขึ้นตามอายุของกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความสูงและขนาดของเส้นรอบวงลำต้นเทียม เนื่องจากลำต้นเทียมประกอบด้วยกาบใบที่เรียงซ้อนกัน (มุจลินทร์, 2538; เบญจมาศ, 2558) การสร้างหน่อเกิดขึ้นในเดือนมกราคม 2563

ค่าเฉลี่ยของจำนวนหน่อของทั้ง 2 ทรีตเมนต์ มีแนวโน้มเพิ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 โดยการให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์มมีจำนวนหน่อเฉลี่ย 3.10 หน่อ มากกว่าการให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิมมีจำนวนหน่อเฉลี่ย 2.55 หน่อ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

Table 1 Vegetative growth parameter of 'Hom Thong' banana at 13 months after transplanting under traditional irrigation system and smart farm irrigation system

Irrigation system	Pseudostem height (cm)	Pseudostem circumference (cm)	Number of Leaves (leaves)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of sucker (suckers)
TI	101.65±7.24	36.05±2.43	41.50±1.04	94.30±4.87	36.20±2.15	2.55±0.37
SF-I	127.15±7.81	44.85±1.63	39.55±1.09	129.80±4.74	44.18±1.47	3.10±0.43
t-test	*	*	ns	*	*	ns

* = significant at $p < 0.05$; ns = non significant

TI = traditional irrigation; SF-I = smart farm irrigation

ในด้านปริมาณการให้น้ำของทั้ง 2 ทรีตเมนต์ ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2563 พบว่า การให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม มีปริมาณการให้น้ำทั้งหมด 55.6 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย 0.11 ลูกบาศก์เมตร/ต้น/เดือน และการให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์ม ตามความชื้นที่กำหนด มีปริมาณการให้น้ำทั้งหมด 25.8 ลูกบาศก์เมตร มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย 0.05 ลูกบาศก์เมตร/ต้น/เดือน ตลอดการระยะเวลาการให้น้ำทั้ง 2 ทรีตเมนต์ การให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์ม มีปริมาณการให้น้ำลดลง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม แต่มีผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองของ Kahlow et al. (2007) พบว่าการใช้หัวพ่นสปริงเกอร์ในการให้น้ำในการปลูกข้าว เป็นการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ช่วยให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น 18% และมีปริมาณการให้น้ำลดลง 35% จากการให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม อีกทั้งการให้น้ำในระบบสมาร์ฟาร์ม ที่มีการติดตั้งหัวสปริงเกอร์ น้ำมีการกระจายตัวที่บริเวณเขตรากซึมลงไปในดินโดยตรง ช่วยรักษาระดับความชื้นในดินให้อยู่ระหว่าง 50–60% ที่ชั้นดินด้านบนที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร เป็นระดับความชื้นในดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้วย (Chen, 1971; Hu et al., 2018) และอยู่ในระดับความลึกของระบบรากกล้วยหอมทองที่สามารถดูดน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

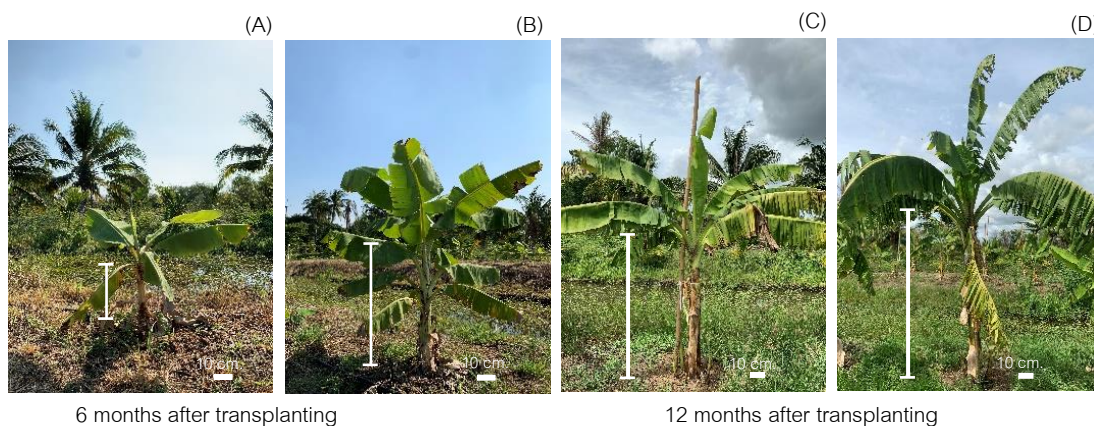


Fig. 2 Comparison of 'Hom Thong' banana vegetative growth under traditional irrigation system and smart farm irrigation system: (A) and (C) banana in traditional irrigation system; (B) and (D) banana in smart farm irrigation system

สรุป

การใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะควบคุมการให้น้ำกล้วยหอมทองอย่างเหมาะสมโดยการตรวจจับความชื้นในดินผ่านเซนเซอร์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ได้แก่ ความสูงลำต้นเทียม เส้นรอบวงลำต้นเทียม ความยาวใบ และความกว้างใบ ของกล้วยหอมทองดีกว่าการให้น้ำแบบดั้งเดิมของเกษตรกร อีกทั้งลดปริมาณการใช้น้ำลง 50% จากการใช้ให้น้ำด้วยระบบดั้งเดิม และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองที่มึ่น้ำจำกัดได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2563. ข้อมูลการจัดการดิน. https://www.idd.go.th/Web_Soil/clay.htm#1, 2 เมษายน 2564.
- เกรียงศักดิ์ นั๊กผูก, สถิตยพงษ์ รัตนคำ, พิจิตร ศรีปิ่นตา, ฉัตรสุดา เชิงอักษร. 2562. ทดสอบและพัฒนาระบบการจัดการน้ำในสวนลำไย. ใน: รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 20. ชลบุรี, หน้า 23–27.
- จรวอด มัทธวรัตน์, สุนันท์ สีสั่งข์, พลสรายุ สุราษฎร์, กฤษ เอี่ยมฐานนท์. 2564. การพัฒนาและส่งเสริมการจัดการระบบน้ำเพื่อการผลิตผักและผลไม้ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ 6: 111–122.
- ทวีศักดิ์ ธนเดโชพล, วิภพ ทิมสุวรรณ, เลอบุญ อุดมทรัพย์, วงศ์พันธ์ วงศ์สมุทร, อุทัยวุฒิ ชำนาญแก้ว. 2563. การวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำในสภาวะภัยแล้ง ปี พ.ศ. 2563. ใน: Proceedings of the 13th Thaiciid National Symposium: The future we want under sustainable development goal 6 focusing on innovated irrigation water and drainage management. นนทบุรี, หน้า 287–308.
- ธนศิษฎ์ วงศ์ศิริอำนวยการ, ทิพาพร คำแดง, นำพร ปัญญาใหญ่. 2559. ระบบการให้น้ำลำไยจากการตรวจวัดความชื้นในดิน. ใน: การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่, หน้า 461–470.

- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2558. กกล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มูจลินท์ ตินศิริสุข. 2538. การเจริญเติบโต ลักษณะที่แสดงออกการให้ผลผลิตและการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนของกล้วยในกลุ่มยีนอม AA บางพันธุ์ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โล่ห์ พิกุลทอง. 2553. การปรับปรุงการวัดผลของ Tensiometer. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วารินทร์ งามการุญ. 2558. แผนธุรกิจ การปลูกกล้วยหอมทองในประเทศไทยเพื่อการส่งออกประเทศญี่ปุ่นให้มีความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2563. กรุงเทพฯ.
- อาทิตยา นุ่นแน่น, เอกราช พรนราห์สดีกุล, ณัฐกิตติ์ จินา, สัญญา พันธุ์แพง. 2563. ระบบรดน้ำกระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้) ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, หน้า 774–781.
- Chen, C.Y. 1971. Study on water relations in banana. Agric Assoc China J. 76: 24–38.
- Eckstein, K., Robinson, J.C., Davie, S.J. 1995. Physiological responses of banana (*Musa AAA*; Cavendish subgroup) in the subtropics. III. Gas exchange, growth analysis and source-sink interaction over a complete crop cycle. J. Hortic. Sci. 70: 169–180.
- Hu, J., Huang, Z., Luo, W., Li, T., Meng, Y., Huang, T., Liao, T., Yu, Y. 2018. Effects of micro-sprinkler irrigation on soil water and nitrogen and yield under banana-mung bean intercropping. Guangxi. Zhi Wu. 38: 710–718.
- Kahlowan, M. A., Raof, A., Zubair, M., Kemper, W. D. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agric. Water Manag. 87: 292–298.
- Mahouachi, J. 2009. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. Sci. Hortic. 120: 460–466. doi.org/10.1016/j.scienta.2008.12.002
- Mustaffa, M.M., Kumar, V. 2012. Banana production and productivity enhancement through spatial, water and nutrient management. J. Hort. Sci. 7: 1–28.
- Nyombi, K. 2010. Understanding growth of East Africa highland banana: Experiments and simulation. Ph.D. Thesis, Wageningen University. Wageningen, the Netherlands.
- Robinson, J.C., Bower, J.P. 1987. Transpiration characteristics of banana leaves (Cultivar 'Williams') in response to progressive depletion of available soil moisture. Sci. Hortic. 30: 289–300.
- Surendar, K.K., Rajendran, V., Devi, D.D., Jeyakumar, P., Ravi, I., Velayudham, K. 2013a. Impact of water deficit on growth attributes and yields of banana cultivars and hybrids. Afr. J. Agric. Res. 8: 6116–6125.

- Surendar, K.K., Ravi, I., Jeyakumar, P., Velayudham, K. 2013b. Studies on the impact of water deficit on morphological, physiological and yield of banana (*Musa* spp.) cultivars and hybrids. *Int. J. Agric. Sci. Res.* 3: 473–482.
- Turner, D.W., Thomas, D.S. 1998. Measurements of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa* spp.): A laticiferous plant. *Sci. Hortic.* 77: 177–193.
- Wairegi, L.W.I. 2010. Management practices and opportunities in the East African highland banana (*Musa* AAA-EA) production in Uganda. Ph.D. Thesis, Wageningen University. Wageningen, the Netherlands.

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมให้ทนทานต่ออุณหภูมิสูงในระยะสืบพันธุ์

Improvement of aromatic rice (*Oryza sativa* L.) for heat tolerance during reproductive stage

สุรางคณา ฉิมไทย^a, ศิวเรศ อารีกิจ^{a,b}, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง^{a,*}

Surangkana Chimthai^a, Siwaret Arikit^{a,b}, Chanate Malumpong^{a,*}

^aภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

^bศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^aDepartment of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

^bRice Gene Discovery Unit; Rice Science Center, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrcnm@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้าวพันธุ์ 'ปทุมธานี 1' เป็นข้าวหอมที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอัตราการติดเมล็ดเพียง 41% เมื่อระยะการผสมเกสรเมื่อกระทบกับอุณหภูมิสูงในฤดูนาปรัง ดังนั้น จึงนำพันธุ์ 'ปทุมธานี 1' ผสมกับสายพันธุ์ทนร้อน (highly tolerant) 'M9962' เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมให้ทนทานต่ออุณหภูมิสูงและยังคงกลิ่นหอมและคุณภาพการหุงต้มที่ดี ทำการคัดเลือกในช่วงเจริญพันธุ์ด้วยวิธีจุดประวัติภายใต้โรงเรือนควบคุมอุณหภูมิ 40–45 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ยังใช้เครื่องหมายโมเลกุล (Marker-Assisted Selection: MAS) ในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ด ได้แก่ ยีนหอม (*badh2*) อะไมโลส (*wx^b*) อุณหภูมิแป้งสุก (*SSIIa*) และตรวจสอบการถ่ายทอดอัลลีลจากพ่อแม่โดยใช้เครื่องหมาย R08002257332 และเครื่องหมาย TBGI028468 ผลการทดลอง สามารถคัดเลือกประชากรชั่วที่ 3 ที่มีอัตราการติดเมล็ดมากกว่า 70% ได้จำนวน 14 สายพันธุ์ ซึ่งมี 3 สายพันธุ์ที่พบยีนหอมเป็นโฮโมไซกัส และยีนเกี่ยวกับอะไมโลสและอุณหภูมิหุงสุกเป็นแบบโฮโมไซกัสอย่างละ 2 สายพันธุ์ ดังนั้น สายพันธุ์ดังกล่าวจะได้นำไปปลูกและคัดเลือกในชั่วต่อไปจนได้พันธุ์ข้าวหอมที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง

คำสำคัญ: การติดเมล็ด, ความหอม, สภาพเครียดร้อน

Abstract

The Aromatic rice, 'Pathum Thani 1' cultivar, the fragrant rice, grown in irrigated system in Thailand had a seed seeding rate of only 41% when the pollination period was affected by high temperatures in the dry season. Therefore, the Pathum Thani 1 was crossed with highly heat tolerant line namely M9962 to improve aromatic rice to be tolerant to high temperatures and retain aroma and good cooking quality. The selection during reproductive stage was performed using pedigree selection under 40–45°C controlled greenhouse. Marker-Assisted Selection (MAS) for grain quality was also used to determine aromatic genes (*badh2*), amylose (*wx^b*), gelatinization temperature (*SSIIa*) and check allele from their parents using marker R0802257332 and maker TBGI028468. The results showed that F₃ population had high seed setting rate of more than 70% for 14 lines, of which 3 lines were found to have the homozygous gene of *badh2*. In addition, the genes related to amylose and gelatinization temperature were homozygous in 2 lines. Therefore, these lines will be planted and selected in the next generation until the aromatic rice varieties are tolerant to high temperatures.

Keywords: Aroma, Heat stress, Seed setting

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในปัจจุบันนี้ส่งผลกระทบต่อที่รุนแรงโดยตรงต่อการเกษตรโดยเฉพาะการผลิตข้าวในหลายพื้นที่ทั่วโลก ข้อมูลภูมิอากาศระดับโลกระบุว่าในปี พ.ศ. 2559 เป็นปีที่ร้อนที่สุดของโลก อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม (พ.ศ.2423–2442) ถึง 1.1 องศาเซลเซียส ซึ่งยังคงสถิติอุณหภูมิสูงสุดในประวัติศาสตร์มาจนถึงปี พ.ศ. 2563 สำหรับอุณหภูมิสูงสุดของประเทศไทยในช่วงฤดูร้อนปี พ.ศ. 2563 วัดได้ 43.5 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2564) ทำให้ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรังในเขตชลประทานประสบกับปัญหาการผสมเกสรโดยตรงและส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวที่ลดลง (Matsui and Omasa, 2002; Morita et al., 2005) ข้าวได้รับความเสียหายจากอุณหภูมิสูงมากสุดในระยะตั้งท้อง (booting; microsporogenesis) ดอกบานและผสมเกสร (flowering และ fertilization) (Satake and Yoshida, 1978) โดยเมื่อข้าวได้รับอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส มากกว่า 1 ชั่วโมงขึ้นไปทำให้ความสมบูรณ์ของดอกย่อยข้าวลดลงถึงร้อยละ 71 ในพันธุ์ข้าวที่ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง (Jagadish et al., 2010)

ข้าว ‘ปทุมธานี 1’ มีจุดแข็งด้านการผลิตเนื่องจากเป็นข้าวหอมที่สามารถปลูกได้ทั้งฤดูนาปี และฤดูนาปรังสามารถขยายพื้นที่ปลูกได้ มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ และโรคขอบใบแห้งได้ดี ใช้น้ำในโตรเจนไม่มาก ด้านการตลาด ตลาดผู้บริโภคภายในและต่างประเทศยังมีแนวโน้มความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ปลูกข้าว ‘ปทุมธานี 1’ ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางที่อาศัยน้ำชลประทาน ซึ่งเกษตรกรในเขตพื้นที่จะปลูกข้าวได้ปีละ 2 ครั้ง (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2556) ซึ่งมีโอกาสกระทบกับอุณหภูมิสูงในระยะตั้งท้องและผสมเกสรซึ่งมีรายงานว่า ภายใต้อุณหภูมิสูงในฤดูนาปรังทำให้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เกิดเมล็ดลีบมากกว่า 40% (จิราภา, 2557)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว วิทยาเขตกำแพงแสน ค้นพบสายพันธุ์ข้าวที่มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง คือ สายพันธุ์กล้วย ‘M9962’ ซึ่งเป็นสายพันธุ์กล้วยจากข้าวเจ้าหอมนิล (JHN) ที่สามารถติดเมล็ดได้สูงภายใต้สภาพเครียดต่ออุณหภูมิสูงที่ 40 องศาเซลเซียส (Cheabu et al. 2019) ดังนั้น การวิจัยนี้ จึงนำสายพันธุ์ดังกล่าวมาผสมกับพันธุ์ ‘ปทุมธานี 1’ โดยวิธีคัดเลือกประวัติ (pedigree selection) เพื่อปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวหอมที่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกและการคัดเลือกสายพันธุ์ทนทานต่ออุณหภูมิสูง

นำสายพันธุ์ ‘M9962’ (พ่อ) มาผสมกับพันธุ์ ‘ปทุมธานี 1’ (แม่) จนได้เมล็ดข้าวที่ 1 จำนวน 20 เมล็ด จากนั้นปล่อยให้ผสมตัวเองจนได้เมล็ดข้าวที่ 2 ปลูกประชากรข้าวข้าวที่ 2 และพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้น/กระถาง ในแปลงทดลองภายใต้สภาพธรรมชาติ ณ แปลงศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัด นครปฐม เมื่อถึงระยะตั้งท้อง (R2) จึงย้ายเข้าสู่โรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (R9) โดยควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้อยู่ระหว่าง 40–45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (10.00–16.00 น.) ส่วนในเวลากลางวันอุณหภูมิของโรงเรือนจะถูกปรับให้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติด้านนอกโรงเรือน โดยศึกษาสภาพภูมิอากาศทั้งในสภาพโรงเรือนฯ และสภาพแปลงนา (Fig. 1) ทำการคัดเลือกพันธุ์โดยใช้ดัชนีความสามารถในการติดเมล็ด (IRRI, 2013) และใช้วิธีคัดเลือกแบบจุดประวัติ จนถึงประชากรข้าวที่ 3 (Fig. 2)

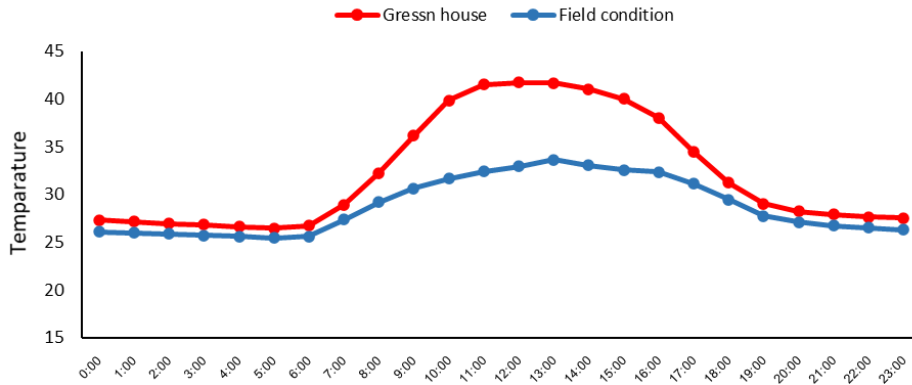


Fig. 1 Air temperature in temperature controllable greenhouse compared with field condition during selection at reproductive stage experiment

แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานการคัดเลือกพันธุ์ข้าวโดยวิธีจุดประวัติและใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก

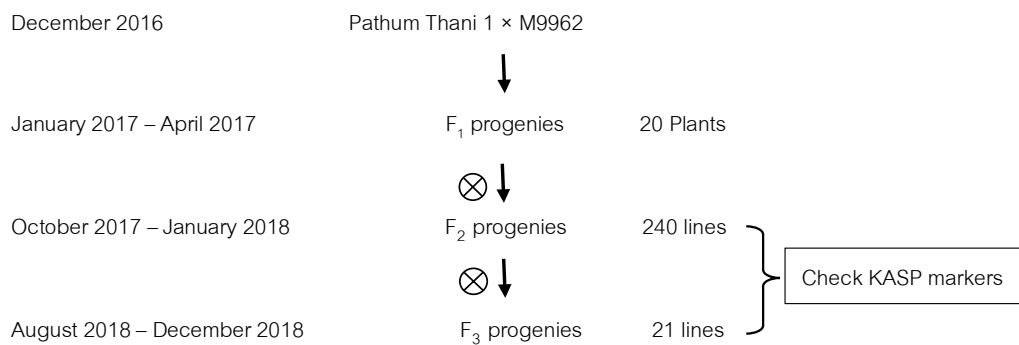


Fig. 2 Schematic of breeding process by pedigree selection method from F₁ to F₃ generation

การบันทึกลักษณะทางการเกษตร

ทำการเก็บข้อมูลการติดเมล็ดเป็นรายต้น โดยสุ่มรวง 3 รวงต่อต้น แล้วนับจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดเสีย เพื่อนำมาคำนวณอัตราการติดเมล็ดตามสูตรดังนี้ Equation 1

$$\text{อัตราการติดเมล็ด} = \left[\frac{\text{เมล็ดดี}}{(\text{เมล็ดดี} + \text{เมล็ดเสีย})} \right] \times 100 \quad (1)$$

ให้นำข้อมูลอัตราการติดเมล็ดมาทำกราฟการกระจายตัวและใช้คัดเลือกสายพันธุ์ โดยการคัดเลือกจะใช้เกณฑ์การติดเมล็ด ดังนี้ อัตราการติดเมล็ดต่ำกว่า 11% อ่อนแอมาก 11–40% ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง 41–60% คือ ทนอุณหภูมิสูงปานกลาง 61–80% ทนต่ออุณหภูมิสูง และอัตราการติดเมล็ดมากกว่า 80% ขึ้นไป คือ ทนต่ออุณหภูมิสูงมาก (IRRI, 2013) นอกจากนี้ ยังบันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรของประชากรข้าว ได้แก่ วันดอกบาน และวัดความสูงต้น ความยาวใบธง ความยาวรวง และจำนวนต้นต่อกอ

การใช้เครื่องหมาย Kompetitive Allele Specific PCR (KASP) SNP/InDel ในการคัดเลือกลักษณะที่สำคัญ

สกัดดีเอ็นเอให้ได้ความเข้มข้น 2–10 ng/μL จากใบของสายพันธุ์ข้าวที่ผ่านการคัดเลือก พร้อมด้วยสายพันธุ์ 'M9962' และพันธุ์ 'ปทุมธานี 1' โดยใช้ Kleargene plant 384 -well DNA extraction kit (LGC Group, 2016) แล้ว

ตรวจสอบเครื่องหมาย SNP/InDel โดยใช้ KASP markers ตาม Table 1 ซึ่งใช้ตรวจสอบความหอม ปริมาณอะไมโลส และ อุณหภูมิแป้งสุก และทำปฏิกิริยา PCR ด้วยเครื่อง Hydrocycler¹⁶ และวิเคราะห์ผล genotype ด้วยเครื่อง PHERAstar^{Plus} SNP

Table 1 Three SNP/InDel markers for selection of grain quality as 'Pathum Thani 1' cultivar and 2 markers for checked allele from 'Pathum Thani 1' and 'M9962'

Phenotype	Genotype/cultivar	
	Pathum Thani 1	Mut9962
Aroma (<i>BADH2</i>)	TATAT:TATAT	AAAAGATTATGGC:AAAAGATTATGGC
Amylose (<i>wx^b</i>)	T:T	G:G
Cooked dough temperature (<i>SSIIa</i>)	TT:TT	GC:GC
R08002257332	G:G	A:A
TBGI028468	T:T	C:C

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาระยะการกระจายตัวและลักษณะทางการเกษตร

การติดเมล็ดภายใต้อุณหภูมิสูงที่ 40–45 องศาเซลเซียส ในประชากรชั่วที่ 2 (F_2) จำนวน 240 ต้น พบว่า มีการติดเมล็ดเฉลี่ย 59% โดยพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอัตราการติดเมล็ดเฉลี่ย 41% และสายพันธุ์ M9962 มีอัตราการติดเมล็ด 72% และสามารถคัดเลือกต้นชั่วที่ 2 ได้ 30 ต้น โดยคัดเลือกต้นที่มีการติดเมล็ดตั้ง 70% ขึ้นไป (Fig. 3) แต่ต้นที่คัดเลือกได้จะปลูกในประชากรชั่วที่ 3 ต้นละ 30 เมล็ด รวมประชากรในประชากรชั่วที่ 3 ทั้งสิ้น 900 ต้น และคัดเลือกต้นที่มีการติดเมล็ดเกิน 70% และมีเครื่องหมายโมเลกุลที่ต้องการ จำนวน 21 ต้น (สายพันธุ์) อย่างไรก็ตาม การกระจายตัวชั่วที่ 2 ของการติดเมล็ดไม่สอดคล้องกับ ผลประชา (2558) เนื่องจากพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงปานกลาง ในขณะที่ข้าวพันธุ์ 'สินเหล็ก' จากการทดลองของ ผลประชา (2558) เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง

ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 มีความสูงเฉลี่ย 87.48 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับพันธุ์ปทุมธานี 1 เฉลี่ย 95.3 เซนติเมตร และสายพันธุ์ M9962 มีความสูงเฉลี่ย 83.6 เซนติเมตร ซึ่งความสูงประชากรชั่วรุ่นที่ 2 อยู่ระหว่างความสูงของพ่อแม่ ส่วนความยาวใบธงพบว่าการกระจายตัวค่อนข้างสูง ร้อยละ 24.7 ของประชากรมีความยาวใบธงอยู่ที่ 26.85 เซนติเมตร และร้อยละ 16 ของประชากรความยาวใบธงอยู่ที่ 24.22 เซนติเมตร ซึ่งพันธุ์ปทุมธานี 1 และสายพันธุ์ M9962 มีความยาวใบธงที่ 30.9 เซนติเมตร และ 22.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ข้อมูลความยาวรวงของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 พันธุ์ปทุมธานี 1 และสายพันธุ์ M9962 มีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 24.61, 25.3 และ 22.5 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความยาวรวงของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 ใกล้เคียงกับพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้อมูลต้นตอกของประชากรชั่วรุ่นที่ 2 และสายพันธุ์ M9962 มีจำนวนต้นตอกเฉลี่ยเท่ากันคือ 8 ต้นตอก ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ปทุมธานี 1 มีจำนวนต้นตอกเฉลี่ยต่ำสุด 7 ต้นตอก (ไม่แสดงข้อมูล)

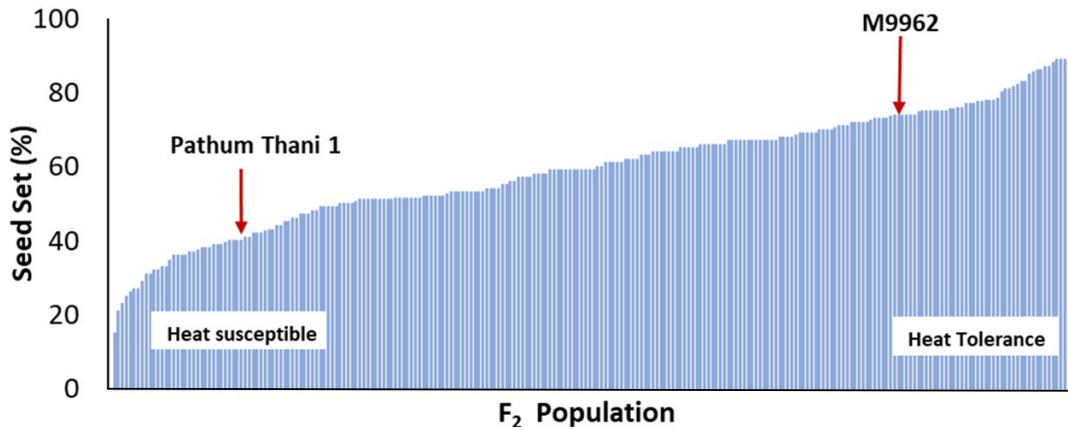


Fig. 3 Segregation of seed setting in 240 F_2 progenies population compared with M9962 (72%) and Pathum Thani1 (32–37%)

ในประชากรชั่วที่ 3 จำนวน 900 ต้น พบว่า ยังมีการกระจายตัวของการติดเมล็ดภายใต้อุณหภูมิสูงอยู่ และต้นที่ผ่านการคัดเลือกมีอัตราการติดเมล็ดเฉลี่ย 71.46% และพบว่ามี 14 สายพันธุ์ที่มีอัตราการติดเมล็ดมากกว่า 70% โดยใช้เครื่องหมายช่วยในการคัดเลือกร่วมด้วย ได้แก่ F_3 -15-7 (81.74%), F_3 -15-11 (78.00%), F_3 -43-9 (74.07%), F_3 -77-1 (73.45%), F_3 -83-6 (80.75%), F_3 -83-7 (78.51%), F_3 -83-8 (75.70%), F_3 -84-6 (76.84%), F_3 -84-7 (82.41%), F_3 -103-2 (74.63%), F_3 -134-2 (71.55%), F_3 -159-2 (80.20%), F_3 -159-3 (76.04%) และ F_3 -163-3 (70.89%) ในขณะที่พันธุ์ปทุมธานี 1 มีอัตราการติดเมล็ด 44.63% และ สายพันธุ์ M9962 มีอัตราการติดเมล็ด 74.25% (Table 2) ดังนั้น ประชากรดังกล่าวจะนำไปปลูกเพื่อคัดเลือกในชั่วต่อไป

ในส่วนลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ วันดอกบาน พบว่า พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 มีวันดอกบาน 50% อยู่ที่ 107 วัน และ สายพันธุ์ M9962 มีวันดอกบาน 50% อยู่ที่ 93 วัน ซึ่งมีความแตกต่างกัน 14 วัน ในขณะที่ประชากรชั่วที่ 3 ที่ผ่านการคัดเลือกมีวันดอกบาน 50% เฉลี่ยอยู่ที่ 98 วัน ซึ่งอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ นอกจากนี้ยัง พบว่าประชากรชั่วที่ 3 จำนวน 2 สายพันธุ์ มีวันดอกบาน 50% วันเดียวกับพันธุ์ปทุมธานี 1 คือ F_3 -134-2 และ F_3 -134-9 ส่วนความสูงต้น พบว่า ประชากรชั่วที่ 3 ที่คัดเลือกมีความสูงอยู่ระหว่าง 74 เซนติเมตร ถึง 104 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ย 93 เซนติเมตร ในขณะที่ พันธุ์ปทุมธานี 1 มีความสูง 112 เซนติเมตร และ สายพันธุ์ M9962 มีความสูง 94 เซนติเมตร เห็นได้ว่าประชากรชั่วที่ 3 มีความสูงต้นใกล้เคียงกับสายพันธุ์ M9962 (Table 2) ความยาวใบธง พันธุ์ปทุมธานี 1 มีความยาวใบธง 29 เซนติเมตร และ สายพันธุ์ M9962 มีความยาวใบธง 19 ซม. ในประชากรชั่วที่ 3 ส่วนใหญ่มีความยาวใบธงเฉลี่ย 26 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างค่าเฉลี่ยพ่อแม่ ความยาวรวงของประชากรชั่วที่ 3 มีความยาวรวงเฉลี่ยที่ 26 เซนติเมตร ในขณะที่ปทุมธานี 1 และ สายพันธุ์ M9962 มีความยาวรวงที่ 31 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่ง F_3 -154-12 ที่มีความยาวรวง 30 เซนติเมตร ความยาวใกล้เคียงกับพันธุ์ปทุมธานี 1

ผลการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุล

ผลการประเมินเครื่องหมายโมเลกุล KASP ใน 3 ลักษณะ ได้แก่ ความหอม ปริมาณอะไมโลส และอุณหภูมิแป้งสุก ในส่วนเครื่องหมาย R08002257332 และ TBGI028468 ใช้สำหรับแยกความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งเป็นเครื่องหมายที่จำเพาะกับ M9962 (donor-specific marker) ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะที่อื่น จากผลการวิเคราะห์ ในประชากรชั่วที่ 2 พบว่า เครื่องหมาย *badh2* ซึ่งควบคุมลักษณะความหอม มี 70 ต้น ที่มีอัลลีลจำเพาะกับพันธุ์ปทุมธานี

1 (homozygous recessive) ซึ่งมีลักษณะความหอม และมี 50 ต้น ที่จำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 (homozygous dominance) ซึ่งจะไม่มีการกลืนหอม และมี 121 ต้น ที่มีอัลลีลแบบเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) ส่วนเครื่องหมาย wx^b (อะไมโลส) และ $SS//a$ (อุณหภูมิแป้งสุก) มีการกระจายตัวของอัลลีลในรูปแบบเดียวกับ $badh2$ (Fig. 4) การกระจายตัวของข้าวที่ 2 เป็นแบบเบ้าซ้าย ไม่เหมือนของ พลประชา, (2558) เพราะข้าวพันธุ์ 'สินเหล็ก' เป็นพันธุ์ข้าวที่มีอัตราการติดเมล็ดที่ต่ำกว่าพันธุ์ 'ปทุมธานี 1' ค่อนข้างมาก ในส่วนอื่น 5 ลักษณะที่ใช้ควบคุมในการคัดเลือก ตามทฤษฎีจะพบเครื่องหมายทั้ง 5 ลักษณะพร้อมกันจำเป็นต้องปลูกข้าวจำนวน 4,096 ต้น ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ตรงตามทฤษฎีเนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ทำการทดสอบในโรงเรือนและจำนวนเมล็ดข้าวที่ 2 มีจำกัด

เมื่อนำสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในข้าวที่ 3 จำนวน 14 สายพันธุ์ มาตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อยืนยันผลการคัดเลือกจากข้าวที่ 2 พบว่า สายพันธุ์ F_3 -77-1, F_3 -92-1 และ F_3 -103-2 ยังคงพบยีนความหอมเหมือนพันธุ์ปทุมธานี 1 และมีเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดในสภาพอุณหภูมิสูง เท่ากับ 73.45, 64.80 และ 74.63 % ตามลำดับ และมีสายพันธุ์ที่ลักษณะความหอมเป็นเฮเทอโรไซกัส อีกจำนวน 7 สายพันธุ์ (Table 3) การตรวจข้าวที่ 3 เพื่อยืนยันการได้รับการถ่ายทอดอัลลีลที่จำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 ด้วย เครื่องหมาย R08002257332 พบว่า ได้รับการถ่ายทอดอัลลีลที่จำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 (A:A) มีจำนวน 1 สายพันธุ์ และจำนวน 7 สายพันธุ์ที่ได้รับการถ่ายทอดอัลลีลเป็นแบบเฮเทอโรไซกัส (A:G) และ เครื่องหมาย TBGI208468 พบว่า ได้รับการถ่ายทอดอัลลีลที่จำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 (C:C) มีจำนวน 5 สายพันธุ์ และจำนวน 7 สายพันธุ์ที่ได้รับการถ่ายทอดอัลลีลเป็นแบบเฮเทอโรไซกัส (C:T) จากการคัดเลือกจะพบว่ามีเพียงสายพันธุ์ F_3 -84-6 ที่ตำแหน่งเครื่องหมาย R08002257332 และ TBGI208468 ที่จำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 หายไป แสดงว่าเครื่องหมายทั้งสองที่ใช้ระบุความจำเพาะกับสายพันธุ์ M9962 นั้น ไม่มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการติดเมล็ดภายใต้อุณหภูมิสูง แต่ยังสามารถใช้เพื่อยืนยันความสำเร็จในการผสมข้ามสำหรับการสร้างลูกผสมข้าวที่ 1

Table 2 Characteristics of 50% flowering date, flag leaf length, panicle length, plant height and seed setting rate of the F_3 population under high temperature conditions

Selected line from F_3	Agronomic traits				
	Day to flowering (days)	Flag leaf length (cm)	Panicle length (cm)	Plant height (cm)	Seed setting (%)
F_3 -15-11	94	27	25	83	81.74
F_3 -43-9	94	27	25	83	78.00
F_3 -46-3	92	26	27	97	74.07
F_3 -57-1	94	17	26	98	80.75
F_3 -77-1	93	28	26	95	73.45
F_3 -79-6	93	28	26	96	78.51
F_3 -83-8	93	29	27	97	75.70
F_3 -84-6	100	22	25	98	76.84
F_3 -92-1	100	24	25	97	64.80
F_3 -103-2	94	32	20	74	74.63
F_3 -134-2	107	24	24	94	71.55
F_3 -154-1	106	29	28	94	80.20
F_3 -159-2	106	29	28	95	76.04
F_3 -163-2	90	31	26	101	74.63

PTT1	107	29	29	112	44.63
M9962	93	19	19	94	74.25
Average	98	26	26	94	71.46

สรุป

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมให้ทนทานต่ออุณหภูมิสูง โดยใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ผสมกับสายพันธุ์ M9962 โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบจุดประวัติและการตรวจสอบยีนหอมและคุณภาพแป้งโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล พบว่า ในประชากรชั่วที่ 3 จำนวน 30 สายพันธุ์ มี 14 สายพันธุ์ที่มีอัตราการติดเมล็ดมากกว่า 70% และมีจำนวน 3 สายพันธุ์ที่มียีนหอมแบบโฮโมไซกัส ในส่วนอะไมโลส (wx^b) มี 2 สายพันธุ์ที่เป็นโฮโมไซกัส และมียีนอุณหภูมิแป้งสูง (*SSIIa*) อีกจำนวน 2 สายพันธุ์ที่เป็นโฮโมไซกัส ดังนั้น สายพันธุ์ที่มีการติดเมล็ดสูงภายใต้อุณหภูมิสูง พร้อมทั้งมียีนหอม อะไมโลส และอุณหภูมิแป้งสูง จะได้นำไปปลูกและคัดเลือกในชั่วต่อไป ได้แก่ F₃-15-7 (81.74%), F₃-15-11 (78.00%), F₃-43-9 (74.07%), F₃-77-1 (73.45%), F₃-83-6 (80.75%), F₃-83-7 (78.51%), F₃-84-7 (82.41%), F₃-159-2 (80.20%) และ F₃-159-3 (76.04%)

Table 3 Molecular marker analyses of aromatic, cooking quality and 2 markers for checked alleles from M9962 in F₃ generation

No. sample	Aroma	Amylose	Gelatinization temperature		R08002257332	TBGI028468
	<i>badh2</i>	wx^b	<i>SSIIa</i>			
F ₃ -15-11	AAAAGATTATGGC:AAAAGATTATGGC	T:T	TT:GC		A:A	C:T
F ₃ -43-9	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:G	TT:GC		A:G	T:T
F ₃ -46-3	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:G	TT:TT		G:G	C:T
F ₃ -57-1	AAAAGATTATGGC:AAAAGATTATGGC	T:G	TT:GC		A:G	C:T
F ₃ -77-1	TATAT:TATAT	T:G	TT:GC		G:G	C:T
F ₃ -79-6	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:G	TT:GC		G:G	C:C
F ₃ -83-8	AAAAGATTATGGC:AAAAGATTATGGC	G:G	GC:GC		G:G	C:T
F ₃ -84-6	TATAT:AAAAGATTATGGC	G:G	TT:GC		G:G	T:T
F ₃ -92-1	TATAT:TATAT	T:G	GC:GC		A:G	C:T
F ₃ -103-2	TATAT:TATAT	T:G	GC:GC		G:G	C:T
F ₃ -134-2	TATAT:AAAAGATTATGGC	G:G	GC:GC		A:G	C:C
F ₃ -154-1	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:G	TT:GC		A:G	C:C
F ₃ -159-2	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:T	TT:TT		A:G	C:C
F ₃ -163-2	TATAT:AAAAGATTATGGC	T:G	GC:GC		A:G	C:C
PTT1	TATAT:TATAT	T:T	TT:TT		G:G	T:T
M9962	AAAAGATTATGGC:AAAAGATTATGGC	G:G	GC:GC		A:A	C:C

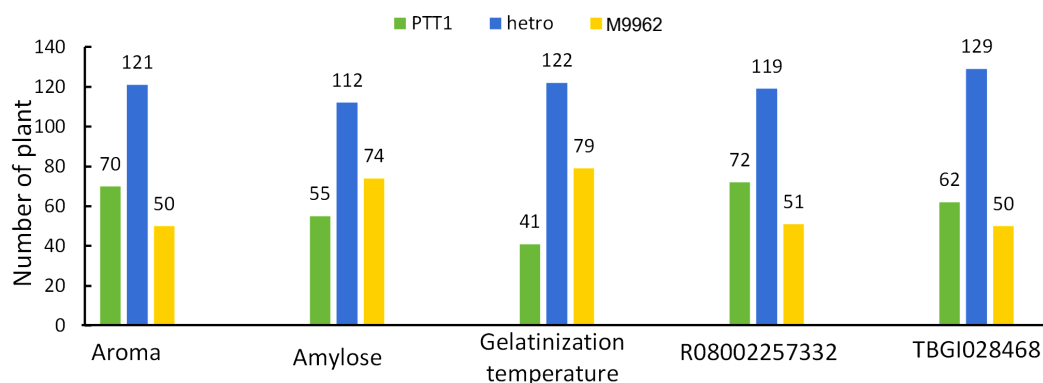


Fig. 4 Distributions of 5 markers in F₂ population (240 plants)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. 2564. ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2563. <http://www.climate.tmd.go.th/content/file/2104>, 22 กันยายน 2021.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2556. แนะนำพันธุ์ข้าวรายตำบล ฤดูนาปรัง. กรมการข้าว. กรุงเทพฯ.

จีราภา อินธิแสง. 2557. สภาวะโลกร้อนกับเศรษฐกิจการเกษตร. www.oae.co.th

พลประชา วงศ์ชาติ, ศิวเรศ อารีกิจ, วินิตชาญ รื่นใจชน, อภิชาติ วรรณวิจิตร, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง. 2558. ผลกระทบของอุณหภูมิสูงต่อการติดเมล็ดในระยะสีบพันธุ์ของข้าวสายพันธุ์ที่ร้อนและอ่อนแอและการกระจายตัวของการติดเมล็ดในประชากรข้าวที่ 2. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 17–24.

Cheabu, S., Panichawong, N., Rattanamettha, P., Wasuri, B., Kasemsap, P., Arikat, S., Malumpong, C. 2019. Screening for spikelet fertility and validation of heat tolerance in a large rice mutant population. *Rice Sci.* 26: 229–238.

IRRI. 2013. Heat Tolerance. Standard Evaluation System for Rice (SES). International rice research institute. Philippines

Jagadish, S.V.K., Mathurajan, R., Oane, R., Wheeler, T.R., Heuer, S., Bennett, J., Craufurd, P.Q. 2010. Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 61: 143–156.

LGC Group. 2016. SNPLINE genotyping automation. <https://www.lgcgroup.com/products/genotyping-instruments/snpline/#.XFCv91xKhaQ>, 5 January 2020.

Matsui, T., Omasa, K. 2002. Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars tolerant to high temperature at flowering: Anther characteristics. *Ann. Bot.* 89: 683–687.

Morita, S., Yonemaru, J.I., Takanashi, J.I. 2005. Grain growth and endosperm cell size under high night temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). Ann. Bot. 95: 695–701.

Satake, T., Yoshida, S. 1978. High temperature induced sterility in indica rice at flowering. Jpn. J. Agron. Crop Sci. 47: 6–17.

การประเมินและคัดเลือกขั้นต้นพันธุ์ลูกผสมมะขามเปรี้ยวไทย

Evaluation and preliminary selection of hybrid Thai sour tamarind

เรืองศักดิ์ กมขุนทด^a, ดร.ณิ ธารเจริญ^{a,*}, ภาสันต์ ศารทูลทัต^b, เกரியศักดิ์ ไทยพงษ์^b, สุชะวัฒน์ ทองเหลียว^b

Ruangsak Komkhuntod^a, Darunee Thawornchareon^{a,*}, Parson Saradhulhat^b, Kriengsak Thaipong^b,

Sukhawat Tongleaw^b

^aสถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^aPakchong Research Station, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrndth@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมมะขามเปรี้ยวไทย เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณภาพฝักสุกใช้ในการแปรรูป ทั้งฝักดิบและฝักสุกในพันธุ์เดียวกันการผสมข้ามพันธุ์แบบพหุคูณจำนวน 12 คู่ผสม จากพันธุ์พ่อ-แม่ จำนวน 4 พันธุ์คือพันธุ์ปากช่อง 1 สระแก้ว ดกกิ่งหัก และฝักตรงราชบุรี เพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีคุณภาพฝักเหมาะสำหรับการแปรรูปทั้งฝักดิบและฝักสุกในพันธุ์เดียวกัน ได้จำนวน 100 ต้นต่อคู่ผสมรวม 1,200 ต้น มีลูกผสมที่ออกดอกและติดฝักได้ 7 พันธุ์ จากคู่ผสมดกกิ่งหัก × ปากช่อง 1 และดกกิ่งหัก × ฝักตรงราชบุรี จึงได้ประเมินลักษณะฝักสุกเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่ 13 ลักษณะ พบว่า มีความแปรปรวนแตกต่างกันทางสถิติในทุกลักษณะ จึงได้คัดเลือกลูกผสมที่มีลักษณะดีเด่นตามเกณฑ์การคัดเลือกคือพันธุ์ G1 ซึ่งมีลักษณะดีเด่นคือ ความกว้าง ความยาว ความหนา น้ำหนักฝัก น้ำหนักเนื้อ จำนวนเมล็ด ค่าสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริกสูง และมีเนื้อสีน้ำตาลแดง

คำสำคัญ: การคัดเลือกพันธุ์, การประเมินพันธุ์, มะขามเปรี้ยวลูกผสม

Abstract

The crop improvement program of Thai sour tamarind has been conducted in order to obtain sour tamarind hybrids with high yield and quality suitable for mature, ripe and processing uses, 12 hybrids were derived from 12 Di-allele crossing among 4 parent varieties as 'Pakchong1', 'Sakaew', 'Dok kinghug' and 'Fuktrong Ratchaburi', resulting in 100 plants/crossing and 1200 plants totally. There are 7 hybrids able to flowering and fruiting composing of 4 hybrids from 'Dok kinghug' × 'Pakchong1' and 3 hybrids from 'Dok kinghug' × 'Fuktrong Ratchaburi'. Thirteen internal and external fruit traits evaluation revealed the significant variation in all traits. The best promising lines were selected as G1. The G1 line ('Dok kinghug' × 'Pakchong1'#20) is excellent in fruit width, length, pod thickness, pod weight, pulp weight, seed number, pulp color, tartaric acid and greyed-red.

Keywords: Evaluation, Selection, Sour tamarind hybrids

คำนำ

สายพันธุ์มะขามเปรี้ยวในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม คือมะขามกระดาน และมะขามขี้แมว (ประเสริฐ, 2522) โดยมะขามกระดานมีลักษณะฝักใหญ่ และยาวแต่ฝักแบนเปลือกบาง มีปริมาณเนื้อ 41% ส่วนมะขามขี้แมวมีลักษณะฝักเล็กรูปฝักกลมแต่สั้น เปลือกหนา มีปริมาณเนื้อ 27% ของฝัก จึงได้คัดเลือก ต้นแม่พันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพดี ตรงตามความต้องการของตลาดและแนะนำให้เกษตรกรปลูกเป็นการค้าคือพันธุ์ ศรีสะเกษ 014 และศรีสะเกษ 019 (ชูศักดิ์, 2533) นอกจากนี้มีรายงานการรวบรวมพันธุ์การค้าในไทยจำนวน 15 พันธุ์คือ พันธุ์พระเจ้าตาก, ศรีปากช่อง, สะทิงพระ, สระแก้ว, ดกกิ่งหัก, หนองสาหร่าย, ฤทธิศร, ฝักตรง, กระดาน, ไชโยกมินทร์, เนื้อแดง, ปากช่อง1, ปากช่อง3, ปากช่อง4, และปากช่อง5 ซึ่งพันธุ์ทั้งหมดเกิดจากเมล็ดที่คาดว่าเกิดจากการผสมเกสรตามธรรมชาติแล้วมีการกระจายตัวจากพันธุ์พื้นเมืองเดิมคือ มะขามกระดานและมะขามขี้แมว (เรื่องศักดิ์ และคณะ, 2557) โดยมีรายงานการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ 5 พันธุ์ คือ โชคชัยพัฒนาหรือปากช่อง 1, พระเจ้าตาก, เบอร์ 11, ฤทธิศร และศรีปากช่อง มีลักษณะที่แตกต่างกันคือลักษณะฝัก ขนาดฝัก ความหนาเปลือก น้ำหนักเนื้อ จำนวนฝักต่อกิ่งโลกรัม และเปอร์เซ็นต์กรด (กวิศร์ และคณะ, 2552) มีความต้องการมะขามเปรี้ยวของตลาดทั้งใน และต่างประเทศสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) ในช่วงปี 2556–2559 ประเทศไทยส่งออกมะขามประมาณ 30,000–40,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่าพันล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) โดยมีตลาดส่งออกอยู่ในกลุ่มประเทศอาหรับ และการบริโภคภายในประเทศปริมาณมาก แม้ว่าเป็นพืชยืนต้นที่สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทยแต่ผลผลิตก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (ชูศักดิ์, 2544) นอกจากนั้นความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพมะขามเปรี้ยวที่เก็บจากต้นตามธรรมชาติก็เป็นปัญหาสำคัญมากยิ่งขึ้นด้วย เนื่องจากมีความแปรปรวนของพันธุ์มาก ส่วนพันธุ์ที่เกษตรกรคัดเลือกปลูกหลายๆ พันธุ์ก็มีความหลากหลายทั้งในด้านขนาดของฝักที่ส่วนมากมีฝักขนาดเล็ก ฝักแบน ด้านคุณภาพของฝักที่เนื้อน้อย ไม่ฉ่ำน้ำ เปลือกบางทำให้แตกง่ายเมื่อเก็บเกี่ยว พันธุ์ที่พบส่วนมากไม่ตรงตามความต้องการของตลาด และมีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ เช่นกลุ่มพันธุ์มะขามกระดานมีลักษณะฝักใหญ่แต่แบนโค้ง เบอร์เซ็นต์เนื้อน้อย เมื่อสุกเนื้อแห้งตายซากไม่ฉ่ำน้ำทำให้ไม่เหมาะในการทำเป็นมะขามเปียก ส่วนกลุ่มพันธุ์มะขามขี้แมวมีลักษณะฝักกลมตรงแต่ขนาดฝักเล็ก และผลผลิตต่ำ ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ใหม่ที่เหมาะสม ทั้งการใช้ฝักดิบเพื่อการแปรรูป และฝักสุก โครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะตามต้องการดังกล่าว คือ ขนาดฝักใหญ่ รูปทรงฝักกลม และตรง (ฝักตั้ง) หรือแบนเกือบกลม และโค้งเล็กน้อย(ฝักตบ) มีเนื้อมาก เปลือกหนา เมล็ดมาก เนื้อสีเข้ม และมีคุณภาพของเนื้อฝักสุกสูงสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การสร้างลูกผสม

การสร้างลูกผสมจากพ่อ และแม่ที่คัดเลือก โดยมีลักษณะดีเด่นตามที่ต้องการจำนวน 4 พันธุ์คือ 1)พันธุ์ปากช่อง 1 มีลักษณะฝักกลมโค้ง เปลือกหนา เนื้อมากสีน้ำตาลเข้ม 2)พันธุ์สระแก้ว มีลักษณะฝักใหญ่แต่แบน การเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง 3)พันธุ์ดกกิ่งหัก มีลักษณะฝักกลม และตรง (ฝักตั้ง) แต่ฝักเล็ก และ 4)พันธุ์ฝักตรงราชบุรี มีลักษณะฝักใหญ่โค้งเล็กน้อยแต่แบน (ฝักตบ) ให้ผลผลิตสูง โดยผสมข้ามพันธุ์ และผสมกลับได้รวม 12 คู่ผสม หลังจากนั้นปลูกในแปลงทดสอบพันธุ์สถานีวิจัยปากช่องตั้งแต่ปี 2556 จำนวนคู่ผสมละ 100 ต้น โดยมีการปฏิบัติดูแลรักษาเพื่อให้ออกดอกและติดฝักประยุกต์ตามหลักการปลูกมะขามเปรี้ยวของชูศักดิ์ (2544) ได้รายงานว่าการให้น้ำสัปดาห์ละครั้ง ครั้งละ 200 ลิตรต่อต้นเฉพาะในช่วงเร่งออกดอก และการเจริญเติบโตของฝัก การกำจัดวัชพืชโดยใช้สารเคมีฉีดพ่นเดือนละครั้ง การให้ปุ๋ยโดย

ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เช่นใส่มูลไก่ต้นละ 20 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ในช่วงเร่งการออกดอก (เดือนเมษายน) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นในช่วงการเจริญเติบโตของผัก (เดือนมิถุนายน) ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นในช่วงผักเริ่มแก่เมล็ดเริ่มเปลี่ยนสี (เดือนตุลาคม) การป้องกันกำจัดโรค และแมลง โดยการฉีดพ่นสารเคมีตามอาการของโรคและชนิดแมลงที่พบตามอัตราที่แนะนำ โดยเก็บเกี่ยวและบันทึกข้อมูลในช่วงมกราคม-กุมภาพันธ์ 2563 เมื่อผักสุกทั้งผักโดยทยอยเก็บทีละผักแล้วประเมินและคัดเลือกพันธุ์ดีเด่น โดยทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะผักดีเด่นตรงตามเกณฑ์มากที่สุด

เกณฑ์การคัดเลือก (criteria)

1. ขนาดและลักษณะของผัก โดยขนาดผักต้องใหญ่ รูปร่างผักเป็นผักดิ่ง หรือผักดาบ วัดความกว้างผัก (ไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร) ความยาวผัก (ไม่น้อยกว่า 16 เซนติเมตร) ความหนาผัก (ไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร) โดยวัดขนาดด้วย Vernier calipers และศึกษารูปร่างของผัก โดยการให้คะแนน ผักตรงรูปกลม (ผักดิ่ง) เท่ากับ 5.00 คะแนน (Fig. 1) โค้งเล็กน้อย (ผักดาบ) เท่ากับ 3.00 คะแนน (Fig. 2) และผักโค้งเท่ากับ 1.00 คะแนน (Fig. 3) โดยพันธุ์ที่คัดเลือกต้องมีคะแนนไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน ตามลำดับ

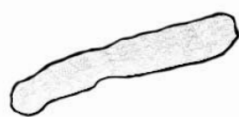


Fig. 1 5 score



Fig. 2 3 score

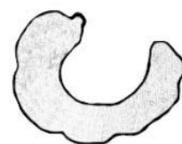


Fig. 3 1 score

2. ลักษณะทางปริมาณของผัก โดยต้องมีน้ำหนักผักสูง (ไม่น้อยกว่า 38.00 กรัม) น้ำหนักเนื้อ (ไม่น้อยกว่า 19.00 กรัม/ผัก) จำนวนเมล็ด (ไม่น้อยกว่า 9 เมล็ด/ผัก) และมีความหนาเปลือก (ไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร) ซึ่งน้ำหนักของผัก (กรัม) น้ำหนักเนื้อต่อผัก (กรัม) นับจำนวนเมล็ดต่อผัก และวัดความหนาเปลือก ด้วย Vernier calipers

3. เนื้อและคุณภาพของเนื้อผักสุก โดยเนื้อผักสุกต้องมีสีน้ำตาลเข้มหรือโทนสีแดง มีความฉ่ำน้ำสูง ปริมาณกรดและวิตามินซีสูง การวัดสีเนื้อใช้การเทียบสีด้วยแผ่นเทียบสีของ The Royal Horticultural Society รุ่น New Sixth Edition in 2015 ค่าสีเนื้อ โดยการให้คะแนน เนื้อสีน้ำตาลแดงเท่ากับ 5 คะแนน และสีน้ำตาลเข้มเท่ากับ 1 คะแนน โดยพันธุ์ที่คัดเลือกต้องมีคะแนนไม่ต่ำกว่า 3.00 คะแนน ค่าความฉ่ำเนื้อ โดยการให้คะแนน ฉ่ำเนื้อสูงเท่ากับ 5.00 คะแนน และฉ่ำเนื้อน้อย (แห้ง) เท่ากับ 1.00 คะแนน โดยพันธุ์ที่คัดเลือกต้องมีคะแนนไม่ต่ำกว่า 3.00 คะแนน กรดทาร์ทาริก (TA) (%) (ไม่ต่ำกว่า 12%) และปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) กำหนดให้สายพันธุ์เป็นทรีทเมนต์ เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ 4 พันธุ์ รวมจำนวน 11 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ ละ 10 ซ้ำ (ผัก) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยตาราง ANOVA และทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขนาดและลักษณะของฝัก

- *ขนาดความกว้างฝัก* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีความกว้างมากที่สุดคือพันธุ์ G2 มีค่าเท่ากับ 3.64 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ G1, I2, สระแก้ว, ปากช่อง1, ฝักตรงราชบุรี, G3 และ I3 โดยมีค่าเท่ากับ 3.59, 3.58, 3.53, 3.50, 3.44, 3.43 และ 3.36 เซนติเมตร ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีความกว้างน้อยที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหัก มีค่าเท่ากับ 2.69 เซนติเมตร (Table 1)

- *ขนาดความยาวฝัก* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีความยาวมากที่สุดคือพันธุ์ สระแก้ว มีค่าเท่ากับ 22.40 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ G1 ฝักตรงราชบุรี G3 I1 และ G2 โดยมีค่าเท่ากับ 22.20, 21.00, 19.90, 19.90 และ 19.60 เซนติเมตร ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีความยาวน้อยที่สุด คือพันธุ์ I3 มีค่าเท่ากับ 14.75 เซนติเมตร (Table 1)

- *ขนาดความหนาฝัก* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีความหนามากที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 2.24 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ G2, G1, I2, I3, G3 และ I1 โดยมีค่าเท่ากับ 2.16, 2.04, 2.19, 2.15, 2.02 และ 2.00 เซนติเมตร ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีความหนาน้อยที่สุดคือพันธุ์ ฝักตรงราชบุรี มีค่าเท่ากับ 1.70 เซนติเมตร (Table 1)

- *รูปร่างฝัก* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีคะแนนรูปร่างฝักมากที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหักที่มีรูปร่างฝักกลม และตรง (ฝักดิ่ง) มีค่าเท่ากับ 4.90 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ G4, I3 และ I2 ซึ่งมีรูปร่างเป็นฝักดาบ โดยมีค่าเท่ากับ 4.50, 4.50 และ 4.00 คะแนน ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 ที่มีรูปร่างฝักโค้งครึ่งวงกลม มีค่าเท่ากับ 2.90 คะแนน (Table 1)

Table 1 The fruit characteristics of Hybrid Thai Sour Tamarind at Pakchong Research Station

Cultivars	Fruit width (cm)	Fruit length (cm)	Pod Thickness (cm)	Pod shape
'Pakchong1'	3.50 ^{ab}	16.10 ^{c,e}	2.24 ^a	2.90 ^d
'Sakaew'	3.53 ^{ab}	22.40 ^a	1.97 ^{bc}	3.50 ^{bd}
'Dok kinghug'	2.69 ^d	16.10 ^{c,e}	1.81 ^{cd}	4.90 ^a
'Fuktrong Ratchaburi'	3.44 ^{ab}	21.00 ^{ab}	1.70 ^d	4.00 ^{a-d}
G1	3.59 ^{ab}	22.20 ^a	2.04 ^{a-c}	3.60 ^{b-d}
G2	3.64 ^a	19.60 ^{a,d}	2.16 ^{ab}	3.60 ^{b,d}
G3	3.43 ^{ab}	19.90 ^{a,c}	2.02 ^{a-c}	4.20 ^{a-c}
G4	2.99 ^{cd}	17.25 ^{b,e}	1.83 ^{cd}	4.50 ^{ab}
I1	3.26 ^{bc}	19.90 ^{a,c}	2.00 ^{a-c}	3.10 ^{cd}
I2	3.58 ^{ab}	15.50 ^{de}	2.19 ^{ab}	4.00 ^{a,d}
I3	3.36 ^{ab}	14.75 ^e	2.15 ^{ab}	4.50 ^{ab}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	7.49	16.00	8.22	21.92

*Mean with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.01$ by DMRT

ลักษณะทางปริมาณของฝัก

- **น้ำหนักของฝัก** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือพันธุ์ G1 มีค่าเท่ากับ 51.40 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ สระแก้ว, G3, H2, I1 และ ฝักตรงราชบุรี โดยมีค่าเท่ากับ 49.50, 44.10, 43.90, 43.90 และ 42.90 กรัม ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหัก มีค่าเท่ากับ 23.20 กรัม (Table 2)

- **น้ำหนักเนื้อต่อฝัก** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือพันธุ์ G1 มีค่าเท่ากับ 25.90 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ I1, G3, สระแก้ว, G2, I2 และ ปากช่อง 1 โดยมีค่าเท่ากับ 24.40, 23.30, 21.89, 21.70, 20.50 และ 20.17 กรัม ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหัก มีค่าเท่ากับ 12.20 กรัม (Table 2)

- **จำนวนเมล็ดต่อฝัก** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดมากที่สุดคือพันธุ์ สระแก้ว มีค่าเท่ากับ 10.00 เมล็ด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ G1, G3, ฝักตรงราชบุรี, G2, I1, I2, ปากช่อง 1, ดกกิ่งหัก และ G4 โดยมีค่าเท่ากับ 9.90, 9.70, 9.67, 8.30, 8.20, 8.00, 8.00, 7.90 และ 6.75 กรัม ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยที่สุดคือพันธุ์ I3 มีค่าเท่ากับ 5.50 เมล็ด (Table 2) จุฑาภรณ์ (2549) ได้รายงานว่ามีเมล็ดในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันด้านขนาด รูปทรง และจำนวน ขึ้นอยู่กับขนาดของฝัก และระยะช่ของฝัก

- **ความหนาเปลือก** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีความหนาเปลือกมากที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 1.00 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ สระแก้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.87 มิลลิเมตร และพันธุ์ที่น้อยที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหัก มีค่าเท่ากับ 0.51 มิลลิเมตร (Table 2)

ลักษณะประจำพันธุ์ภายนอกของฝักในด้าน ความกว้าง ความยาว และความหนา พบว่าพันธุ์ลูกผสมส่วนมากมีขนาดอยู่ในเกณฑ์การคัดเลือกที่ตั้งไว้ และ รูปร่างของฝักมีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างฝักโค้งกับฝักตรงที่เรียกว่าฝักดาบ ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการด้วย

ลักษณะทางปริมาณของฝักที่ต้องการน้ำหนักฝักสูง ปริมาณเนื้อเยื่อ เมล็ดมาก ลูกผสมส่วนมากมีลักษณะใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ซึ่งเป็นที่ต้องการ แต่มีความหนาเปลือกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งลูกผสมทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกในด้านความหนาของเปลือก ส่วนจำนวนเมล็ดของลูกผสมพันธุ์ G1 มีจำนวนเมล็ดมากที่สุด ซึ่งเป็นที่ต้องการเนื่องจากจำนวนเมล็ดมากมีความสอดคล้องกับความยาวของฝัก รวมทั้งระยะช่ของฝักหรือความกว้างของเมล็ดของแต่ละพันธุ์

เนื้อและคุณภาพของเนื้อฝักสุก

- **ค่าสีเนื้อ** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีคะแนนค่าสีเนื้อมากที่สุดคือพันธุ์ ฝักตรงราชบุรี มีค่าเท่ากับ 4.78 คะแนน แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ G1 ที่มีค่าเท่ากับ 4.60 คะแนน และพันธุ์ที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 1.40 คะแนน (Table 3)

- **สีเนื้อ** สีของเนื้อฝักสุกของมะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่ มีสีใกล้เคียงกันคือน้ำตาลแดงจนถึงน้ำตาลเข้ม โดยพันธุ์ที่มีสีน้ำตาลแดงคือพันธุ์ ฝักตรงราชบุรี และสีน้ำตาลเข้มที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีสีเนื้ออยู่ระหว่างสีน้ำตาลแดง-สีน้ำตาลเข้ม (Table 3)

- **ค่าความฉ่ำเนื้อ** มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีคะแนน ค่าความฉ่ำเนื้อมากที่สุดคือพันธุ์ ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 4.80 คะแนน ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์อื่น ๆ โดยมีพันธุ์ I1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 2.70 คะแนน (Table 3)

- *เปอรฺ์เซินต์กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid; TA)* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือพันธุ์ ดกกิ่งหัก มีค่าเท่ากับ 13.65 เปอรฺ์เซินต์ แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ G1, ปากช่อง 1 และ สระแก้ว โดยมีค่าเท่ากับ 12.70, 12.43 และ 11.15 ตามลำดับ โดยมีพันธุ์ G2 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 8.76 เปอรฺ์เซินต์ (Table 3) พันธุ์ลูกผสมที่มีเปอรฺ์เซินต์กรดทาร์ทาริกมากที่สุดคือพันธุ์ G1 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์การคัดเลือก ชูศักดิ์ (2544) ได้รายงานไว้ในเนื้อมะขามเปรี้ยวต้องมีปริมาณกรดทาร์ทาริกสูงกว่า 12 เปอรฺ์เซินต์ใกล้เคียงกับพันธุ์ดกกิ่งหัก และปากช่อง 1 ซึ่งเป็นพันธุ์พ่อ-แม่ ส่วนลูกผสมอื่น ๆ ไม่ผ่านเกณฑ์ในด้านนี้

- *ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C)* มะขามลูกผสมเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อ-แม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ที่มีค่าสูงที่สุดคือ พันธุ์ G3 มีค่าเท่ากับ 29.03 แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ G2 ที่มีค่าเท่ากับ 24.90 โดยมีพันธุ์ I3 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 16.98 (Table 3)

เนื้อและคุณภาพของเนื้อฝักสุกตามเกณฑ์การคัดเลือก เนื่องจากฝักสุกต้องมีสีน้ำตาลเข้มหรือโทนสีแดง มีความฉ่ำเนื้อสูง ปริมาณกรด และวิตามินซีสูง ลูกผสมส่วนมากมีเนื้อสีน้ำตาลออกโทนสีแดงตามเกณฑ์การคัดเลือกที่ตั้งไว้ มีความฉ่ำเนื้อปานกลาง (ไม่ต่ำกว่า 3.00 คะแนน) เปอรฺ์เซินต์กรดค่อนข้างต่ำ (น้อยกว่า 12% ยกเว้นพันธุ์ G1 เท่านั้น ที่มีค่าเปอรฺ์เซินต์กรดทาร์ทาริกถึง 12.70%) โดยปริมาณกรดในเนื้อมีความสัมพันธ์ทางยา หากมีปริมาณกรดสูงก็สามารถนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้สูง

จากการประเมินลักษณะฝักสุกของมะขามเปรี้ยวลูกผสม มีพันธุ์ที่มีลักษณะดีมากที่สุดคือ พันธุ์ G1 ('ดกกิ่งหัก' × 'ปากช่อง 1' # 20) (Fig. 4) ซึ่งมีลักษณะดีเด่น 9 ลักษณะ คือ ความกว้างฝัก 3.59 เซนติเมตร ความยาว 22.20 เซนติเมตร ความหนา 2.04 เซนติเมตร และน้ำหนัก 51.40 กรัม/ฝัก น้ำหนักเนื้อ 25.90 กรัม/ฝัก จำนวนเมล็ด 9.90 เมล็ด/ฝัก ค่าสีเนื้อ 4.60 คะแนน เปอรฺ์เซินต์กรดทาร์ทาริกสูง 12.70 % และเนื้อสีน้ำตาลแดง

ส่วนลักษณะที่เหลืออยู่ในเกณฑ์ปานกลาง รูปร่างฝัก 3.60 คะแนน ความฉ่ำเนื้อ 3.90 คะแนน และมีปริมาณวิตามินซี 21.05 มิลลิกรัม/100 กรัม แต่มีความหนาเปลือกไม่ผ่านตามเกณฑ์การคัดเลือก เนื่องจากมีความหนาเปลือกไม่ถึง 1 มิลลิเมตร

Table 2 Quantitative characteristics of pods of tamarind hybrids compared with 11 cultivars of their parents

Cultivars	Pod weight	Pulp weight	seed number	Peel thickness
	(g/pod)	(g/pod)	(Seed/pod)	(mm)
'Pakchong1'	33.70 ^{bc}	20.17 ^{a,c}	8.00 ^{ab}	1.00 ^a
'Sakaew'	49.50 ^a	21.89 ^{ab}	10.00 ^a	0.87 ^{ab}
'Dok kinghug'	23.20 ^c	12.20 ^d	7.90 ^{ab}	0.51 ^d
'Fuktrong Ratchaburi'	42.90 ^{ab}	18.14 ^{b,d}	9.67 ^a	0.68 ^{cd}
G1	51.40 ^a	25.90 ^a	9.90 ^a	0.72 ^{bc}
G2	43.90 ^{ab}	21.70 ^{ab}	8.30 ^{ab}	0.70 ^{b,d}
G3	44.10 ^{ab}	23.30 ^{ab}	9.70 ^a	0.63 ^{cd}
G4	29.25 ^c	15.00 ^{cd}	6.75 ^{ab}	0.68 ^{cd}
I1	43.90 ^{ab}	24.40 ^{ab}	8.20 ^{ab}	0.63 ^{cd}
I2	35.5 ^{bc}	20.50 ^{a,c}	8.00 ^{ab}	0.60 ^{cd}

I3	27.75 ^c	14.50 ^{dc}	5.50 ^b	0.68 ^{cd}
<i>F</i> -test	**	**	**	**
CV (%)	24.52	22.22	26.26	18.82

*Mean with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.01$ by DMRT

Table 3 Texture and quality of the tamarind hybrids were compared with 11 cultivars of their parents

Cultivars	Pulp color	Flesh color	Juicy texture	TA (%)	Vitamin C (mg/100g)
'Pakchong1'	1.40 ^f	greyed-purple 183A	4.80 ^a	12.43 ^{a,c}	21.52 ^{b-e}
'Sakaew'	3.10 ^{de}	greyed-red 178A	2.90 ^d	11.15 ^{a,d}	22.71 ^{b,d}
'Dok kinghug'	2.70 ^e	greyed-red 179C	3.30 ^{cd}	13.65 ^a	18.93 ^{c-e}
'Fuktrong Ratchaburi'	4.78 ^a	greyed-red 179B	3.33 ^{cd}	9.26 ^d	17.26 ^{de}
G1	4.60 ^{ab}	greyed-red 179A	3.90 ^{bc}	12.70 ^{ab}	21.05 ^{b-e}
G2	2.80 ^e	greyed-red 180A	3.20 ^{cd}	8.76 ^d	24.90 ^{ab}
G3	2.40 ^e	greyed-red 180A	3.30 ^{cd}	9.79 ^{dc}	29.03 ^a
G4	3.75 ^{cd}	greyed-red 178A	3.25 ^{cd}	10.11 ^{b,d}	17.23 ^{dc}
I1	2.70 ^e	greyed-red 178A	2.70 ^d	10.58 ^{b,d}	19.34 ^{c-e}
I2	4.00 ^{be}	greyed-red 179B	4.00 ^b	9.23 ^d	23.84 ^{bc}
I3	3.75 ^{cd}	greyed-red 178A	3.25 ^{cd}	10.20 ^{b,d}	16.98 ^e
<i>F</i> -test	**		**	**	**
CV (%)	92.00		14.21	17.62	18.44

*Mean with different letters in the same column are significantly different at $p < 0.01$ by DMRT



Fig. 4 Characteristics of G1 hybrids ('Dok kinghug' x 'Pakchong1' #20)

สรุป

พันธุ์ที่มีศักยภาพสูงตามเกณฑ์การคัดเลือกมากที่สุด คือ พันธุ์ G1 ('ตักกิ่งหัก' x 'ปากช่อง 1' # 20) ซึ่งมีลักษณะดีเด่น 9 ลักษณะ คือ ความกว้าง ความยาว ความหนา และน้ำหนักฝัก น้ำหนักเนื้อ จำนวนเมล็ด ค่าสีเนื้อ

เปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริกสูง และเนื้อสีน้ำตาลแดง ส่วนรูปร่างฝัก ความฉ่ำเนื้อ และปริมาณวิตามินซี อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่ความหนาเปลือกไม่ผ่านตามเกณฑ์การคัดเลือก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการประเมินและคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมมะขามเปรี้ยวไทย ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปี พ.ศ. 2562 เป็นระยะเวลา 1 ปี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. มะขาม. <http://www.doae.go.th/data/kasetF.htm>, 4 เมษายน 2549.
- กวีศร์ วานิชกุล, เรืองศักดิ์ กมขุนทด, จุฑาภรณ์ ยนต์มูติ. 2552. การเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามเปรี้ยว 5 พันธุ์. วารสารเกษตรนเรศวร 1: 63–73.
- จุฑาภรณ์ ยนต์มูติ. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะประจำพันธุ์ของมะขามเปรี้ยว 5 พันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2533. การปลูกมะขาม, พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2544. การปลูกมะขาม, พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์กองเกษตรสัมพันธ์. กรุงเทพฯ.
- ประเสริฐ อนุพันธ์. 2522. มะขามหวาน. วิทยาสารกองพืชสวน 3: 87–90.
- เรืองศักดิ์ กมขุนทด, พินิจ กรินทร์ัญญกิจ, กัลยาณี สุวิวัฒน์, ขวัญหทัย ทะนงจิตร, พิมพ์นิภา เพ็งช่าง, กวีศร์ วานิชกุล. 2557. โครงการวิจัยการรวบรวมเชื้อพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์มะขาม, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. สินค้าส่งออก-นำเข้า มะขาม (รวม) ปี 2555–2559. <http://www.agriinfo.doae.go.th/5year/export/55-59/fruit/tamarine.pdf>, 4 มกราคม 2565.

การชักนำแคลลัสและยอดจากฐานใบเบญจมาศพันธุ์กรีนบัตเทินในสภาพปลอดเชื้อ

In vitro callus induction and shoot regeneration from leaf bases of 'Green Button' chrysanthemum

พันทิพา ลิ้มสงวน*, ชลดา ปานประเสริฐ, เนติมา มะลิทอง, อัมพร แต่งโต, ธีรยุทธ คล้าชื่น

Pantipa Limsanguan*, Chonlada Panprasert, Netima Malithong, Amporn Taengto, Teerayut Klumchaun

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12130

Program in Crop Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of

Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pantipa_l@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการชักนำยอดจากใบเบญจมาศพันธุ์กรีนบัตเทินโดยนำฐานใบเบญจมาศ เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทริทเมนต์ละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ชิ้น พบว่า ความเข้มข้นของ 2,4-D และ BA มีผลต่อการเกิดแคลลัสโดยสูตรอาหารที่เติม 2,4-D หรือ BA เพียงชนิดเดียวและที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ส่วนอาหารที่เติมทั้ง 2,4-D และ BA สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสที่มีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่นสีเขียว เมื่อนำชิ้นพืชมาชักนำให้เกิดยอดบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kinetin 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า สูตรอาหาร MS ที่เติม 2,4-D 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอด 3.75 ยอด และสูตรอาหาร MS ที่เติม 2,4-D 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอด 2.25 ยอด ตามลำดับ

คำสำคัญ: การชักนำยอด, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, สารควบคุมการเจริญเติบโต

Abstract

This research studied shoot regeneration from leaves of 'Green Button' chrysanthemum. By *in vitro* culture of leaf-base chrysanthemum on solid MS medium containing 0, 0.5 and 1.0 mg/l 2,4-D in combination with 0, 1, 2 and 3 mg/l BA. The experimental design was CRD with 10 replications, each of 2 pieces. The results demonstrated that the hormone free medium and the medium containing only 2,4-D or BA were unable to induced callus. Meanwhile, medium containing both 2,4-D and BA showed green and compact callus. The explants were then subjected to shoot regeneration on MS solid medium containing 3 mg/l kinetin for 8 weeks. The results revealed that callus induction medium containing 0.5 mg/l 2,4-D and 1.0 mg/l BA 3.75 shoots were induced. And the MS medium containing 1.0 mg/l 2,4-D and 1.0 mg/l BA regenerated 2.25 shoots, respectively.

Keywords: Chrysanthemum, Plant growth regulator, Tissue culture

คำนำ

เบญจมาศเป็นไม้ดอกในวงศ์ Asteraceae (Compositae) ที่ได้รับความนิยมทั่วโลก ทั้งไม้ตัดดอก และไม้กระถาง เนื่องจากมีสีสันสวยงาม อายุการปักแจกันยาวนาน (สุภาวดี, 2549) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกเบญจมาศทั่วประเทศประมาณ 500 ไร่ ผลผลิตรวม 50,841,500 ดอก แต่ผลผลิตที่ได้ยังคงไม่เพียงพอ กับความต้องการของผู้บริโภค และยังมี การปลูกเป็นการค้าในประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ มาเลเซีย และเนเธอร์แลนด์โดยมีมูลค่าการนำเข้าประมาณ 25 ล้านบาทต่อปี การขยายพันธุ์เบญจมาศส่วนใหญ่มักใช้วิธีการปักชำ แต่มักพบปัญหาโรคที่ติดมากับท่อนพันธุ์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบการผลิตอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่ากิ่งชำที่ได้จากต้นแม่ที่ไม่สมบูรณ์และอ่อนแอ ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถวางแผนการผลิตที่แน่นอนได้ และเมื่อมีการปลูกเบญจมาศเพิ่มมากขึ้น ยังพบว่ามี ปัญหาจำนวนกิ่งชำที่ใช้สำหรับการขยายพันธุ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร (สุภาพร และอำนาจ, 2563)

ในการขยายพันธุ์พืชเพื่อให้ได้ต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรคมักใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเข้ามาช่วย ซึ่งยังช่วยให้ ได้พืชที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์เดิม ขนาดต้นสม่ำเสมอ และสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็วทำให้มีจำนวนต้นเพียงพอ และ สำหรับการออกปลูกได้ตลอดปี อย่างไรก็ตามการพัฒนาเซลล์และเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงภายใต้อาหารสังเคราะห์ ถูกควบคุม ด้วยปัจจัยภายนอก เช่น องค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง อุณหภูมิ แสง และปัจจัยภายในพืชเอง เช่น ชนิดพันธุ์และพันธุ์ ปลูกของพืช ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ได้ ในส่วนของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้น สารควบคุมการ เจริญเติบโตก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยส่วนใหญ่การเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์มัก ใช้สารกลุ่มไซโคไนน์เพื่อกระตุ้นให้มีการเกิดยอดมากขึ้น (พันทิพา และคณะ, 2560) เช่น BA และ Kinetin ดังนั้นในงานวิจัย นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA และ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ ที่มีผลต่อการพัฒนา เป็นแคลลัสจากเนื้อเยื่อส่วนของฐานใบและโคนต้นที่มีผลต่อการเกิดยอดจากชิ้นพืชของเบญจมาศพันธุ์ปลูกกรีนบัทเทิน ในสภาพปลอดเชื้อ

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำแคลลัสจากฐานใบ

นำต้นเบญจมาศพันธุ์ปลูกกรีนบัทเทินที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อจากสูตรอาหาร Murashige and Skoog (MS) (1962) ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ตัดส่วนปลายใบออกใช้เฉพาะส่วนฐาน ใบที่มีก้านใบติดอยู่ เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม benzyl adenine (BA) 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) 0, 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอาหารแต่ละสูตรเติมน้ำตาลทราย 30 กรัม ต่อลิตร และผงวุ้น 7 กรัมต่อลิตร ปรับให้มี pH 5.7 เพาะเลี้ยงในสภาพที่ให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เปลี่ยนย้ายอาหารทุก 4 สัปดาห์บันทึกผลการเกิดแคลลัสเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น สีและ ลักษณะของแคลลัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ชิ้น

การชักนำให้เกิดยอดจากแคลลัส

นำชิ้นพืชที่ผ่านชักนำแคลลัสจากการทดลองแรก จากแต่ละสูตรอาหารไปเพาะเลี้ยงต่อในอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เปลี่ยนย้ายอาหารทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ บันทึกลักษณะการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นแคลลัส ได้แก่ ขนาดแคลลัส น้ำหนักสดแคลลัส จำนวนยอด จำนวนราก และความยาวราก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเกิดแคลลัส

การนำส่วนฐานใบเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ BA เข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D เข้มข้น 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ในอาหารที่มี BA และ 2,4-D ฐานใบเริ่มมีการม้วนงอและเริ่มเกิดแคลลัสสีเขียวบริเวณรอยตัด และเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แผ่นฐานใบด้านในมีสีเหลืองอ่อน ส่วนแคลลัสมีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่นสีเขียว และมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แคลลัสมีลักษณะเป็นก้อนสีเขียวขนาดใหญ่ (Fig. 1)

สูตรอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตและสูตรที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเพียงชนิดเดียว (BA หรือ 2,4-D) ไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ (Fig. 2) อาจเนื่องมาจากความสมดุลระหว่างออกซินและไซโตไคนินไม่เหมาะสมสำหรับสูตรที่ชักนำให้เกิดแคลลัสได้นั้น พบว่า การเจริญเติบโตของแคลลัสแตกต่างกัน โดยเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สูตรอาหารที่เติม BA 1 2 และ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสมีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่นสีเขียว (Fig. 2) ซึ่งผลที่ได้คล้ายกับการเกิดแคลลัสจากกลีบดอกเบญจมาศจากงานวิจัยของ Thangmanee and Kanchanapoom (2011) ที่เพาะเลี้ยงกลีบดอกเบญจมาศ [*Chrysanthemum x grandiflorum* (Ramat.) Kitam.] บนอาหารสูตร MS ที่เติม BA 13.3 ไมโครโมลาร์ (3 มิลลิกรัมต่อลิตร) ร่วมกับ 2,4-D 0.5 ไมโครโมลาร์ (0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ให้ประสิทธิภาพการเกิดแคลลัสสูงสุด ซึ่งวีรวรรณ และ พรรณธิดา (2552) ศึกษาอิทธิพลของชิ้นส่วนพืช ได้แก่ ก้านใบ และลำต้นใต้ใบเลี้ยงของต้นสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.) และความเข้มข้นของ BA และ IBA พบว่าผลของชิ้นส่วนพืช และความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อการเกิดแคลลัสอย่างมีนัยสำคัญ

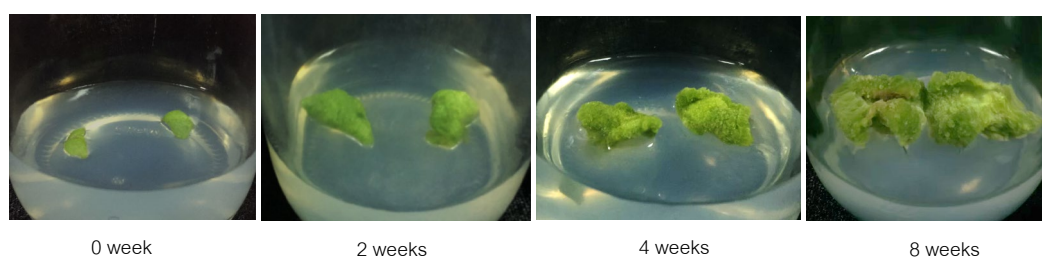


Fig. 1 Time course development of callus induction from leaf base of 'Green Button' chrysanthemum on MS media supplemented with 3 mg/l BA and 0.5 mg/l 2, 4-D

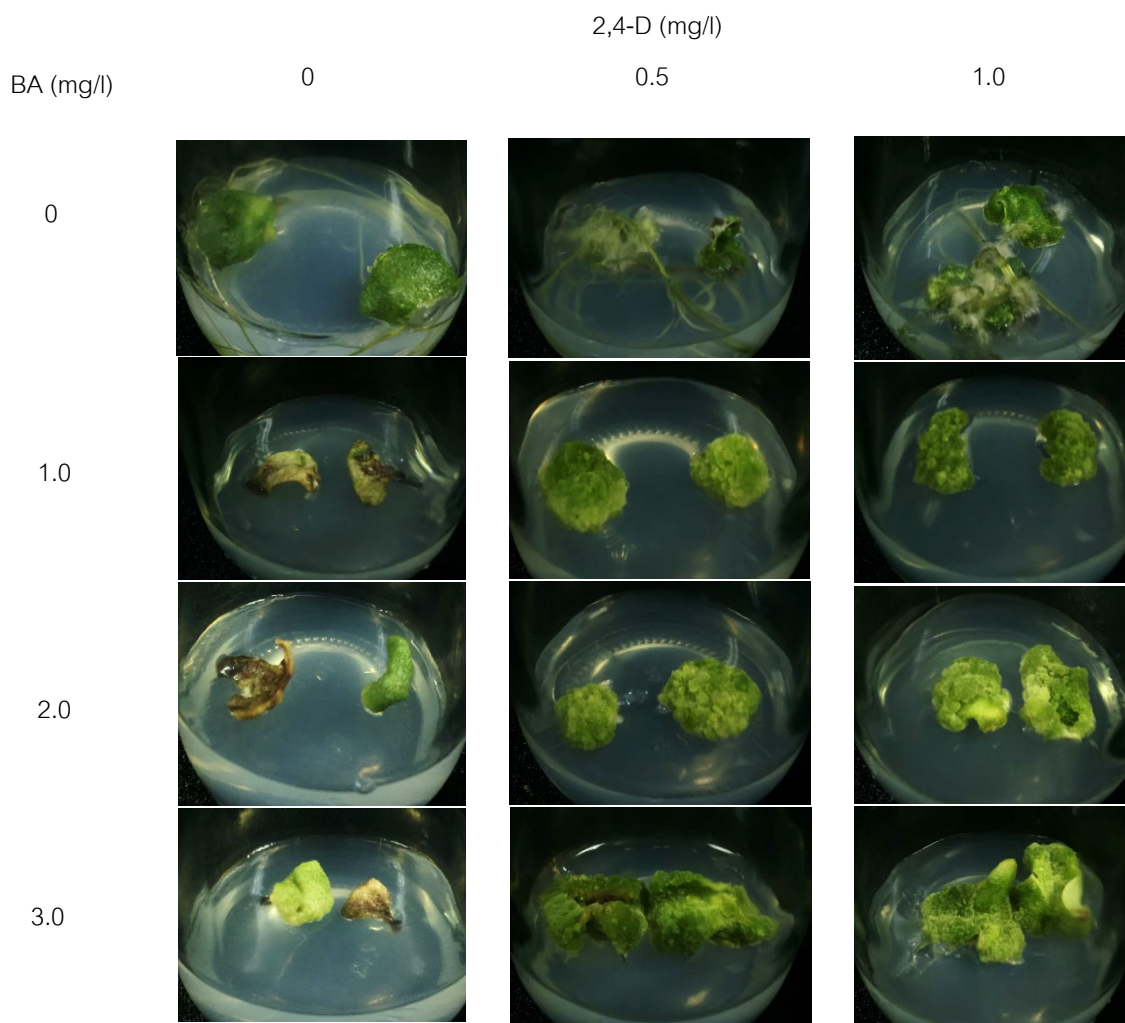


Fig. 2 The 8 weeks calli from Leaf bases of 'Green Button' chrysanthemum on MS media supplemented with 0–1.0 mg/l 2,4-D in combination with 0–3.0 mg/l BA

การชักนำให้เกิดยอด

เมื่อนำชิ้นพืชที่เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตรชักนำแคลลัสเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kinetin 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แคลลัสมีขนาดใหญ่และเริ่มมีจุดสีเขียวเข้ม เมื่อเพาะเลี้ยงต่อเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เนื้อเยื่อเริ่มพัฒนาเป็นยอดและมีใบขนาดเล็กเกิดขึ้นและยอดมีการพัฒนาสมบูรณ์ และสามารถตัดแยกเป็นต้นเดี่ยวได้ (Fig. 3)

น้ำหนักของแคลลัสหลังจากเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kinetin 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า แคลลัสที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้น้ำหนักมากที่สุด 2.33 กรัม รองลงมา คือ อาหารสูตร MS ที่เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักแคลลัส 2.09 กรัม ส่วนสูตรอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเพียงชนิดเดียวให้น้ำหนักแคลลัสน้อยที่สุด (Table 1) ขนาดของแคลลัส พบว่า แคลลัสที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้น 0.5

มิลลิกรัมต่อลิตร มีขนาดของแคลลัสใหญ่ที่สุด 6.45 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ อาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ขนาดแคลลัส 5.44 ตารางเซนติเมตร ส่วนสูตรอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเพียงชนิดเดียวทำให้แคลลัสมีขนาดเล็กที่สุด (Table 1) จำนวนรากและความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การชักนำให้เกิดยอดจากแคลลัสจากสูตรอาหารชักนำแคลลัสทั้ง 12 สูตร พบความแตกต่างในการตอบสนองของแต่ละสูตรอาหาร เมื่อพิจารณาผลของโคเนติน 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อการเกิดยอดในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า แคลลัสที่เพาะเลี้ยงจากอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2, 4-D ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอดสูงสุด 3.75 ยอดต่อชิ้นแคลลัส รองลงมาคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2, 4-D ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดยอด 2.25 ยอดต่อชิ้นแคลลัส (Table 1 และ Fig. 3) ซึ่ง Gahan and George (2008) อธิบายไว้ว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจะประสบความสำเร็จได้นั้น ต้องคำนึงถึงชนิดและชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยงด้วย ถึงแม้ว่าในอาหารเพาะเลี้ยงจะมีการตัดแปลงโดยการเติมไซโตไคนินซึ่งสามารถชักนำให้เกิดยอดในสภาพการเพาะเลี้ยงได้ ดังนั้น นอกจากสายพันธุ์และชิ้นส่วนพืชที่ต่างกันแล้วยังอาจเป็นเพราะสัดส่วนของออกซินและไซโตไคนิน ทั้งที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชเองและที่เติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงที่ต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของยอด George and Sherrington (1984)

จากการทดลองนี้ พบว่าแคลลัสเบญจมาศที่เพาะเลี้ยงในอาหารต่างชนิดกัน มีการตอบสนองต่อการพัฒนายอดได้แตกต่างกัน ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันทิพา และคณะ (2560) ที่รายงานว่าอาหารที่มีทั้ง 2,4-D และ BA สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสที่มีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่นสีเขียว เมื่อย้ายแคลลัสมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมโคเนติน 0-3 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็น 8 สัปดาห์ พบว่า เนื้อเยื่อเกิดยอดและพัฒนาเป็นต้นสมบูรณ์สามารถตัดแยกเป็นต้นเดี่ยวได้ หลังจากเลี้ยงในอาหารเป็นเวลา 12 สัปดาห์ และพบว่าอาหารที่มีโคเนตินความเข้มข้นสูงสุดคือ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้มากที่สุด ดังนั้นความเข้มข้นของออกซินและไซโตไคนินที่เติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงมีผลต่อการพัฒนาไปเป็นยอดได้ (Dethvongsa, 2015) นอกจากนี้ สุจรรยา และคณะ (2548) ยังพบว่าอาหารที่ไม่สามารถชักนำให้แคลลัสพัฒนาไปเป็นยอดได้ อาจมีสาเหตุมาจากประสิทธิภาพของไซโตไคนินในรูปที่ใช้ในการทดลองคือโคเนตินที่อาจมีประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดยอดได้น้อยกว่าไซโตไคนินในรูปอื่น โดยมีรายงานการทดลองที่บ่งชี้ประสิทธิภาพของสารในกลุ่มไซโตไคนิน 2 ชนิด ได้แก่ โคเนตินและ BA โดย ฉัตรมณี (2552) ได้ทดลองเพาะเลี้ยงตาข้างของกวาวเครือขาว พบว่า ในสูตรอาหาร MS ที่เติมโคเนตินตาข้างของกวาวเครือขาวมีการพัฒนาเป็นยอดที่ไม่สมบูรณ์ยอดมีขนาดเล็ก และยังพบว่าส่วนใหญ่พัฒนาไปเป็นแคลลัสอีกด้วย ส่วนสูตรอาหารที่เติม BA กลับพบว่าตาข้างพัฒนาไปเป็นยอดที่สมบูรณ์ได้เป็นจำนวนมาก

Table 1 Average of weight, size, no. of roots, root length and no. of shoots from the calli derived from MS medium supplemented with various concentrations of 2, 4-D and BA. Then, transformed to MS medium supplemented with 3 mg/l kinetin for 8 weeks

Medium MS					
(BA+2,4-D) (mg/l)	Weight (g)	Size (cm ²)	No. of roots	Root length (cm.)	No. of shoots
(0+0)	0.25 ^{ef}	1.92 ^d	0.00	0.00	0 ^c
(0+0.5)	0.69 ^{def}	3.55 ^c	0.00	0.00	0 ^c
(0+1.0)	0.95 ^{cde}	3.97 ^c	0.00	0.00	0 ^c
(1.0+0)	0.15 ^{ef}	2.21 ^d	0.00	0.00	0 ^c
(1.0+0.5)	1.45 ^{bcd}	4.43 ^{bc}	1.40	0.34	3.75 ^a
(1.0+1.0)	2.09 ^{ab}	4.24 ^{bc}	1.50	0.71	2.25 ^b
(2.0+0)	0.00 ^f	0.00 ^f	0.00	0.00	0 ^c
(2.0+0.5)	1.52 ^{abc}	4.76 ^{bc}	0.00	0.00	0 ^c
(2.0+1.0)	1.89 ^{ab}	5.60 ^{ab}	0.10	0.11	0.5 ^c
(3.0+0)	0.00 ^f	0.00 ^f	0.00	0.00	0 ^c
(3.0+0.5)	2.33 ^a	6.45 ^a	0.10	0.14	0 ^c
(3.0+1.0)	1.75 ^{abc}	5.44 ^{ab}	0.00	0.00	0 ^c
F-test	*	*	ns	ns	*

*Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

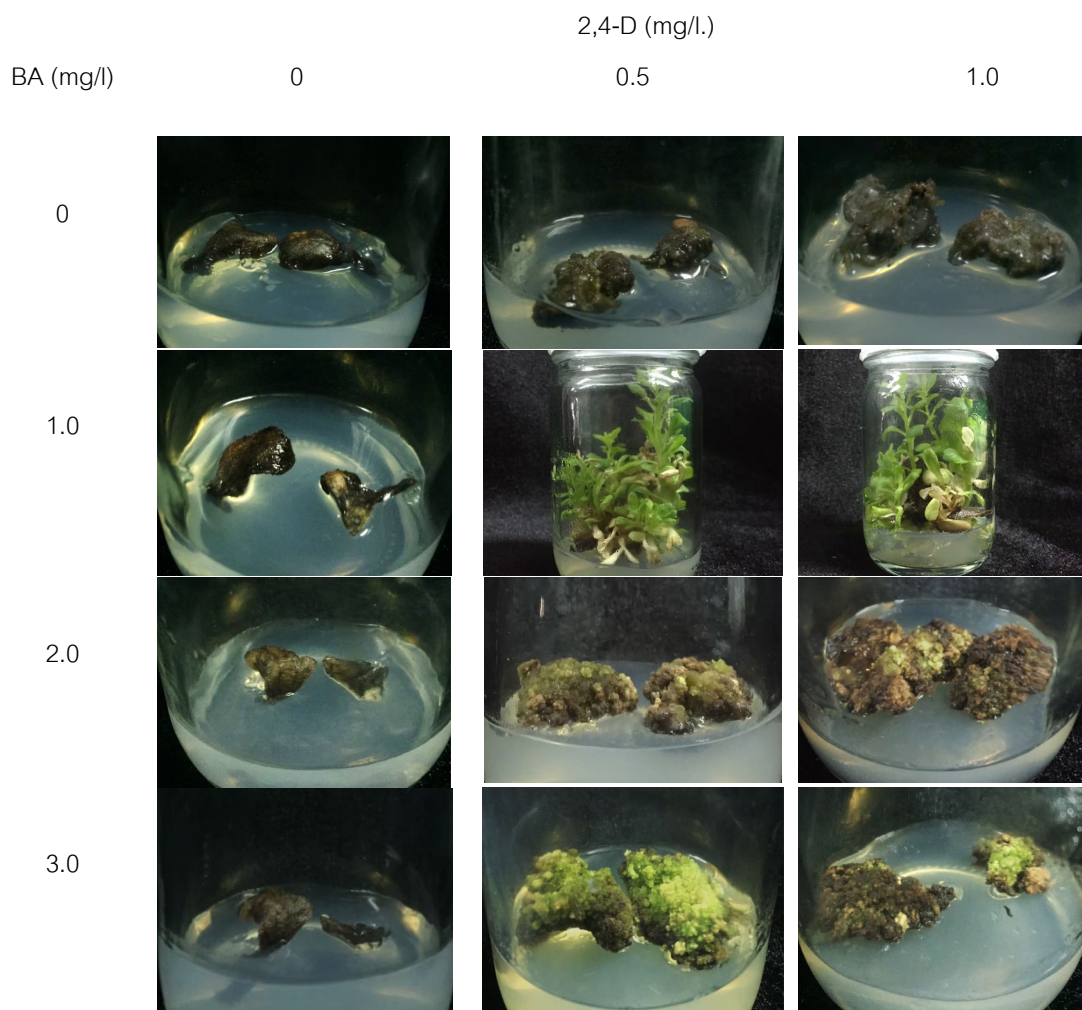


Fig. 3 Shoot regeneration from the calli derived from MS medium supplemented with various concentrations of 2, 4-D and BA after, transformed to MS medium supplemented with 3 mg/l kinetin for 8 weeks

สรุป

การชักนำแคลลัสและการชักนำยอดจากฐานใบเบญจมาศบนอาหารที่เติม 2,4-D หรือ BA เพียงชนิดเดียว และที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตไม่สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ ส่วนอาหารที่เติมทั้ง 2,4-D และ BA สามารถทำให้เกิดแคลลัสที่มีลักษณะเป็นแบบเกาะกันแน่นสีเขียว การชักนำให้เกิดยอดจากชิ้นพืชบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kinetin 3 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าเกิดยอดจากชิ้นพืชที่มาจากอาหาร สูตร MS ที่เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้น 0.5 หรือ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้จำนวนยอด 3.75 และ 2.25 ยอด ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรมณี สักข์สุวรรณ, ศิริวรรณ บุรีคำ, วิเชียร กิรตินิจกาล. 2552. การเพิ่มปริมาณต้นกวาวเครือขาวโดยการเพาะเลี้ยงตาข้างในสภาพปลอดเชื้อ. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 94-100.

พันทิพา ลิ้มสงวน, สนธิชัย จันทรเปรม, เสริมศิริ จันทรเปรม. 2560. การชักนำให้เกิดแคลลัสและต้นอ่อนจากกลีบดอกที่พัฒนาแล้วของเบญจมาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48: 322-333.

- วีรวรรณ ภมร, พรรณนิภา ณ เชียงใหม่. 2552. ผลของอาหารและชิ้นส่วนพืชในการชักนำให้เกิดแคลลัสของสับุดำ. วารสารเกษตร 25: 125–133.
- สุจรรยา เรื่องวีรยุทธ, กฤษณา พิณิจ, สุวิทย์ ล้อประเสริฐ, พัฒนา ศรีฟ้า ฮุนเนอร์. 2548. ผลของการใช้สารไซโตไคนินในการชักนำให้เกิดยอดในกล้วยไม้ดิน หวาย และแวนด้า. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 467–474.
- สุภาพร สัมโย, อำนวย อรรถจักรง. 2563. สถานการณ์การผลิตเบญจมาศ. กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สุภาวดี ส่งศรีโรจน์. 2549. ผลของปุ๋ยทางใบ และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและอายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศพันธุ์ “เรแกนสีเหลือง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Dethvogsa, S. 2015. Effects of plant growth regulators on shoot and root induction from different explants of *Bacopa caroliniana* (Walt) Robins *in vitro*. M.Sc. thesis, Burapha University.
- Gahan, P.B., George, E.F. 2008. Adventitious regeneration. In: George, E.F., Halls, M.A., Klerk, G.D. (Eds.). Plant Propagation by Tissue Culture, Vol. 1. Springer, the Netherlands.
- George, E.F., Sherrington, P.D. 1984. Plant Propagation by Tissue Culture: A Hand Book and Dictionary of Commercial Laboratories. Exgetics Ltd., UK.
- Murashige, T., Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473–497.
- Thangmanee, C., Kanchanapoom, K. 2011. Regeneration of chrysanthemum plants (*Chrysanthemum x grandiflorum* (Ramat.) Kitm.) by callus derived from ray floret explants. *Prop. Orn. Plants.* 11: 204–209.

การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลีด้วยน้ำมันหอมระเหย

Peroxidase activity inhibition in broccoli extract by certain essential oils

อณัญญา ศรีจันทร์^a, นิภาพร ยลสวัสดิ์^b, มณฑินี ธีรารักษ์^{a,*}

Ananya Srichan^a, Nipaporn Yonsawad^b, Montinee Teerarak^{a,*}

^aภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

^bศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

^aDepartment of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

^bIndustrial University Collaborative Research Center, School Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: montinee.te@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียคุณภาพในผักสดตัดแต่ง ซึ่งเอนไซม์ peroxidase เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตัดแต่ง การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ขิง และใบพลู ในการยับยั้งกิจกรรมของ peroxidase ในบรอกโคลี โดยใช้สารสกัดหยาบจากบรอกโคลีเป็นแหล่งกิจกรรมของ peroxidase ผลการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู ใบมะกรูด และตะไคร้สามารถยับยั้งกิจกรรม peroxidase ได้มาก โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูมีประสิทธิผลมากกว่าน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น และเมื่อประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูความเข้มข้น 10 mg/mL และน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดความเข้มข้น 7.5 mg/mL สามารถลดกิจกรรม peroxidase ได้ 34 และ 20.3% ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดมีศักยภาพในการนำไปใช้ลดการเกิดสีน้ำตาลจากกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีตัดแต่ง

คำสำคัญ: การเกิดสีน้ำตาล, บรอกโคลี, น้ำมันหอมระเหย

Abstract

Enzymatic browning is the major cause of quality loss in fresh-cut vegetables. Peroxidase enzyme is involved in the enzymatic browning of fresh-cut produce. The objective of this study was to determine the effect of plant essential oils from kaffir lime (*Citrus hystrix*) peel, kaffir lime leaf, lemongrass (*Cymbopogon citratus*), ginger (*Zingiber officinale*) and betel leaf (*Piper betle* L.) on peroxidase activity inhibition of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Crude broccoli extract was used as the source of peroxidase activity. Betel leaf, kaffir lime leaf and lemongrass essential oils had high peroxidase activity inhibition, especially betel leaf which was more effective than the other essential oils. To confirm the effect of betel and kaffir lime leaf essential oils on peroxidase activity inhibition, both essential oils were evaluated at different concentrations. It was found that betel leaf essential oil at 10 mg/mL and kaffir lime leaf essential oil at 7.5 mg/mL were effective in reducing peroxidase activity by 34 and 20.3%, respectively. The results indicated that essential oils from betel and kaffir lime leaves have the potential to be used to reduce the peroxidase-causing browning in minimally processed broccoli.

Keywords: Broccoli, Browning, Essential oil

คำนำ

บรอกโคลี (*Brassica oleracea* var. *italica*) เป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากอุดมไปด้วยวิตามินซีและใยอาหารสูง (Sanwal et al., 2006) เมื่อรับประทานบรอกโคลีอยู่เสมอจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิต โรคหัวใจ และโรคเบาหวานได้ นอกจากนี้บรอกโคลียังมีสาร sulforaphan ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีผลต่อการป้องกันโรคมะเร็งโดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งที่บริเวณปอด กระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ (นิตดา และคณะ, 2548; Chuanphongpanich et al., 2006) จากคุณสมบัติที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์มากมายบรอกโคลีจึงเป็นผักที่ได้รับความนิยมและความต้องการจากผู้บริโภค ส่งผลต่อความต้องการทางตลาดและการผลิตอย่างมาก บรอกโคลีมีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์เรเนียนแถบประเทศอิตาลี ประเทศไทยปลูกบรอกโคลีมากที่ภาคเหนือและได้ผลผลิตดี ปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศจึงปลูกที่ภาคใต้ได้มากขึ้น (ศรีสุวิมล และคณะ, 2557) บรอกโคลีเป็นหนึ่งในผลิตผลทางการเกษตรที่ได้รับการตัดแต่งก่อนวางจำหน่าย การตัดแต่งจะทำตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวโดยตัดเอา ก้าน ใบ ราก หรือตำหนิจากโรค และแมลง เพื่อความสวยงามและสะดวกต่อการจำหน่ายหรือนำไปแปรรูป

ปัจจุบันอาหารพร้อมปรุง หรือพร้อมรับประทานได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสะดวกในการเตรียม และการบริโภค ภัตตาคารส่วนใหญ่นิยมใช้ผักที่ตัดแต่งสำเร็จรูปพร้อมปรุง ซึ่งผู้ผลิตมักประสบปัญหาด้านอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่สั้น ผักที่ผ่านการลอกเปลือกและการตัดแต่งจะเกิดบาดแผล แสดงอาการสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ภายหลังการตัดแต่งมักจะพบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด ซึ่งมีสาเหตุจากกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) (E.C.1.11.1.7) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีให้คล้ำขึ้น มีผลทำให้ผลิตผลได้รับความเสียหาย ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดสีน้ำตาล เช่น การจุ่มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ (จิตติมา และคณะ, 2553) การจุ่มในสารละลายกรดฟumaric (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2557) การแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิก (พนิดา และมยุรี, 2558) และการรมด้วย 1-methylcyclopropene (Krasaekoopt and Bhandari, 2011) นอกจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์เพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดสีน้ำตาลในผลิตผลสดตัดแต่ง น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติที่มีความน่าสนใจและนำมาใช้ในการยืดอายุของผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต้านอนุมูลอิสระ และสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ Gao et al. (2014) ได้ศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการรักษาคุณภาพของเห็ดกระดุมโดยการรมน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ กานพลู อบเชย และไทม์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของเห็ดกระดุมได้ โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ช่วยรักษาความแน่นเนื้อตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น Chen et al. (2017) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่งสดได้ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ตอบสนองต่อการเกิดบาดแผลที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบฟีนอลิกเกิดเป็นสารสีน้ำตาล และชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ ในการทดลองนี้จึงนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่างๆ มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลี เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำไปใช้รักษาคุณภาพและลดการเกิดสีน้ำตาลในบรอกโคลีตัดแต่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในหลอดทดลอง

นำน้ำมันหอมระเหย 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ขิง และใบพลู มาทดสอบน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลอง 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยกรรมวิธีที่ 1 มีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ 2 เป็นกรรมวิธีที่ใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.17 mg/mL และกรรมวิธีที่ใช้ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ขิง และใบพลูความเข้มข้น 10 mg/mL เป็นกรรมวิธีที่ 3-7 ตามลำดับ

การเตรียมเอนไซม์สกัดหยาบ

หั่นบรอกโคลีเป็นชิ้นเล็กๆ (ไม่พบการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยหั่น) ซึ่งน้ำหนัก 10 กรัม บั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันในน้ำกลั่น (อุณหภูมิประมาณ 4°C) 30 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (รุ่น 352R บริษัท MPW ประเทศโปแลนด์) ด้วยแรง 10,000×g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ตามวิธีการของ Ponce et al. (2008) เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์และนำไปศึกษาต่อในการทดลองต่อไป

การทดสอบปฏิกิริยาของเอนไซม์ peroxidase ในหลอดทดลอง

นำเอนไซม์สกัดหยาบจากบรอกโคลีที่เตรียมไว้ มาตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase โดยทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลองตามวิธีการของ Cho et al. (2016) โดยเตรียมสารตั้งต้นที่ประกอบด้วย สาร guaiacol ความเข้มข้น 1% สาร hydrogen peroxide ความเข้มข้น 0.3% ในบัฟเฟอร์ sodium phosphate ความเข้มข้น 0.05 M (pH 6.5) นำเอนไซม์สกัดหยาบจากบรอกโคลี 0.1 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) หรือ กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.17 mg/mL (สารมาตรฐาน) หรือน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้น 10 mg/mL (สารทดสอบ) ปริมาตร 0.03 มิลลิลิตร และเติมสารตั้งต้นที่เตรียมไว้ 2.87 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ทุก 15 วินาที เป็นเวลา 3 นาที คำนวณกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase รายงานค่าเป็นหน่วย Units/mL เอนไซม์ โดยกิจกรรมเอนไซม์ 1 หน่วย (unit) เท่ากับการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที ภายใต้สภาวะทดลอง และบันทึกผลกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ดังสมการ กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (Units/mL เอนไซม์) = $(AF_{470} - AI_{470})/t / ((0.001)(v))$

กำหนดให้ AF_{470} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร
 AI_{470} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร
 t = เวลาที่ใช้ประเมินกิจกรรมเอนไซม์ (นาที)
 v = ปริมาตร (mL) ของเอนไซม์สกัดหยาบที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมี
 0.001 = การเปลี่ยนแปลงค่าดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที

การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดในการต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

นำน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู และใบมะกรูดความเข้มข้น 5-20 mg/mL มาทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในหลอดทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ชุดทดลอง

ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยกรรมวิธีที่ 1 มีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ 2 เป็นกรรมวิธีที่ใช้สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.17 mg/mL และกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด หรือใบพลูความเข้มข้น 5-20 mg/mL เป็นกรรมวิธีที่ 3-7 ตามลำดับ เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบและศึกษากิจกรรมเอนไซม์ peroxidase คำนวณกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และนำค่ากิจกรรมเอนไซม์มาคำนวณร้อยละการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ดัง Equation 1

การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (%) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม =

$$\frac{(\text{กิจกรรม peroxidase ในกรรมวิธีควบคุม} - \text{กิจกรรม peroxidase เมื่อเติมสารทดสอบ})}{\text{กิจกรรม peroxidase ในกรรมวิธีควบคุม}} \times 100 \quad (1)$$

ในกรณีที่ ค่า (+) = มีการลดกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

ค่า (-) = มีการเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

ผลและวิจารณ์การทดลอง

การประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในหลอดทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ชিং และใบพลู เปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกในหลอดทดลองต่อการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (Table 1) ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น) มีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 4,725.56 Units/mL เมื่อเติมกรดแอสคอร์บิกทำให้กิจกรรมเอนไซม์ลดลงและต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mousavizadeh and Sedaghatthoor (2011) ซึ่งทดสอบการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase จากเซลล์รี ผักโขม และผักกาดหอม ในหลอดทดลอง โดยใช้กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 0.017% เป็นสารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล พบว่ากรดแอสคอร์บิกมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในเซลล์รี ผักโขม และผักกาดหอม ได้ 88, 57 และ 44% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า กรดแอสคอร์บิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในผักแต่ละชนิดแตกต่างกัน กรดแอสคอร์บิกมีบทบาทสำคัญในการจับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และป้องกันอนุมูลอิสระของเอนไซม์และโปรตีนไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Vina and Chaves, 2006) นอกจากนี้พินดา และมยูรี (2558) พบว่าเมื่อนำกรดแอสคอร์บิกไปประยุกต์ใช้กับผลไม้ กรดแอสคอร์บิกชะลอการเสื่อมสภาพของสับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่นตัดแต่งพร้อมบริโภค และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดตัดแต่ง ส่วนกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหย พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู มีประสิทธิภาพในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดและตะไคร้มีประสิทธิภาพในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก

Table 1 Peroxidase activity in the presence of ascorbic acid and essential oils in broccoli extract

Plant essential oils	Peroxidase enzyme activity
	(Units/mL)
Distilled water (control)	4,725.6±308 ^a
0.17 mg/mL Ascorbic acid	4,111.1±105 ^{bc}
10 mg/mL Kaffir lime peel essential oil	4,174.4±97 ^{ab}
10 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	3,806.7±145 ^{bc}
10 mg/mL Lemongrass essential oil	3,908.9±193 ^{bc}
10 mg/mL Ginger essential oil	4,181.1±253 ^{ab}
10 mg/mL Betel leaf essential oil	3,522.2±66 ^c
CV. (%)	5.2
F-test	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

การศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase

จากการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีความสามารถในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลี พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase มากที่สุด จึงนำน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 5–20 mg/mL มาทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 4,728.9 Units/mL แต่เมื่อให้กรดแอสคอร์บิกทำให้ลดกิจกรรมเอนไซม์ลดลงเหลือ 4,102.6 Units/mL ในกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหย พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูที่ความเข้มข้น 7.5–20 mg/mL ลดกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ลงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูที่ความเข้มข้น 10 mg/mL สามารถยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase มากที่สุดและยับยั้งเท่ากับ 34% ไม่แตกต่างกับน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูที่ความเข้มข้น 7.5 และ 15 mg/mL โดยค่ายับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 27.9 และ 30.9% ตามลำดับ (Table 2) เมื่อศึกษาความสามารถของน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase พบว่า กรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 4,719.1 Units/mL เมื่อให้กรดแอสคอร์บิกทำให้ลดกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 4,120 Units/mL และเมื่อให้น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดทุกความเข้มข้นยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูดที่ความเข้มข้น 7.5 mg/mL ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งได้ 20.3% (Table 3)

จากผลการทดลองน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ของ peroxidase ในสารสกัดเอนไซม์หยาบบรอกโคลีแตกต่างกัน เนื่องด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบมะกรูดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกัน จึงส่งผลต่อกิจกรรม peroxidase ต่างกัน (Ponce et al., 2004) น้ำมันหอมระเหย

จากใบพลูมีความสามารถในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ใช้แอสคอร์บิก เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากพลู ประกอบด้วยสารประกอบหลักในกลุ่มสารประกอบฟีนอล ได้แก่ methyl eugenol (27.5%), 4-allyl-1,2-diacetoxybenzene (27.4%) และ eugenol (22.7%) (Cang et al., 2020) แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูมี eugenol เป็นองค์ประกอบหลัก และการศึกษาของ Chen et al. (2017) พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ความเข้มข้น 0.05% และ eugenol (เป็นสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู) ความเข้มข้น 0.05% สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และลดการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่งสดได้ รวมถึงเมื่อศึกษาจุลศาสตร์ของเอนไซม์ peroxidase และการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computational modelling) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า สาร eugenol สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่ง เนื่องจาก eugenol ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ peroxidase แบบแข่งขัน (competitive inhibition) โดยแย่งสารตั้งต้นจับกับบริเวณเร่ง (active site) บนเอนไซม์ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูมี eugenol เป็นองค์ประกอบ (Cang et al., 2020) ซึ่งเป็นสารยับยั้งเอนไซม์ peroxidase แบบแข่งขัน จึงทำให้ลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลีได้

Table 2 Peroxidase activity (Units/mL) and percentage of peroxidase activity reduction (numbers in bracket) in the presence of betel ascorbic acid and essential oil in broccoli extract

Treatment	Peroxidase enzyme activity (Units/mL)
Distilled water (control)	4,728.9±65 (0) ^a
Ascorbic acid	4,102.6±144 (13.2) ^b
5 mg/mL Betel essential oil	3,714.1±136 (21.5) ^{bc}
7.5 mg/mL Betel essential oil	3,411.9±120 (27.9) ^{cde}
10 mg/mL Betel essential oil	3,074.1±227 (34.0) ^e
15 mg/mL Betel essential oil	3,266.7±190 (30.9) ^{de}
20 mg/mL Betel essential oil	3,530.4±68 (25.3) ^{cd}
CV. (%)	3.9
F-test	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

Table 3 Peroxidase activity (Units/mL) and percentage of peroxidase activity reduction (numbers in bracket) in the presence of kaffir lime leaf essential oil and ascorbic acid in broccoli extract

Treatment	Peroxidase enzyme activity (Units/mL)
Distilled water (control)	4,719.1±242 (0) ^a
Ascorbic acid	4,120.0±34 (12.7) ^{bc}
5 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	4,247.8±183 (9.9) ^b
7.5 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	3,763.3±103 (20.3) ^c
10 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	3,914.4±55 (17.1) ^{bc}
15 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	3,938.9±16 (16.5) ^{bc}
20 mg/mL Kaffir lime leaf essential oil	4,240.0±151 (10.2) ^b
CV. (%)	3.6
F-test	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช 5 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ขิง และใบพลู ในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูความเข้มข้น 10 mg/mL สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในเอนไซม์สกัดหยาบของบรอกโคลี และมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.17 mg/mL ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้ทั่วไปในทางการค้า ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด ความเข้มข้น 5–20 mg/mL มีประสิทธิภาพในการต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ไม่แตกต่างจากการใช้กรดแอสคอร์บิก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ผ่านทางงบประมาณแผ่นดินของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

- ศรีขันธ์สพล หนูพรหม. 2557. วันปลูกและการผลิตบรอกโคลีนอกฤดูในจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จิตติมา จิรโพธิธรรม, วนิสา คงเยือกเย็น, เกษรา น้ำใจดี, พงษ์นารถ นาถวรานันต์, อภิตา บุญศิริ. 2553. ผลของอุณหภูมิการแช่ต่อการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือเปราะตัดแต่งสด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41: 440–443.
- จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, ลลิตา นิยมสุข, พริมา พิริยางกูร. 2557. คุณภาพและลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45: 161–164.
- นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์, สุภาพรณ เยี่ยมสุวรรณภูมิ. 2548. ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพฯ.

- พนิดา เมฆทัฬห, มยุรี กระจายกลาง. 2558. ผลของกรดแอสคอบิกต่อคุณภาพการเก็บรักษาสับประรดห้วยมุ่นตัดแต่ง. วารสารแก่นเกษตร 43: 836–841.
- Cang, M.H., Thi, P., Nhi, B., Nguyen, T.C.L. 2020. Betel (*Piper betle* L.) leaf essential oil extraction using steam distillation. Int. J. Adv. Eng. Res. Sci. 7: 166–169.
- Chen, X., Ren, L., Li, M., Qian, J., Fan, J., Du, B. 2017. Effects of clove essential oil and eugenol on quality and browning control of fresh-cut lettuce. Food Chem. 214: 432–439.
- Chuanphongpanich, S., Suttajit, M., Phanichphant, S., Buddhasukh, D., Sirithunyalug, B. 2006. Antioxidant capacity of broccoli seeds grown in Thailand. Chiang Mai J. Sci. 33: 117–122.
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T. 2014. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. Food Chem. 149: 107–113.
- Gray, A.R. 1982. Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Econ. Bot. 36: 397–410.
- Krasaekoopt, W., Bhandari, B. 2011. Fresh-cut vegetables. In: Sinha, N.K., Hui, Y.H., Evranuz, E.O., Siddiq, M., Ahmed, J. (Eds.). Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. Blackwell publishing Ltd. Ames, Iowa, USA, pp. 221–242.
- Mousavizadeh, S.D., Sedaghatoor, S. 2011. Peroxidase activity in response to applying natural antioxidant of essential oils in some leafy vegetables. Aust. J. Crop Sci. 5: 494–499.
- Ponce, A.G., Delvalle, C.E., Roura, S.L. 2004. Natural essential oils as reducing agents of peroxidase activity in leafy vegetables. Lebensm. Wiss. U. Technol. 37: 199–204.
- Sanwal, S.K., Yadav, D.S., Rai, N.R., Yadav, R.K. 2006. Growth, yield and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertility type. J. Veg. Sci. 12: 13–26.
- Vina, S.Z., Chaves, A.R. 2006. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. Food Chem. 94: 68–74.

ผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก

Effect of bio-extracts on growth of flowering bok choy

ปิยะภรณ์ จิตรเอก^a, พรามมาส เจริญรักษ์^a, พิมพ์พรรณ พิมพ์รัตน์^a, สุวรรณกาญจน์ สุพมาตธา^b,
อัศรินทร์ เทียงตรง^a, ดาวรุ่ง วัชรินทร์รัตน์^{c,*}

Piyaporn Jitae^a, Phraomas Charoenrak^a, Pimpan Pimonrat^a, Suwonnakan Supamatra^b,
Akarapat Tengthrong^a, Dowroong Watcharinrat^{c,*}

^aสาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

^bสาขาวิชาเทคโนโลยีระบบเกษตร ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cสาขาวิชาบริหารการศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDivision of Crop Production, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology
Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

^bDivision of Agricultural Systems Technology, Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture,
Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cDivision of Educational Administration, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University
Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: dowroong.w@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใส่น้ำหมักชีวภาพสูตรผัก สูตรมูลค้างคาว สูตรนมสด สูตรแห้วแดง และไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ (กรรมวิธีควบคุม) ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก โดยเมื่อผักกวางตุ้งดอก มีอายุ 10 วัน ทำการย้ายปลูกลงกระถางขนาด 7 นิ้ว หลังจากนั้นรดน้ำหมักชีวภาพที่ปรับค่าการนำไฟฟ้า 1.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และ $\text{pH} = 6.0-7.0$ ปริมาณกระถางละ 200 มิลลิลิตร รดน้ำหมักชีวภาพอย่างต่อเนื่องทุก ๆ สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การรดน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดให้ความสูงต้นสูงที่สุด คือ 32.70 เซนติเมตร จำนวนใบสูงที่สุด คือ 17.60 ใบ/ต้น น้ำหนักสดสูงที่สุด คือ 32.27 กรัม และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด คือ 2.81 กรัม โดยการรดน้ำหมักชีวภาพสูตรแห้วแดง น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลค้างคาว กรรมวิธีควบคุม และน้ำหมักชีวภาพสูตรผัก ให้ผลดีรองลงมา ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผัก, มูลค้างคาว, นมสด, แห้วแดง

Abstract

The objective of this experiment was to test the effects of bio-extracts from vegetables, bat manure, milk, azolla, and no bio-extracts (control) on growth of flowering bok choy. At 10 days after sowing, the seedlings were transplanted into a 7-inch plastic pot. After that, the bio-extracts water was adjusted to $\text{EC} = 1.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ and $\text{pH} = 6.0-7.0$, a volume of 200 mL per pot. The bio-extracts watering was continued every week according to the treatment. The results showed that bio-extracts from milk had the highest plant height (32.70 cm), the highest number of leaves (17.60 leaves/plant), and the highest fresh and dry weights of plant (32.27 g and 2.81 g, respectively). The bio-extracts from azolla, bat manure, control, and vegetables on yielded good results, respectively.

Keywords: Bat manure, Milk, Azolla, Vegetables

คำนำ

ผักกวางตุ้งดอก (Flowering Bok Choy) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) มีการปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะในแถบเอเชียใต้และตะวันออก เนื่องจากมีสารประกอบจำพวก ไฟเบอร์ กรดแอสคอร์บิก ฟีนอล และแร่ธาตุ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย (Pan and Sasanatayart, 2016; Al Ubeed et al., 2017) ผักกวางตุ้งดอก มีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นเพียง 35–45 วัน มีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถปลูกได้ทุกฤดู เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีอินทรีย์วัตถุสูง (สมชาย และ อัญชลี, 2558)

น้ำหมักชีวภาพ (bio-extract หรือ bio-fertilizer) คือสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทั้งในสภาพที่ไม่มีอากาศและมีอากาศ ได้ของเหลวสีน้ำตาล ประกอบด้วย ฮอร์โมนหรือสารเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน รวมทั้งกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดแลคติก กรดอะมิโน และกรดฮิวมิก ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ น้ำหมักยังสามารถกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในดินเพื่อปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เป็นส่วนประกอบของระบบเอนไซม์และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ในพืชเพื่อให้ต้นพืชมีความแข็งแรงขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2547; กรมพัฒนาที่ดิน, 2551; ไชยวัฒน์, 2553) ธาตุอาหารและฮอร์โมนที่ได้จากน้ำหมักชีวภาพมีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เช่น ผักกาดกวางตุ้ง คะน้า ถั่วพุ่ม และมะเขือเทศ เป็นต้น (Kamla, 2007)

การทดลองของ ปิยะรัตน์ และคณะ (2556) พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากพืชและผลไม้ (วัตถุดิบจากพืช ได้แก่ พักทอง มะละกอ กล้วย สับปะรด ผสมอัตราส่วน 1:1:1:1 คลุกเคล้าให้เข้ากันกัน ตอกากน้ำตาลในอัตราส่วน 3:1) หมักนาน 3 เดือน หลังจากนั้นนำมาเจือจางโดยอัตราน้ำหมักชีวภาพ 1 ส่วน ในน้ำสะอาด 1,000 ส่วน ฉีดพ่นต้นพริกที่ปลูกในดินร่วนทุก ๆ 7 วันหลังย้ายกล้า จะส่งผลให้ต้นพริกมีแนวโน้มทำให้เกิดการแตกกิ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพจากปลา

วีณา (2563) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยมูลค่างควบคู่กับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทำให้ผลผลิตผักกาดหอมเพิ่มสูงขึ้น 62.5% และการใช้ปุ๋ยมูลค่างควบคู่กับน้ำหมักปลาทำให้ผลผลิตผักกาดหอมเพิ่มสูงขึ้น 18.8% ในขณะที่ ทัดพล และคณะ (2559) รายงานว่าการปลูกผักกาดหอมกรีนคอสโดยใช้สารละลายมูลค่างควา โดยหมักจากอัตราส่วนมูลสัตว์ 5 กิโลกรัม ต่อน้ำ 100 ลิตร หมักแบบไม่เติมอากาศเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้น้ำหมักไปกรองเพื่อกำจัดตะกอนออก ปรับค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็น 2.0 mS/cm ให้การเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้สารละลายมาตรฐาน AB (ชุดควบคุม) สารละลายมูลไก่ และสารละลายมูลรวม

จารีวัฒน์ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดเบบี้เรตคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ พบว่า น้ำหมักชีวภาพจากนมสดส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณรงควัตถุ (คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด) ในผักสลัดเบบี้เรตคอสสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพสูตรอื่น (น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลา และน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่)

พิชญ์ และคณะ (2564) รายงานว่าการปลูกผักสลัดในดินผสม (ได้แก่ ดิน ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ ชี้เถ้า แกลบ อัตราส่วน 2:1:1:1) ที่ใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน 50 กรัม ผสมแชนแดงสด 50 กรัม ในกระถางขนาด 8 นิ้ว มีการเจริญเติบโตในด้านค่าเฉลี่ยคลอโรฟิลล์ ด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อต้นสูงที่สุด มีการสะสมไนเตรทน้อยที่สุด คือ 0.68 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และยังพบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* น้อยกว่า 100 CFU ต่อกรัม

จากการรายงานข้างต้นทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากพืช มูลค่างควา นมสด และจากแชนแดงสด ที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

ของน้ำหมักชีวภาพสูตรผัก สูตรมูลค่างควา สูตรนมสด สูตรแห่นแดง และไม่ใส่น้ำหมักชีวภาพ (รดด้วยน้ำเปล่า) ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเมล็ดพันธุ์กวางตุ้งดอกในถาดหลุมที่บรรจุพีทมอส หลุมละ 2-3 เมล็ด หลังจากต้นกล้าผักกวางตุ้งดอกมีอายุ 10 วัน ย้ายปลูกลงกระถางขนาด 7 นิ้ว ที่รองก้นกระถางด้วยกาบมะพร้าวสับและบรรจุดินผสมให้เต็มกระถาง (ซึ่งดินผสมมีอัตราส่วนผสมคือ ดินร่วน 1 ส่วน และแกลบดำ 1 ส่วน) โดยปลูก 1 ต้นต่อกระถาง ทั้งหมดจำนวน 75 กระถาง รดน้ำหมักชีวภาพที่ปรับค่าการนำไฟฟ้า $1.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ และ $\text{pH} = 6.0-7.0$ ปริมาณกระถางละ 200 มิลลิลิตร รดน้ำหมักชีวภาพอย่างต่อเนื่องทุก ๆ สัปดาห์ ตามกรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ซึ่งประกอบด้วย 5 กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำ ละ 5 กระถาง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 : ไม่รดน้ำหมักชีวภาพ (รดด้วยน้ำเปล่า, กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 : น้ำหมักชีวภาพสูตรผัก

กรรมวิธีที่ 3 : น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลค่างควา

กรรมวิธีที่ 4 : น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด

กรรมวิธีที่ 5 : น้ำหมักชีวภาพสูตรแห่นแดง

ดูแลต้นพืชโดยการรดน้ำเช้า-เย็น และเมื่อพบแมลงเข้าทำลายฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้

การทำน้ำหมักชีวภาพ

เตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ผัก มูลค่างควา นมสด และแห่นแดง อย่างละ 3 กิโลกรัม ในแต่ละสูตรจะนำวัตถุดิบผสมเข้ากับกากน้ำตาล 1 กิโลกรัม น้ำเปล่า 10 ลิตร และ พด.2 1 ชอง ในถังพลาสติกสีดำที่บขนาด 50 ลิตร แล้วปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 3 เดือน ในระหว่างการหมักจะเปิดฝาเพื่อกวนส่วนผสมและระบายแก๊สที่เกิดจากการหมักทุก ๆ สัปดาห์ ก่อนนำไปใช้น้ำหมักไปกรองเพื่อกำจัดตะกอนออกก่อน

การบันทึกผลการทดลอง

เมื่อต้นกวางตุ้งดอกมีอายุ 45 วัน บันทึกความสูงต้นโดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดใบที่ยาวสุด นับจำนวนใบและชั่งน้ำหนักสด-น้ำหนักแห้งของต้นกวางตุ้งดอก

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธี Duncan 's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

มกราคม-มีนาคม 2562 ณ สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์วิจัย) ตำบล ประชาธิปัตย์ อำเภอ ธัญบุรี จังหวัด ปทุมธานี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบผลของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผัก มูลค่างคว นมสด แหนแดง และไมโส น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก (Table 1) ผลการทดลองพบว่า ผักกวางตุ้งดอกที่รดน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากนมสด ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นผักกวางตุ้งดอกสูงกว่าการรดด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น อาจเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากนมสดส่งผลให้พืชมีปริมาณรงควัตถุสูง (คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด) ส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์แสงที่สูงขึ้นตามไปด้วย (จารีวัฒน์ และคณะ, 2564) โดยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากนมสดให้ความสูงต้นสูงที่สุด คือ 32.70 เซนติเมตร จำนวนใบสูงที่สุด คือ 17.60 ใบ/ต้น น้ำหนักสดสูงที่สุด คือ 32.27 กรัม และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด คือ 2.81 กรัม และผลการทดลองที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอก รองลงมา คือ น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลค่างคว กรรมวิธีควบคุม และน้ำหมักชีวภาพสูตรผักตามลำดับ

สอดคล้องกับงานวิจัยของ จารีวัฒน์ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดเบบี้เรดคอฮอายุ 28 วัน ที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ พบว่า น้ำหมักชีวภาพจากนมสดส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น (9.48 ± 0.29 เซนติเมตร) ความกว้างทรงพุ่ม (17.56 ± 0.43 เซนติเมตร) ด้านจำนวนใบ (30.21 ± 0.53 ใบ/ต้น) น้ำหนักสด (14.89 ± 0.86 กรัม) น้ำหนักแห้ง (0.84 ± 0.45 กรัม) และมีปริมาณรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ (90.04 ± 0.67 SPAD unit) คลอโรฟิลล์บี (35.90 ± 0.85 SPAD unit) คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (35.21 ± 0.34 SPAD unit) และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (125.95 ± 0.46 SPAD unit) ในผักสลัดเบบี้เรดคอฮสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น (น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้ น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลา และน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอร์รี่)

นอกจากนี้ นวรัตน์ และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาผลของการฉีดพ่นน้ำหมักอัตรา 30 ซีซี ละลายในน้ำ 5 ลิตร โดยทดสอบน้ำหมักชีวภาพสูตรฮอร์โมนผลไม้ ฮอร์โมนนมสด ฮอร์โมนไข่ ฮอร์โมนหน่อกล้วย และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตเมล่อน เมื่อเมล่อนอายุ 80 วัน ทำการบันทึกผล พบว่า ในด้านความสูงต้น การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพฮอร์โมนนมสด ส่งผลให้มีความสูงต้นสูงรองจากการใช้ปุ๋ยเคมี มีความสูง คือ 8.14 เมตร และการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพฮอร์โมนนมสดยังส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (14.55 เซนติเมตร) และน้ำหนักผลสดของเมล่อน (1.9 กิโลกรัม) สูงที่สุด และการใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพฮอร์โมนไข่ทำให้ได้ความหวานสูงที่สุด คือ 13.75 บริกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี

Table 1 The Effect of Bio-extracts water on Plant height, Number of leaves/plant, fresh weight, and dry weight of Flowering Bok Choy

Treatment	Plant height (cm)	Number of leaves/plant	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
No bio-extracts (control)	15.97 ^{bc}	8.10 ^c	7.23 ^b	0.58 ^b
Bio-extracts from vegetable	13.65 ^c	8.40 ^c	5.78 ^b	0.55 ^b
Bio-extracts from bat manure	16.65 ^{bc}	9.80 ^{bc}	10.62 ^{ab}	0.98 ^{ab}
Bio-extracts from milk	32.70 ^a	17.60 ^a	32.27 ^a	2.81 ^a
Bio-extracts from azolla	21.65 ^b	12.30 ^b	16.13 ^{ab}	1.55 ^{ab}
C.V. (%)	13.73	11.98	61.15	59.36
F-test	*	*	*	*

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

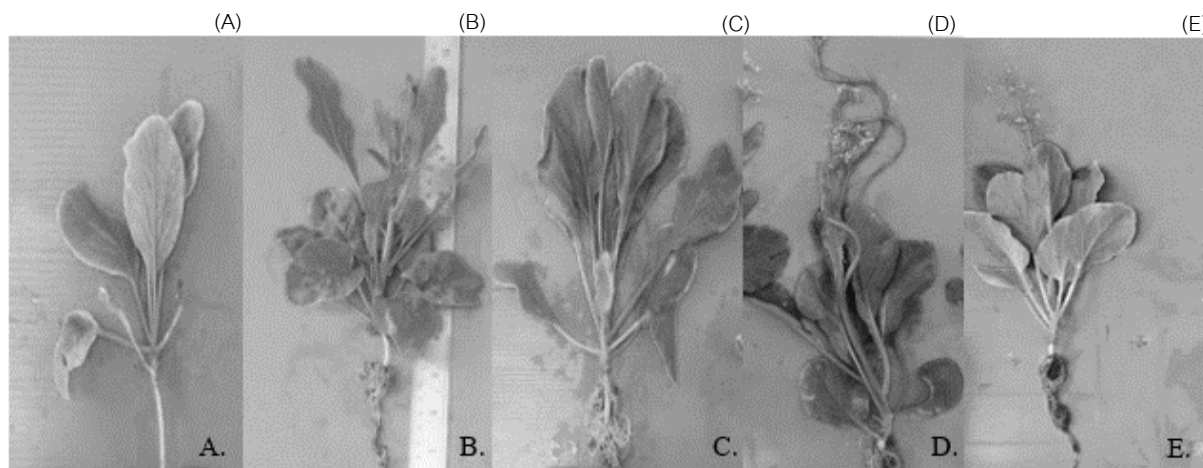


Fig. 1 Flowering Bok Choy at 45 days after planting: (A) No bio-extracts (control); (B) Bio-extracts from vegetable; (C) Bio-extracts from bat manure; (D) Bio-extracts from milk; (E) Bio-extracts from azolla

สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของการรดน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผัก มูลค้างคาว นมสด และແພນແດง ที่ปรับค่าการนำไฟฟ้า 1.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และ $\text{pH} = 6.0-7.0$ ปริมาณประมาณ 200 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับการไม่รดน้ำหมักชีวภาพหรือรดด้วยน้ำเปล่า พบว่าน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดอกในด้านความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ได้ดีกว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น และดีกว่าการไม่ใช้น้ำหมักชีวภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์รังสิต) ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. การจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ. โครงการวิจัยและพัฒนา น้ำหมักชีวภาพ และโครงการเกษตรแบบยั่งยืนเพื่อสิ่งแวดล้อม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- จาริวัฒน์ศิริอินทร์, เขียวธีระวรรณ, นราศักดิ์ บุญมี. 2564. ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักสลัดเบบี้เรดคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์. แก่นเกษตร 49: 304-311. doi: 10.14456/kaj.2021.26.
- ไชยวัฒน์ไชยสุต. 2553. น้ำหมักชีวภาพ. บริษัท ไทยเอฟเฟคท์ สตุดีโอ จำกัด. กรุงเทพฯ.
- ทัตพล พุ่มดารา, อาคม คิตสง่า, นิสาชล เทศศรี. 2559. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกผักกาดหอมกรีนคอสในระบบไฮโดรโปนิกส์. แก่นเกษตร 44: 892-897.
- นวรรตน์ ดีชุมแสง, จรรยา สิงห์คำ, บริษัท ดิษฐกิจ. 2561. ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตเมล่อน. ใน: รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 47. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม. หน้า 1309-1316.

- ปิยะรัตน์ วิจักขณ์สังสิทธิ์, ลักขณา เบ็ญจวรรณ, วุฒิชัย ทองดอนแอ, อุดม แก้วสุวรรณ. 2556. ผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพต่างชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพริก. ใน: รายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. หน้า 2164–2173.
- พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร, ปวีณา สุขสะอาด, อุทาน บุรณศักดิ์ศรี, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2564. ผลของปุ๋ยมูลไส้เดือนดินร่วมกับ แหนแดงต่อการเจริญเติบโต. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 13: 343–356.
- วีณา นิลวงศ์. 2563. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและผลผลิตของ พืชผัก. เกษตร 48: 639–650. doi: 10.14456/kaj.2020.59.
- สมชาย ชคตระการ, อัญชลี จาละ. 2558. การเจริญเติบโตของกวางตุ้งดอกบนวัสดุปลูกที่เติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 4: 236–243. doi: 10.14456/tjst.2015.12.
- Al Ubeed, H.M.S., Wills, R.B.H., Bowyer, M.C., Vuong, Q.V., Golding, J.B. 2017. Interaction of exogenous hydrogen sulphide and ethylene on senescence of green leafy vegetables. Postharvest Biol. Tec. 133: 81–87. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.07.010Ge
- Kamla, N. 2007. Roles of fermented bio-extracts on soil microbial processes and crop growth. Ph.D. thesis, Khon Kaen University. Khon Kaen, Thailand.
- Pan, X.C., Sasanatayart, R. 2016. Effect of plastic films with different oxygen transmission rate on shelf-life of fresh-cut bok choy (*Brassica rapa* var. *chinensis*). Int. Food Res. J. 23: 1865–1871.

สาขาสัตว์
(Subject: Animals)

ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)

Effects of Zinc source supplements on productive performance, carcass quality, meat quality, and pododermatitis of broiler chickens

Nahathai Singhasenee, Chaiyapoom Bunchasak, Choawit Rakangthong, Kanokporn Pongpong*

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrkpp@ku.ac.th

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of zinc source supplements on the productive performance, carcass quality, meat quality, and pododermatitis of broiler chickens. A total of 272 one-day-old male Ross-308 broilers were randomly assigned 2 treatments with 8 replicates of 17 birds each. The two dietary treatments applied consisted of a basal diet supplemented with 80 mg/kg of zinc oxide (T1), or 40 mg/kg of zinc oxide and 40 mg/kg of mix amino acid zinc (T2). Productive performance, including feed intake and body weight were measured. Likewise, the feed conversion ratio was calculated. At 37 d, 3 birds per replicate were processed for blood collection and carcass and meat quality analysis, and 6 birds per replicate were processed for footpad lesion score analysis. The results show that supplementation of zinc sources had no effect on carcass quality and meat quality ($p > 0.05$). However, it was found that supplementing zinc oxide and mix amino acid zinc tended to improve productive performance in grower and finisher phases when being compared with zinc oxide. Supplementing zinc oxide plus mix amino acid zinc significantly increased the percentage of footpad and hock burn lesion in score 0 and 1, but score 2 was decreased when compared with zinc oxide ($p < 0.05$). The present findings suggest that organic zinc is an adequate alternative for improving productive performance and animal health. It could be used to replace inorganic zinc in broiler diets, without any adverse effect on carcass quality and meat quality.

Keywords: Broiler chickens, Carcass quality, Meat quality, Organic zinc, Pododermatitis, Productive performance

Introduction

Mineral supplementation is essential for poultry production. Minerals participate in the biochemical process necessary for normal growth and to avoid several health disorders causing by deficiency in diets (Favero et al., 2013; Hajilari et al., 2019). Moreover, organic trace minerals are considered better than inorganic to apply in animal feed formulations because of higher bioavailability, easy absorption and storage within body tissue. (Stefanello et al., 2014).

Zinc is an essential trace element for broiler chickens. It serves as a cofactor in many enzymes involved in protein synthesis and energy metabolism (Tabatabaie et al., 2007; Hidayat et al., 2019). In addition, zinc plays important roles in the integumentary system including nucleic acid, keratin, collagen synthesis, and production and maintenance of the epithelial cell (Yogesh et al., 2013). Zinc is available in several forms as organic zinc (e.g., zinc-proteinates, zinc-amino acid chelates, zinc-polysaccharide, and zinc-organic acid) and inorganic zinc (e.g., zinc oxide, zinc sulfates, zinc chloride). Zinc is absorbed from dietary sources supplements in the proximal small intestine, either the distal duodenum or proximal jejunum and released in the blood stream via transporters. Delivery of inorganic zinc as free form (Zn^{2+}) is taken up into enterocytes via zinc transporters. Amino acid zinc (ZnAAs) is not structurally different from the amino acid, thus ZnAAs is taken up via amino acid transporters. The advantage of ZnAAs is the capacity to utilize less saturable pathways for uptake, and ZnAAs compounds are resistant to antagonistic factors in the diet (e.g., phytates) (Sauer et al., 2017). Furthermore, excessive supplementation of inorganic zinc can cause environmental pollution, therefore using higher bioavailability may be an alternative in order to reduce the excretion of zinc (Bao et al., 2010; Zakaria et al., 2017).

The objective of this study was to evaluate the influence of zinc source supplements in broiler diets on productive performance, carcass quality, meat quality and pododermatitis.

Materials and Methods

Animal management and dietary treatment

Two hundred and seventy-two male broilers (Ross-308) were randomly divided into 2 treatment groups and each group consisted of 8 replicates and further, there were 17 birds in each pen, including 1) basal diet supplemented with zinc oxide 80 mg/kg. 2) basal diet supplemented with zinc oxide 40 mg/kg plus mix amino acid zinc 40 mg/kg. The broiler was allowed *ad libitum* access to feed and water. Birds were reared in the cage (1.2×1 m, length×width) in a temperature-controlled house (evaporation cooling system) with continuous lighting. The experiment was designed under stress conditions: high stocking density (36.72 kg/m²) and dirty litter.

Table 1 Feed formulation of experimental diets

Ingredients (kg)	Starter	Grower	Finisher
Corn	50.42	53.38	58.40
SBM 48%	40.34	36.84	31.64
Rice bran oil	4.34	5.33	5.91
MCP – 22	1.64	1.47	1.26
Limestone	1.35	1.22	1.13
Salt	0.56	0.46	0.28
Sodium bicarbonate	-	0.15	0.30
DL – Methionine	0.40	0.34	0.30
L – Lysine	0.25	0.17	0.16
L – Valine	0.20	0.18	0.18
L – Threonine	0.11	0.07	0.05
Antioxidant & Toxin binder	0.16	0.16	0.16
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05
Vitamin Premix	0.08	0.08	0.08
Mineral Premix	0.10	0.10	0.10
Nutrients by calculation (Digest basis)			
Metabolizable Energy, Kcal/Kg	3,000.00	3,100.00	3,200.00
Crude protein, %	23.00	21.50	19.50
Fiber, %	3.60	3.50	3.36
Fat, %	6.89	7.91	8.55
Methionine, %	0.74	0.67	0.61
Methionine + Cystine, %	1.08	0.99	0.90
Lysine, %	1.44	1.29	1.15
Threonine, %	0.97	0.88	0.78
Valine, %	1.10	1.00	0.89
Calcium, %	0.96	0.87	0.78
Total P, %	0.74	0.69	0.62
Available P, %	0.48	0.44	0.39
Na, %	0.23	0.23	0.20
DEB, mEq/kg	255.21	256.13	249.38

Productive performance

The experimental period was divided into 3 phases, including starter (1–10 days), grower (11–24 days), and finisher (25–37 days). The birds were weighed individually and feed intake was recorded at the end of each phase to calculate final body weight (BW), body weight gain (BWG), average daily gain (ADG), feed intake (FI) and feed conversion ratio (FCR).

Blood collection

At the end of the experiment (37 days), three birds per replicate showing closest to the maximum, average and minimum body weight in the pen, thus twenty-four birds from each treatment, were randomly selected and blood samples (2–3 mL) were collected from the wing vein into EDTA vacuum tubes and stored at 4°C until analysis. White cell blood counts including heterophil and lymphocyte were measured by the complete blood count (CBC) test. The H/L ratio has been widely accepted in several avian research as a physiological indicator of stress responses (Maxwell and Robertson, 1998), that was examined by dividing the number of heterophil by the number of lymphocyte.

Carcass and meat quality

At 38 days, birds were fasted for 6 hr, three birds per replicate showing closest to the maximum, average and minimum body weight in the pen, thus twenty-four birds from each treatment were randomly selected. Birds were weighed (fasted live BW), carbon dioxide inhalation stunned and then manually dissected. The giblets, breast meats, thighs, drumsticks, wings, feet, abdominal fat, skeleton frame and skin were weighed. Carcass yield was calculated as a percentage of the live weight further to fasting. Birds were sacrificed for the measurement of meat traits, including pH (0 min, 45 min and 24 hr postmortem), color, drip loss (within 1 hr and 24 hr postmortem), cooking loss, and texture profile analysis (TPA).

Footpad lesion scoring

An external assessment of footpad lesion score was carried at 38 days, six birds per replicate, and thus forty-eight birds from each treatment were randomly selected. The feet and hocks were gently washed with a wet cloth and dried before footpad lesion scoring including pododermatitis and hock burn. Footpad lesions were recorded on a 3-point scale (0 = normal, 1 = mild and 2 = severe) as described by Zinpro Animal Nutrition (Thailand), Inc guidelines.

Statistical analysis

All data was statistically analyzed using comparisons between groups (t-test) and chi-square test. The results were expressed as mean and standard error of mean. Significant differences between groups were considered at $p < 0.05$ by SAS program (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA).

Results and Discussion

The results showed that zinc oxide and mix amino acid zinc supplements had tended to decrease feed intake and feed conversion ratio in grower phase, and tended to increase body weight in finisher phase when compared with zinc oxide, as shown in Table 2. Organic zinc had more bioavailability, absorption and storage of zinc within body tissue than inorganic zinc, which was the reason that combination of inorganic zinc and organic zinc supplements had tended to improve productive performance better than only inorganic zinc supplements. Moreover, supplementation with both sources of zinc could help maintain productive performance according to the standard of Ross 308 chicks, although this occurred under high stocking conditions and dirty litter.

The percentage of white blood cell count and H/L ratio was not affected by the different zinc sources, as shown in Table 3. The results of our present study were in agreement with the meta-analysis study of Hidayat et al. (2019). They reported that the various zinc forms (organic and inorganic) had a similar effect on the H/L ratio, and the average of H/L ratio was 0.60 under normal stocking condition. Moreover, zinc as a cofactor of superoxide dismutase (SOD) which as antioxidant enzyme helps protect the body from oxidative stress. This suggests that both sources of zinc had tended to reduce stress nearby normal levels under high stocking conditions and dirty litter.

Combination of zinc oxide and mix amino acid zinc supplements was not significant difference in the percentage of carcass, pH, color, drip loss, cooking loss and texture profile parameters when compared with zinc oxide, as shown in Tables 4 and 5. Levels of cellular zinc associated with myogenesis, including activated MTF1, Glycemic controlling and Insulin-signaling pathway in skeleton muscle (Huang et al., 2012; Myers et al., 2013; Paskavitz et al., 2018). The uptake of ZnAAs might be slower, but absorption reached a similar quantity compared to zinc free form (Zn^{2+}) over time (Sauer et al., 2017). The both sources of zinc could help maintain myogenesis and regenerative functions were the same. This suggests that the various carcass and meat quality traits analysis in this study were not affected by the different zinc sources.

Table 2 Effects of the zinc sources supplementation on productive performance

Parameter	Zinc oxide	Zinc oxide + mix amino acid zinc	<i>p</i> -value	SEM
Initial body weight (g)	45.54 ± 0.14	45.57 ± 0.07	0.5017	0.0562
Starter (1–10 days)				
Body weight (g)	328.50 ± 54.73	324.92 ± 54.22	0.2580	26.6311
Body weight gain (g)	281.66 ± 7.82	278.55 ± 8.70	0.4648	8.1502
Average daily gain (g/day)	28.17 ± 0.78	27.86 ± 0.87	0.4637	0.8150
Feed intake (g/bird)	279.11 ± 8.17	273.89 ± 9.02	0.2451	8.7410
Feed conversion ratio	0.99 ± 0.02	0.98 ± 0.02	0.4868	0.0163
Grower (11–24 days)				
Body weight (g)	1576.55 ± 329.53	1550.07 ± 267.25	0.1211	127.8968

Body weight gain (g)	1231.14 ± 26.20	1222.02 ± 29.83	0.5264	27.5304
Average daily gain (g/day)	87.94 ± 1.87	87.29 ± 2.13	0.5250	1.9665
Feed intake (g/bird)	1398.47 ± 18.72	1370.74 ± 35.42	0.0705	30.8886
Feed conversion ratio	1.14 ± 0.02	1.12 ± 0.01	0.0604	0.0146
Finisher (25-37 days)				
Body weight (g)	2695.74 ± 472.58	2784.31 ± 657.07	0.0795	363.7249
Body weight gain (g)	1124.27 ± 206.41	1199.32 ± 258.31	0.5313	229.1772
Average daily gain (g/day)	86.48 ± 15.88	92.26 ± 19.87	0.5313	17.6290
Feed intake (g/bird)	2060.50 ± 173.16	2012.40 ± 148.91	0.5609	157.9802
Feed conversion ratio	1.87 ± 0.25	1.74 ± 0.35	0.4064	0.3020
Overall (1-37 days)				
Body weight (g)	2695.74 ± 472.58	2784.31 ± 657.07	0.0795	363.72
Body weight gain (g)	2637.07 ± 212.17	2699.88 ± 251.96	0.5981	227.3448
Average daily gain (g)	71.27 ± 5.73	72.97 ± 6.81	0.5978	6.1445
Feed intake (g)	3738.08 ± 187.72	3657.03 ± 151.90	0.3585	170.1861
Feed conversion ratio	1.42 ± 0.07	1.36 ± 0.08	0.1351	0.0794

Table 3 Effects of zinc sources supplementation on stress response

Parameter	Zinc oxide	Zinc oxide + mix amino acid zinc	p-value	SEM
WBC (μL)	7295.83 ± 2824.81	7841.67 ± 5700.72	0.6769	4459.1840
Heterophil (%)	29.04 ± 20.10	31.59 ± 19.57	0.6555	19.0560
Lymphocyte (%)	64.00 ± 19.36	64.32 ± 24.62	0.9537	18.2464
H/L ratio	0.66 ± 0.75	0.64 ± 0.59	0.9031	0.6696

Table 4 Effects of zinc sources supplementation on carcass yield

Parameter	Zinc oxide	Zinc oxide + mix amino acid zinc	p-value	SEM
Carcass weight (g)	2642.54 ± 276.22	2761.67 ± 291.12	0.4152	141.9
Dressing yield (%)	93.26 ± 0.67	93.63 ± 0.46	0.2211	0.2879
Eviscerated carcass (%)	82.87 ± 1.39	82.62 ± 2.06	0.7799	0.8775
Giblets (%)	10.39 ± 1.17	11.01 ± 1.83	0.4337	0.7677
Breast (%)	23.77 ± 1.13	23.31 ± 0.93	0.3950	0.5185
Thigh (%)	12.81 ± 0.70	13.36 ± 0.91	0.1908	0.4074
Drumstick (%)	9.78 ± 0.32	9.79 ± 0.55	0.9434	0.2249
Wing (%)	7.69 ± 0.34	7.52 ± 0.29	0.3138	0.1591
Feet (%)	3.88 ± 0.32	3.80 ± 0.30	0.6082	0.1549
Heart (%)	0.57 ± 0.11	0.51 ± 0.05	0.2437	0.0442

Liver (%)	2.26 ± 0.20	2.20 ± 0.29	0.6194	0.1230
Abdominal fat (%)	1.50 ± 0.28	1.56 ± 0.24	0.6475	0.1311
Skeleton frame and skin (%)	23.86 ± 1.34	23.91 ± 1.15	0.9390	0.6259

Table 5 Effects of zinc sources supplementation on meat quality

Parameter	Zinc oxide	Zinc oxide + mix amino acid zinc	<i>p</i> -value	SEM
pH				
0 min	6.65 ± 0.13	6.73 ± 0.06	0.1877	0.0532
45 min	6.31 ± 0.10	6.27 ± 0.15	0.5480	0.0629
24 hour	5.91 ± 0.17	5.81 ± 0.12	0.1695	0.0734
Color				
L	50.35 ± 2.16	51.79 ± 1.42	0.1362	0.9125
a	3.21 ± 0.48	3.09 ± 0.64	0.2828	0.6841
b	9.58 ± 0.90	9.52 ± 1.12	0.9112	0.5065
Texture parameter				
Hardness (N)	15.54 ± 1.81	15.77 ± 2.56	0.8409	1.1065
Adhesiveness (g.sec)	-7.80 ± 1.38	-11.78 ± 5.53	0.0678	2.0136
Springness (ratio)	0.83 ± 0.02	0.83 ± 0.01	0.7884	0.0091
Cohesiveness (ratio)	0.72 ± 0.02	0.73 ± 0.01	0.1883	0.0090
Gumminess (N)	10.98 ± 1.41	11.38 ± 1.83	0.6289	0.8172
Chewiness (N*mm)	9.02 ± 1.20	9.41 ± 1.49	0.5792	0.6781
Resilience	0.37 ± 0.02	0.37 ± 0.02	0.6554	0.0082
Drip loss (%)	2.43 ± 0.75	2.54 ± 0.65	0.7601	0.3492
Cooking loss (%)	16.20 ± 3.00	18.32 ± 1.65	0.1027	1.2100

The severity of pododermatitis and hock burn investigated in this study was influenced by different sources of zinc, as shown in Fig 1. The results showed that supplementation of zinc oxide + mix amino acid zinc significantly increased percentage of footpad and hock burn lesion in score 0 and 1, and score 2 was decreased when compared with zinc oxide ($p < 0.05$). These results are as expected because of the previous report which indicates a zinc associated improvement in wound healing (Yogesh et al., 2013). Zinc as a cofactor of matrix metalloproteinases (MMPs), including collagenases, gelatinases, stromelysins and metrilysins. MMPs play an important role in many physiological processes, such as ECM degradation and remodeling, angiogenesis, inflammatory and wound healing (Laronha and Caldeira, 2020). ZnAAs lies in their ability to utilize less saturable pathways for uptake (Sauer et al., 2017), cause the levels of cellular zinc could maintain an

adequate supply for the inflammatory and long-term regeneration process. In conclusion, combination of inorganic zinc and organic zinc supplements could reduce the severity of pododermatitis and hock burn better than only inorganic zinc supplements.

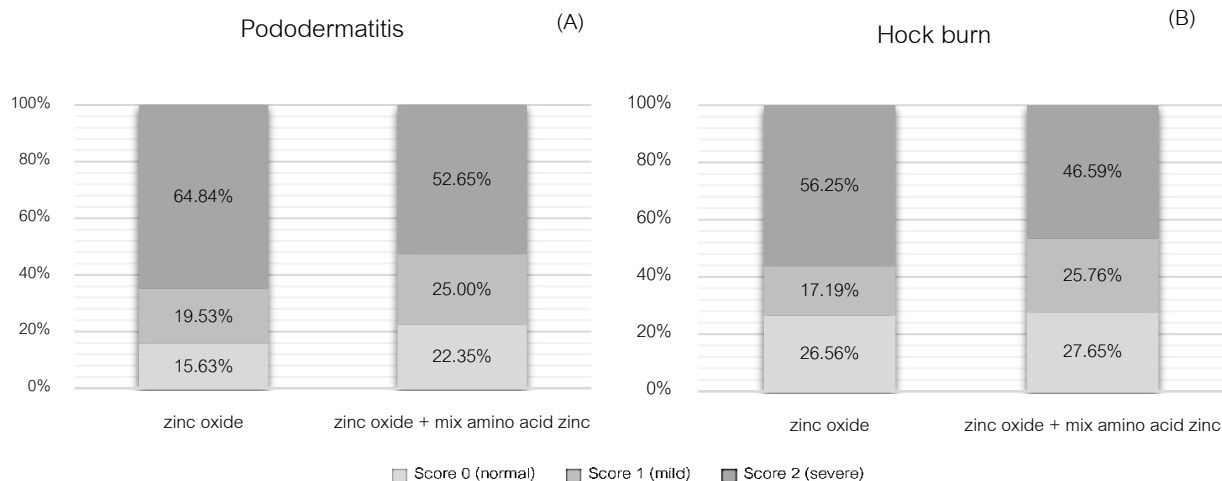


Fig. 1 Effects of zinc sources supplementation on footpad lesion score: (A) pododermatitis lesion scoring; (B) hock burn lesion scoring. Footpad lesions were recorded on a 3-point scale (0 = normal, 1 = mild, and 2 = severe)

Combination of inorganic zinc and organic zinc supplements were noticeably effective for the improvement of footpad lesion score, helping to reduce the prevalence and severity of pododermatitis in broilers. Moreover, both zinc sources helped to maintain productive performance according to the standard of Ross-308 chicks, without any adverse effect on carcass quality and meat quality. In conclusion, these results confirmed that organic zinc is an adequate alternative to growth and health promoter instead of inorganic zinc in broiler diets.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledged Zinpro Animal Nutrition (Thailand), Inc. for this research sponsor, and Suwanwajokasikit poultry farm and Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Thailand for providing facilities used in this research.

References

- Bao, Y.M., Choct, M., Iji, P.A., Bruerton, K. 2010. Trace mineral interactions in broiler chicken diets. *Br. Poult. Sci.* 51: 109–117.

- Favero, A., Vieira, S.L., Angel, C.R., Bess, F., Cemin, H.S., Ward, T.L. 2013. Reproductive performance of cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino acid-complexed sources. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 80–91.
- Hajilari, D., Shargh, M.S., Ashayerizadeh, O. 2019. Effects of dietary organic and inorganic zinc and copper supplements on performance, footpad dermatitis, carcass characteristics, and blood profile of broiler chickens. *Poult. Sci. J.* 7: 15–23.
- Hidayat, C., Sumiati, Jayanegara, A., Wina, E. 2019. Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers: A meta-analysis. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 465–479.
- Huang, L., Kirschke, C.P., Lay, Y.A., Levy, L.B., Lamirande, D.E., Zhang, P.H. 2012. *Zinct7*-null mice are more susceptible to diet-induced glucose intolerance and insulin resistance. *J. Biol. Chem.* 287: 33883–33896.
- Laronha, H., Caldeira, J. 2020. Structure and function of human matrix metalloproteinases. *MDPI.* 9: 1076.
- Maxwell, M.H., Robertson, G.W. 1998. The avian heterophil leucocyte. *World's Poult. Sci. J.* 54: 155–178.
- Myers, S.A., Nield, A., Chew, G.S., Myers, M.A. 2013. The zinc transporter, *slc39a7* (*zip7*) is implicated in glycaemic control in skeletal muscle cells. *PLoS One* 8: e79316.
- Paskavitz, A.L., Quintana, J., Cangussu, D., Tavera-Montanez, C., Xiao, Y., Ortiz Miranda, S., Padilla-Benavides, T. 2018. Differential expression of zinc transporters accompanies the differentiation of C2C12 myoblasts. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 49: 27–34.
- Sauer, A.K., Pfaender, S., Hagmeyer, S., Tarana, L., Mattes, A.K., Briel, F., Kury, S., Boeckers, T.M., Grabrucker, A.M. 2017. Characterization of zinc amino acid complexes for zinc delivery *in vitro* using CaCo-2 cells and enterocytes from hipsc. *Biometals.* 30: 643–661.
- Stefanello, C., Santos, T.C., Murakami, A.E., Martins, E.N., Carneiro, T.C. 2014. Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poult. Sci.* 93: 104–113.
- Tabatabaie, M.M., Aliarabi, H., Saki, A.A., Ahmadi, A., Hosseini Siyar, S.A. 2007. Effect of different source and levels of zinc on egg quality hen performance. *Pak. J. Bio. Sci.* 10: 3476–3478.
- Yogesh, K., Deo, C., Shrivastava, H.P., Mandal, A.B., Wadhwa, A., Singh, I. 2013. Growth performance, carcass yield, and immune competence of broiler chickens as influenced by dietary supplemental zinc sources and levels. *Agric. Res.* 2: 270–274.
- Zakaria, H.A., Jalal, M., Al-Titi, H.H., Souad, A. 2017. Effect of sources and levels of dietary zinc on the performance, carcass traits and blood parameters of broilers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 19: 519–526.

ผลของการใช้ผีเสื้อไหม (*Bombyx mori*) เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกกระทาไข่ (*Coturnix japonica*)

Effect of using silk moths (*Bombyx mori*) as protein source replacement fish meal on productive performance and egg quality of laying quails (*Coturnix japonica*)

ธนกฤต กาลวิบูลย์^{a,*}, นนทศักดิ์ เปี่ยมผล^b, พิทักษ์พล พรเอนก^a, ชำนาญวิทย์ พรหมโคตร^a

Thanakrit Kanwiboon^{a,*}, Nonthasak Paimphon^b, Pitukpol Pornanek^a, Chamnanwit Promkot^a

^aสาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร สกลนคร 47160

^bคณะเกษตรศาสตร์บางพระ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

*Corresponding author. E-mail address: thanakrit_kan@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผีเสื้อไหม (*Bombyx mori*) ทดแทนปลาป่นในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่ในนกกกระทาไข่ (*Coturnix japonica*) ที่อายุ 130 วัน จำนวน 200 ตัว มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว นกกกระทาแต่ละกลุ่มจะได้รับผีเสื้อไหมป่น:ปลาป่นในสูตรอาหาร 5 ระดับ คือ T1: 0% ต่อ 12% (กลุ่มควบคุม) T2: 4% ต่อ 8% T3: 6% ต่อ 6% T4: 8% ต่อ 4% T5: 12% ต่อ 0% ตามลำดับ โดยดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 56 วัน พร้อมกับสุ่มตัวอย่างไข่ทุกสัปดาห์เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า การใช้ผีเสื้อไหมทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารนกกกระทาไข่มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ คือ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ มวลไข่ น้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และ Haugh unit เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้ผีเสื้อไหมทดแทนปลาป่นในอาหารนกกกระทาได้ 100% ทำให้สมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: คุณภาพไข่, นกกกระทาไข่, ปลาป่น, ผีเสื้อไหม, สมรรถนะการผลิต

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of using silk moths (*Bombyx mori*) as a substitute for fish meal on performance and egg quality in 200 Japanese quail (*Coturnix japonica*) during 130 days old, the experiment was Completely Randomized Design. The experiments were divided into 5 groups of 4 replications, 10 each. The proportion of substitute fishmeal: silk moths with 5 levels as: T1: 0% per 12% (Control) T2: 4% per 8%, T3: 6% per 6%, T4: 8% per 4%, T5: 0% per 12% The experiment was conducted for 56 days, with eggs sampled weekly for analysis. The results showed that using of silk moths as a substitute for fish meal in quail egg diets had an effect on productivity and egg quality, namely egg yield, egg weight, feed conversion rate, egg mass, egg weight, egg white weight. Egg yolk weight and Haugh unit increased more than the control group, $p < 0.05$. From the experiment, it was concluded that silk moths could be substituted for fish meal in quail diet by 100%. and egg quality increased.

Keywords: Egg quality, Fish meal, Performance, Quail, Silk moths

คำนำ

ปัจจุบันการผลิตอาหารสัตว์สำหรับใช้เลี้ยงนกกะทายังคงนิยมใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลัก เนื่องจากมีระดับโปรตีนสูง ย่อยง่าย รวมทั้งปลาป่นมีกรดอะมิโนจำเป็นสมดุลกับความต้องการของนกกะทา โดยเฉพาะกรดอะมิโน เมทไทโอนีน ไลซีน และมีแคลเซียม ฟอสฟอรัสสูง (พันนิพา, 2547) อย่างไรก็ตาม ราคาปลาป่นมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความต้องการที่สูงขึ้นและผลผลิตปลาป่นที่ลดลง ทำให้มีความพยายามลดการใช้ปลาป่นในสูตรอาหารสัตว์ปีก นอกจากนี้ก็มีกระแสแรงจูงใจลดการใช้ปลาป่นทั่วโลกเนื่องจากถูกมองว่าเป็นการทำลายทรัพยากรสัตว์น้ำ สถานการณ์การผลิตปลาป่นของไทยมีแนวโน้มลดลง ปี 2561 ผลิตร้อยละ 9.62 จากปี 2560 สวนทางกับราคาที่สูงขึ้นร้อยละ 10.18 (จิตรลดา, 2561) มีผลกระทบต่อต้นทุนการเลี้ยงนกกะทาไข่ การใช้โปรตีนทางเลือกจากแมลงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ หลายประเทศทั่วโลกมีความสนใจใช้แมลงเป็นอาหารแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่นและกากถั่วเหลือง เช่น หนอนแมลงวันลาย (*Hermetia illucens*) จิ้งหรีด (*Grylloidea* sp.) ตั๊กแตน (*Caelifera* sp.) หนอนผีเสื้อกลางคืน (*Erebus macrops*) หนอนนก (*Tenebrio molitor*) ดักแด้ไหม (*Bombyx mori*) เป็นต้น (นันทกานต์, 2557) จากรายงานของ Rumpold and Schlüter (2013) และ Al-Qazzaz et al. (2016) พบว่า ตั๊กแตน (*Melanoplus mexicanus*) และจิ้งหรีดบ้าน (*Acheta domesticus*) มีโปรตีนรวมสูงถึงร้อยละ 77 และ 64.38–70.75 ตามลำดับ

ประเทศไทยมีการผลิตผ้าไหมใช้ในประเทศและส่งออกขายต่างประเทศในปี 2564 เป็นจำนวน 224.56 ตัน มูลค่า 184.44 ล้านบาท (มติชนออนไลน์, 2564) ผลพลอยได้จากการผลิตเส้นไหมคือดักแด้และผีเสื้อไหม ผีเสื้อไหมได้จากการผลิตไหม ผีเสื้อไหมส่วนใหญ่จะถูกนำไปเผาทำลาย การนำผีเสื้อไหมมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทดแทนปลาป่นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการจัดหาแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารให้เกษตรกรผู้เลี้ยงนกกะทาหรือสัตว์เศรษฐกิจอื่น ๆ ได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผีเสื้อไหมทดแทนปลาป่นในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่ในนกกะทาไข่

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้ผีเสื้อไหมที่รวบรวมได้จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ ในประเทศไทย เป็นตัวผีเสื้อไหมที่ผ่านการออกไข่แล้ว นำมาอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดให้ได้เป็นผีเสื้อไหมผง แล้วนำมาผสมในอาหารทดลอง โดยใช้นกกะทาญี่ปุ่นไข่ (*Coturnix japonica*) จำนวน 200 ตัว ในช่วงอายุ 130 วัน นกกะทาถูกแยกเลี้ยงในกรง กรงละ 10 ตัว (ขนาดกรง 30×45×15 เซนติเมตร) ให้แสงวันละ 14 ชั่วโมงเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) แบ่งนกกะทาออกเป็น 5 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ได้รับอาหารที่มีผีเสื้อไหมในสูตรอาหารในระดับที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 1 ปริมาณโภชนะในอาหารคำนวณตามความต้องการโภชนาการของนกกะทาญี่ปุ่นไข่ (NRC, 1994) นกกะทาทุกกลุ่มได้รับอาหารแบบเต็มที่ (ad libitum) ตลอดการทดลองและมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย น้ำหนักนกกะทาตอนทดลอง (Initial live weight, g) และหลังทดลอง (Final live weight, g) สมรรถภาพการให้ผลผลิต ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน (Feed consumption, g/bird/d) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio) ผลผลิตไข่ (Egg production, %) มวลไข่ (Egg mass, g) บันทึกข้อมูลคุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่ (Egg weight, g) น้ำหนักไข่ขาว (Egg white weight, g) น้ำหนักไข่แดง (Yolk weight, g) ความสูงของไข่ขาวเพื่อนำมาคำนวณค่า Haugh Unit สีไข่แดง (Yolk color) โดยใช้พัดสีโรซ น้ำหนักเปลือกไข่ (Eggshell weight, g) และความหนาเปลือกไข่ (Eggshell thickness, mm) โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่ซ้ำละ 4 ฟองทุกสัปดาห์ นำมาวิเคราะห์หาคุณภาพไข่เพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ การดำเนินการทดลองทั้งหมดได้ดำเนินการที่ ฟาร์มสัตว์ปีก สาขาวิชา

สัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ซึ่งงานทดลองนี้มีผู้ร่วมวิจัยที่ผ่านการฝึกอบรมการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์หมายเลข U1-07301-2560

ข้อมูลที่น่ามาเป็นข้อมูลเป็นข้อมูลแบบ Parametric โดยการทดลอง Normality test วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan New's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองต่อทรีทเมนต์ด้วยวิธี Orthogonal polynomial contrasts ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กำหนดค่าการยอมรับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรม SAS V.9.0 (SAS, 2002)

Table 1 Ingredients and chemical compositions of treatment diets

Ingredients (%)	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Fish meal	12	8	6	4	0
Silk moths	0	4	6	8	12
Cornmeal	31	32	32	34	33
Rice bran	30	30	30	30	30
Soybean meal	15	16	17	17	18
Shell flour	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Palm oil	5	3	2	0	0
DCP (18%P)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Premix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
NaCl	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Nutrients					
Dry matter (%)	91.4	91.0	91.2	91.2	91.0
Gross energy (kcal/kg) (%Dry matter)	2942	2943	2942	2941	2941
Crude protein (%) (%Dry matter)	20.6	20.7	20.6	20.7	20.6
Crude fat (%) (%Dry matter)	4.70	4.39	4.23	4.38	4.48
Crude fiber (%) (%Dry matter)	6.53	6.66	6.90	6.92	6.69

Remark: T1: 0% diet without silk moths (control) T2: diet containing 4% silk moths 8% fish meal, T3: diet containing 6% silk moths 6% fish meal, T4: diet containing 8% silk moths 4% fish meal, T5: diet containing 12% silk moths 0% fish meal, DCP = Dicalcium phosphate, Premix = Vitamin A 2,000,000 IU Vitamin D₃ 320,000 IU Vitamin E 2,000 mg. Vitamin K₃ 330 mg. Vitamin B₁ 220 mg. Vitamin B₂ 450 mg. Vitamin B₁₂ 4.5 mg. Nicotinic acid 600 mg. Copper 100 mg. Iron 10,000 mg. Iodine 150 mg. Manganese 800 mg. Zinc 8,800 mg. Cobalt 130 mg. Calcium 52,800 mg

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้ฝั่เลื้อใหม่ต่อสมรรถภาพการผลิตของนกกะทา

ผลการใช้ฝั่เลื้อใหม่ทดแทนปลาป่นในระดับต่าง ๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตแสดงใน Table 2 พบว่า นกกะทาไข่ที่ได้รับฝั่เลื้อใหม่ในอาหารแต่ละสูตรมีผลทำให้ ปริมาณการกินอาหาร ผลผลิตไข่และมวลไข่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (Linear) ตามระดับของการทดแทนปลาป่นด้วยฝั่เลื้อใหม่ ตลอดจนการทดลอง 8 สัปดาห์ การทดลองครั้งนี้ยังพบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งหมายความว่า ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการนำโภชนาณาเปลี่ยนเป็นผลผลิตไข่ของอาหารแต่ละสูตรไม่ต่างกัน แต่อาหารที่มีฝั่เลื้อใหม่ในสูตรอาหารกระตุ้นการกินอาหารได้ของนกกะทา ซึ่งอาจจะมาจากระดับไขมันที่มากกว่าในสูตรที่มีการเสริมฝั่เลื้อใหม่ นกกะทาไข่กินอาหารได้มากขึ้นจึงให้ผลผลิตสูงขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Kridie Al-Salhie et al. (2021) ใช้แมลงสาบอเมริกันปนทดแทนโปรตีนเข้มข้นในสูตรอาหารนกกะทาไข่ และ Mat et al. (2021) ใช้หนอนแมลงวันลายปนเสริมในอาหารนกกะทาไข่ น้ำหนักเฉลี่ยหลังทดลองพบว่า T3 มีน้ำหนักตัวสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Zotte et al. (2019) การใช้ฝั่เลื้อใหม่ปนทดแทนปลาป่นในอาหารนกกะทาไข่มีผลทำให้สมรรถนะการให้ผลผลิตของนกกะทาไข่สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) ปริมาณการกินอาหารได้ คุณค่าทางโภชนาณา และการย่อยได้ของอาหาร มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่และผลผลิตไข่ นกกะทาไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่มีฝั่เลื้อใหม่สามารถกินอาหารได้มากกว่ากลุ่มควบคุมจึงทำให้สมรรถนะการให้ผลผลิตสูงกว่า แต่สาเหตุที่เกิดขึ้นควรได้รับการศึกษาต่อไปเพื่อยืนยันสมมติฐานดังกล่าว ต้นทุนการผลิตจากปริมาณอาหารที่กินเป็นน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ต้นทุนฝั่เลื้อใหม่คำนวณจากค่าใช้จ่ายในการรวบรวม กระบวนการทำให้แห้งและบดเป็นฝั่เลื้อปน กลุ่มที่ได้รับฝั่เลื้อใหม่เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลของการใช้ฝั่เลื้อใหม่ต่อคุณภาพไข่ของนกกะทา

ผลการใช้ฝั่เลื้อใหม่ทดแทนปลาป่นต่อคุณภาพของไข่ของนกกะทาแสดงใน Table 3 พบว่า นกกะทาไข่ที่ได้รับฝั่เลื้อใหม่ในสูตรอาหารแต่ละระดับทำให้ น้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง และค่า Haugh unit เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงยกกำลังสาม (Cubic) ($p < 0.05$) โดยพบว่า มีค่าสูงสุดที่ T3 พร้อมกับมีค่าแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อเทียบร้อยละน้ำหนักไข่ขาว พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละทรีตเมนต์ ($p > 0.05$) ซึ่งให้เห็นว่า น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้น น้ำหนักไข่ขาวเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่เท่ากัน โดยปกติสัดส่วนไข่ขาวมีค่าที่ร้อยละ 59.5 (กานดา, 2557) สอดคล้องกับการทดลองของ Permatahatia et al. (2019) เมื่อเทียบร้อยละไข่แดงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงตามระดับที่ทดแทนปลาป่นด้วยฝั่เลื้อใหม่ นกกะทาที่ได้รับอาหารที่มีฝั่เลื้อใหม่จะมีร้อยละน้ำหนักไข่แดงสูงกว่านกกะทาในกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และพบว่าส่วนของน้ำหนักเปลือกไข่ของนกกะทาไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่พบว่าร้อยละเปลือกไข่มีค่าลดลง ($p < 0.05$) ในนกกะทาในกลุ่มที่ได้รับฝั่เลื้อใหม่ในอาหาร ส่วนความหนาของเปลือกไข่จะพบว่า T1 มีค่ามากกว่า T4 ($p < 0.05$) เปลือกไข่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 94-97 (กานดา, 2557) ความหนาของเปลือกไข่ขึ้นอยู่กับ พันธุกรรม โภชนาณาในอาหาร อายุสัตว์ สุขภาพของสัตว์ และ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม การทดลองคำนวณสูตรอาหารโดยใช้แคลเซียมปริมาณเท่ากัน น้ำหนักของเปลือกไข่จึงไม่ได้รับอิทธิพลจากอาหารที่กิน แต่ร้อยละเปลือกไข่และความหนาของเปลือกไข่ลดลงเกิดจากฟองไข่ที่ใหญ่ขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Mat et al. (2021) ค่า Haugh unit ที่คำนวณจากค่าความสูงไข่ขาวกับน้ำหนักไข่ ซึ่งสามารถบอกถึงความสดใหม่ของไข่ ไข่คุณภาพดีจะมีค่า Haugh unit 72-100 (Keener et al., 2006) ไข่ที่เก็บไว้นานความสูงของไข่ขาวจะลดลง

การทดลองนี้พบว่านกกระทาที่ได้รับตัวผีเสื้อไหม T2 มีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$) ในส่วนค่าคะแนนสีไข่แดงของนกกระทาในแต่ละทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากกลไกการเกิดสีของไข่แดงจะต้องมีรงควัตถุชนิด xanthophylls เป็นส่วนประกอบที่มีในพืชและสาหร่ายบางชนิด ดังนั้นสีของไข่แดงนกกระทาที่ได้รับผีเสื้อไหมจึงไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) หรือกล่าวได้ว่าผีเสื้อไหมไม่ได้มีรงควัตถุที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีไข่แดง

Table 2 Effects of using different levels of silk moths on the productive performances of quails

Items	Treatments					SEM	p-value	Orthogonal polynomial			
	T1	T2	T3	T4	T5			Lin	Qua	Cub	Quar
Initial live weight (g)	181	180	183	176	177	2.30	0.21	ns	ns	ns	ns
Final live weight (g)	172 ^{ab}	176 ^{ab}	183 ^a	172 ^b	177 ^{ab}	3.26	0.17	ns	ns	ns	*
Feed consumption (g/bird/d)	20.5 ^b	22.0 ^a	22.6 ^a	23.3 ^a	23.1 ^a	0.40	0.001	***	**	ns	ns
Feed conversion ratio	3.58	4.26	3.24	4.59	3.18	0.53	0.28	ns	ns	ns	*
Egg production (%)	64.2 ^b	72.8 ^a	74.0 ^a	76.3 ^a	79.0 ^a	2.21	<0.01	***	ns	ns	ns
Egg mass (g/day)	6.23 ^c	7.52 ^b	7.88 ^{ab}	8.09 ^{ab}	8.44 ^a	20.7	<.001	***	**	ns	ns
Cost (bath/Kg)	67.6	72.8	52.9	68.9	44.4	8.79	0.164	*	ns	ns	*

^{abc} Means with different superscripts within the same row differ significantly ($p < 0.05$), *Means trend to differ ($p < 0.10$), ** Means different significantly ($p < 0.05$), *** Means different highly significantly ($p < 0.01$)

Cost for silk moths was 10 Baht per kilogram

Table 3 Effects of using different levels of silk moths qualities in laying quails

Items	Treatments					SEM	p-value	Orthogonal polynomial			
	T1	T2	T3	T4	T5			Lin	Qua	Cub	Quar
Egg weight (g)	9.71 ^b	10.4 ^a	10.7 ^a	10.6 ^a	10.7 ^a	0.13	<0.01	*	***	***	*
Egg white weight (g)	6.00 ^c	6.27 ^b	6.47 ^{ab}	6.31 ^{ab}	6.52 ^a	0.07	<0.01	ns	**	***	ns
Egg white percentage (%)	59.7	59.7	59.9	59.3	60.3	0.37	0.46	ns	ns	ns	ns
Yolk weight (g)	2.97 ^b	3.16 ^a	3.22 ^a	3.27 ^a	3.23 ^a	0.06	<0.05	*	**	**	ns
Yolk percentage (%)	29.5 ^b	30.1 ^{ab}	29.8 ^{ab}	30.8 ^a	29.9 ^{ab}	0.33	0.10	**	ns	ns	ns
Eggshell weight (g)	1.09	1.08	1.11	1.05	1.06	0.02	0.40	ns	ns	ns	ns

Eggshell percentage (%)	10.9 ^a	10.3 ^b	10.3 ^b	9.92 ^b	9.86 ^b	0.15	<0.01	ns	***	**	**
Eggshell thickness (mm)	0.18 ^a	0.17 ^{ab}	0.17 ^{ab}	0.16 ^b	0.17 ^{ab}	0.002	<0.001	***	**	ns	*
Haugh unit	89.6 ^{bc}	91.8 ^a	90.8 ^{ab}	88.8 ^c	90.4 ^{abc}	0.58	0.02	ns	**	**	ns
Yolk score	1.15	1.19	1.21	1.21	1.26	0.03	0.39	ns	ns	ns	ns

^{abc} Means in the same row with different superscripts were different significantly at $p < 0.05$, *Means trend to differ ($p < 0.10$), ** Means different significantly ($p < 0.05$), *** Means different highly significantly ($p < 0.01$)

สรุป

การใช้ฝัสดั่วใหม่ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารนกกะทาไข่ในระดับที่แตกต่างกันส่งผลให้สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะการผลิตคือ ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ มากขึ้นตามระดับของการทดแทน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มคุณภาพไข่ น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ ค่า Haugh Unit สามารถใช้ตัวฝัสดั่วใหม่ทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารนกกะทาไข่ได้ร้อยละ 100 หรือใช้ได้ร้อยละ 12 ในสูตรอาหารนกกะทาไข่ สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของแหล่งโปรตีนในอาหารนกกะทาที่ดีสำหรับเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ฝัสดั่วใหม่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณห้องวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์วิเคราะห์หีโมนะในอาหารทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กานดา ล้อแก้วมณี. 2557. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพไข่. วารสารเกษตรศาสตร์. 60: 1–8.
- จิตรลดา ศรีตระกูล. 2561. สถานการณ์สินค้าปลาเปิดปลาป่นของไทย ปี 2561 และแนวโน้มปี 2562. กรมประมง. กรุงเทพฯ.
- นันทกานต์ สัตยวงศ์. 2557. เกร็ดวิทย์ “แมลงทอด อร่อยดี มีคุณค่า แต่...”. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 62: 42.
- พันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์: หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์ เล่ม 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- มติชนออนไลน์. 2564. ต่างชาติชมชอบผ้าไหมไทย สนค. แนะนำดีไซน์ทันสมัยที่หลากหลาย.
https://www.matichon.co.th/news-monitor/news_2895544, 23 มกราคม 2565
- Al-Qazzaz, M.F. A., Ismail, D., Akit, H., Idris, L.H. 2016. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. Rev. Bras. Zootec. 45: 518–523.
- Keener, K.M., McAvoy, K.C., Foegeding, J.B., Curtis, P.A., Anderson, K.E., Osborne, J.A. 2006. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. Poult. Sci. 85: 550–555.

- Kridie Al-Salhie, K.C., Marzooq Al-Hummod, S.K., Jaber, F.N. 2021. The effect of using different levels of American cockroach (*Periplaneta americana*) powder on productive and physiological performance of Japanese Quail (*Coturnix japonica*). In: IOP conference series: Earth and Environmental Science. Vol. 735.
- Mat, K., Mohamad, N.A.S., Rusli, N.D., Rahman, M.M., Harun, H.C., Al-Amsyar, S.M., Mahmud, M. 2021. Preliminary study on the effect of feeding Black Soldier Fly Larvae (BSFL) on growth and laying performance of Japanese Quail (*Coturnix japonica*). Int. J. Agric. Technol. 17: 977–986.
- National Research Council (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th ed. Washington, DC, USA.
- Permatahatia, D., Mutiab, R., Astutib, D.A. 2019. Effect of cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on production and physical quality of japanese quail egg. Trop. Anim. Sci. J. 42: 53–58.
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 17: 1–11.
- Zotte, A.D., Singh, Y., Michiels, J., Cullere, M. 2019. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) as dietary source for laying quails: Live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability. Animals 9: 115. doi: 10.3390/ani9030115.

ความผันแปรของน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งของไก่ดำนิลเกษตร**Variation of live weight, carcass weight and retail cut weight of Nin Kaset black meat chickens****สรุชิตา แสงจง, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี*, ศกร คุณวุฒิตถิธรณ, ดนัย จัตวา****Sarochita Sangjong, Thanathip Suwanasopee*, Skorn Koonawootrittriron, Danai Jattawa**

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrtts@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกปัจจัยที่มีอิทธิพลและประมาณความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนซากของไก่ดำนิลเกษตร ในการศึกษาไก่ดำนิลเกษตร 246 ตัว ที่ถูกเลี้ยงดูในโรงเรือนระบบปิดถูกนำมาฆ่าเมื่ออายุ 25 สัปดาห์ (7 ชุด) และชำแหละโดยผู้ตัดแต่ง 7 คน ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยหุนจำลองแบบเชิงเส้นทั่วไปที่พิจารณาวันที่เข้าฆ่า เพศ สีขน อิทธิพลร่วมระหว่างเพศและสีขน (ลักษณะก่อนการชำแหละซาก) และผู้ตัดแต่ง (ลักษณะหลังการชำแหละซาก) ค่าเฉลี่ยถ้อยคำถูกประมาณค่าและเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี t-test ปัจจัยที่ศึกษา (ยกเว้น อิทธิพลร่วมระหว่างเพศและสีขน) มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกัน น้ำหนักมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักซากและน้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในในระดับสูง (0.94 ถึง 0.98) น้ำหนักเครื่องในมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ (0.23 ถึง 0.45) ชิ้นส่วนตัดแต่งมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (0.05 ถึง 0.59) และสัดส่วนซากมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (0.24) ผลการศึกษาครั้งนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิตไก่ดำให้มีลักษณะสอดคล้องกับความต้องการใช้ประโยชน์เชิงธุรกิจ

คำสำคัญ: ไก่ดำ, คุณภาพซาก, สัดส่วนซาก**Abstract**

The objectives of this research were to identify factors influencing and to estimate the relationship between live weight, carcass weight, and retail weight of Nin Kaset black meat chickens. In the study, 246 Nin Kaset black meat chickens raised in closed housing were slaughtered at 25 weeks old (7 sets) and dissected by seven butchers. Data were analyzed using a General Linear Model that considered slaughtering sets, gender, feather color, interaction between gender and feather color (traits before dissection), and butcher (traits after dissection). Least square means were estimated, and their differences were compared using t-test. The considered factors (excepted the interaction between gender and feather color) had differently influences on all traits. Live weight was significantly related to carcass weight and carcass weight excluding offal at high levels (0.94 to 0.98). The correlation between offal weights was moderate to low (0.23 to 0.45). The correlation between retail weights was moderate (0.05 to 0.59), and the correlation between the carcass proportions was low (0.24). The results of this study might be useful to planning for black meat chicken production in accordance with business utilization needs.

Keywords: Black meat chicken, Carcass quality, Dressing percentage

คำนำ

ไก่ดำหรือไก่กระดูกดำ (Black meat chicken or Black boned chicken) เป็นไก่พื้นเมืองโดยต้นกำเนิดมาจากต่างประเทศ และนำเข้ามาเลี้ยงเพื่อการบริโภคเนื้อและไข่ในเขตพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย (กลุ่มวิจัยและพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพ, 2559) ในทางการแพทย์แผนจีนระบุว่าไก่กระดูกดำมีคุณสมบัติเป็นยาอายุวัฒนะ จึงนิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารบำรุงสุขภาพ (ไชยา, 2542) เหมาะสำหรับผู้ป่วย คนชรา หญิงตั้งครรภ์ หรือผู้ที่ต้องการการบำรุงเป็นพิเศษ โดยมีความเชื่อว่าไก่ดำช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงสมอง ป้องกันอัลไซเมอร์ และชะลอความชรา โดยทั่วไปไก่ดำมีลักษณะที่โดดเด่น คือ มีผิวหนัง เนื้อ และอวัยวะภายในเป็นสีดำทั้งหมด (วิศุทธิ์, 2550) มีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ในเนื้อไก่ดำมีการสะสมของเม็ดสีเมลานิน (Melanin) คาร์โนซีน (Carnosine) และแอนเซอร์อิน (Anserine) ที่มีประโยชน์สำหรับการบำรุงสมอง และมีผลต่อการเพิ่มภูมิคุ้มกันในร่างกาย ป้องกันการเกิดมะเร็ง ลดริ้วรอย บรรเทาการเกิดโรคอหิวาต์ และ โรคเบาหวาน (Tian et al., 2007; Chen et al., 2008; Tu et al., 2009; Buasap et al., 2021) ซึ่งหากได้รับคาร์โนซีนเสริมในปริมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สามารถช่วยลดระดับน้ำตาลและระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด อีกทั้ง ยังช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด (Houjehani et al., 2018) อุตสาหกรรมการผลิตและการบริโภคเนื้อไก่ดำได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไก่ดำถูกนำมาปรับปรุงและพัฒนาสายพันธุ์ให้มีคุณภาพ ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาดอย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาไก่ดำเพื่อให้มีขนาดร่างกายและสัดส่วนซากที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในการบริโภค จำเป็นต้องทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งของไก่ดำ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำหนักมีชีวิตกับลักษณะน้ำหนักซากและชิ้นส่วนตัดแต่ง เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการและเพิ่มศักยภาพการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม และได้ผลผลิตไก่ดำที่ตรงตามความต้องการของตลาดเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรไก่นิลเกษตร

ไก่นิลเกษตร 246 ตัว ถูกเลี้ยงดูที่สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร (เพนียด) ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ในโรงเรือนระบบเปิด ภายใต้การจัดการเลี้ยงดูเดียวกัน มีการจัดการด้านสุขภาพตามหลักสวัสดิภาพสัตว์ มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา และให้อาหารสำเร็จรูปเหมือนกัน (โปรตีน 17% และพลังงานรวม 3,200 kcal/kg) ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ไก่นิลเกษตรทุกตัวได้รับวัคซีนตามโปรแกรมของกรมปศุสัตว์ และสิ้นสุดระยะการเลี้ยงที่อายุ 25 สัปดาห์

ลักษณะที่ศึกษาและการจัดเก็บข้อมูล

ลักษณะที่ศึกษา ประกอบด้วย น้ำหนักมีชีวิต (Live body weight; LBW) น้ำหนักซาก (Carcass weight; CW) น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องใน (Carcass weight without offal; CWO) น้ำหนักเครื่องใน ได้แก่ หัวใจ (Heart) ตับ (Liver) กึ้น (Gizzard) และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง ซึ่งประกอบด้วย น่องติดสะโพก (Bone in leg; BLP) ปีก (Wing; WTP) อก (Boneless Breast; BBP) สันใน (Fillet; FLP) ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเก็บจากไก่ดำที่ถูกฆ่าและแปรรูประหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564 จำนวน 7 ชุด โดยข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดถูกจำแนกตามวันที่เข้าฆ่า (ชุดที่ 1-7; วันที่ไถ่จากทุกกลุ่มสีขนและเพศถูกนำเข้ามา) สีขน (ขนสีขาวและขนสีดำ) และเพศ (เพศผู้และเพศเมีย) ข้อมูล

น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องใน และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งของไก่ดำนิลเกษตร ถูกนำมาใช้ในการคำนวณสัดส่วนซาก สัดส่วนซากหลังตัดแต่ง และสัดส่วนชิ้นส่วนตัดแต่ง ดัง Equations 1–4 ต่อไปนี้

$$\text{สัดส่วนซาก (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักซากหลังฆ่า}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \right] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{สัดส่วนซากหลังตัดแต่ง (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องใน}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{สัดส่วนเครื่องใน (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักเครื่องใน}}{\text{น้ำหนักซาก}} \right] \times 100 \quad (3)$$

$$\text{สัดส่วนชิ้นส่วนตัดแต่ง (\%)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง}}{\text{น้ำหนักซาก}} \right] \times 100 \quad (4)$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด (วันที่เข้าฆ่า 1–7 ชุด กลุ่มสีขน 2 กลุ่ม และ กลุ่มเพศ 2 เพศ) ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ศึกษาการกระจายตัวของข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เพื่อประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักมีชีวิตกับน้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่งของไก่ดำนิลเกษตร ปัจจัยที่พิจารณา ประกอบด้วย วันที่เข้าฆ่า เพศ และสีขน ทดสอบในรูปของตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Model) โดยมีหุ่นจำลองทางสถิติ ดังนี้

(1) ก่อนการชำแหละซาก

$$y_{ijkm} = \mu + \text{Slaughter date}_i + \text{Sex}_j + \text{FC}_k + (\text{Sex} \times \text{FC})_{jk} + e_{ijkm}$$

(2) หลังการชำแหละซาก

$$y_{ijkml} = \mu + \text{Slaughter date}_i + \text{Sex}_j + \text{FC}_k + (\text{Sex} \times \text{FC})_{jk} + \text{Butcher}_l + e_{ijkml}$$

เมื่อ y_{ijkm} และ y_{ijkml} คือ ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา (ของวันที่เข้าฆ่า i , เพศ j , สีขน k และผู้ตัดแต่ง l), μ คือ ค่าเฉลี่ยร่วมในประชากร, Slaughter date _{i} คือ วันที่เข้าฆ่า (i), Sex _{j} คือ เพศ (j), FC _{k} คือ สีขน (k), (Sex \times FC) _{jk} คือ อิทธิพลร่วมระหว่างเพศและสีขน (jk), Butcher _{l} คือ ผู้ตัดแต่ง (l), และ e_{ijkm} และ e_{ijkml} คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากปัจจัยอื่น (ของไก่ m ในวันที่เข้าฆ่า i , เพศ j , สีขน k และผู้ตัดแต่ง l) ค่าเฉลี่ยแบบลิสแควร์ถูกประมาณค่าสำหรับกลุ่มย่อยของปัจจัยที่พิจารณา และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทีละคู่ด้วยวิธี t-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ไก่ดำนิลเกษตรมีน้ำหนักมีชีวิต เฉลี่ย 2,199.87 กรัม (SD = 504.02 กรัม) น้ำหนักซากเฉลี่ย 2,010.80 กรัม (SD = 475.79 กรัม) และน้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในเฉลี่ย 1,744.72 กรัม (SD = 446.70 กรัม) เมื่อผ่านการแปรรูปและแยกเครื่องในออก ซากของไก่ดำนิลเกษตร (ไม่รวมเครื่องใน) มีน้ำหนักที่สูญเสียจากน้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 455.15 กรัม (420

ถึง 934 กรัม) โดยมีสัดส่วนซากเฉลี่ย 91.32 กรัม (SD = 3.71%) และมีสัดส่วนซากตัดแต่งเฉลี่ย 79.07 กรัม (SD = 6.73%) ตามรายละเอียดที่แสดงใน Table 1 ทั้งนี้ ไก่ดำนิลเกษตร (อายุ 25 สัปดาห์) เหล่านี้มีน้ำหนักมีชีวิตใกล้เคียงกับไก่ลูกผสมพื้นเมืองชัยอารีย์ (2,100 กรัม) และไก่ลูกผสมพื้นเมืองตะนาวศรี (2,005 กรัม) ที่อายุ 16 สัปดาห์ โดยมีน้ำหนักที่สูญเสียภายหลังการแปรรูปเฉลี่ยเท่ากับ 462 และ 485 กรัม ตามลำดับ (ไพโชค, 2543) นอกจากนี้ ธันวา (2562) รายงานว่า การเลี้ยงแบบปล่อยของไก่พื้นเมืองลูกผสมตะนาวศรีที่อายุ 12 สัปดาห์ มีสัดส่วนซาก (90.37%) ซึ่งใกล้เคียงกับไก่ดำนิลเกษตร

ไก่ดำนิลเกษตรมีสัดส่วนเครื่องในเฉลี่ย 0.56% (SD = 0.17%) สำหรับหัวใจ 1.48% (SD = 0.51%) สำหรับตับ และ 1.66% (SD = 0.52%) สำหรับกึ๋น และมีสัดส่วนน้ำหนักของร่องติดสะโพกเฉลี่ย 16.47% (SD = 1.93%) ปีกเฉลี่ย 5.55% (SD = 0.58%) ออกเฉลี่ย 5.96% (SD = 1.40%) และสันในเฉลี่ย 2.48% (SD = 0.39%) เมื่อพิจารณาชิ้นส่วนตัดแต่งที่นิยมบริโภคของไก่ดำนิลเกษตรมีค่าเฉลี่ย 24.91% ซึ่งมีค่าแตกต่างจากการศึกษาของ จันทรจิรา และพิพัฒน์ (2560) ที่เลี้ยงไก่ดำอายุ 2 สัปดาห์ถึง 20 สัปดาห์ในสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่า การเลี้ยงแบบมีพื้นที่อิสระในโรงเรือนและการเลี้ยงแบบจำกัดบริเวณมีสัดส่วนโดยรวมของเนื้อ สำหรับบริโภคเท่ากับ 48.67% และ 49.59% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าไก่ดำนิลเกษตร

Table 1 Descriptive statistics for live body weight, carcass weight and retail cut weight of Nin Kaset black meat chickens

Traits	Number observation	Means	SD	Maximum	Minimum
Live body weight (LBW; g)	244	2,199.87	504.02	1,244.00	3,653.00
Carcass weight (TCW; g)	244	2,010.80	475.79	1,031.00	3,437.00
Carcass weight without offal (CWO; g)	244	1,744.72	446.40	824.00	2,719.00
Dressing percentage (DP; %)	244	91.32	3.71	69.70	96.75
Cutting percentage (CP; %)	244	79.07	6.73	47.95	93.33
Heart (HWP; %)	185	0.56	0.17	0.24	1.34
Liver (LWP; %)	185	1.48	0.51	0.51	3.93
Gizzard (GWP; %)	185	1.66	0.52	0.49	3.53
Bone in leg (BLP; %)	177	16.47	1.93	12.12	30.24
Wing (WTP; %)	177	5.55	0.58	4.20	8.76
Boneless Breast (BBP; %)	177	5.96	1.40	2.82	19.24
Fillet (FLP; %)	177	2.48	0.39	1.31	5.94

ความแตกต่างร่วมระหว่างเพศและสีขนไม่มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะที่ศึกษา (Table 2) อย่างไรก็ตาม เพศที่แตกต่างกันของไก่ดำนิลเกษตรมีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อความผันแปรของทุกลักษณะ (ยกเว้น สัดส่วนซาก สัดส่วนหัวใจ และสัดส่วนปีก) ทั้งนี้ ไก่ดำนิลเกษตรเพศผู้มีน้ำหนักและซากไม่รวมเครื่องใน ($2,546.64 \pm 35.91$ กรัม และ $2,061.98 \pm 31.06$ กรัม) มากกว่าเพศเมีย ($1,643.17 \pm 50.65$ กรัม และ $1,179.57 \pm 43.80$ กรัม) ความแตกต่างดังกล่าว

อาจมีความสัมพันธ์กับฮอร์โมนเพศ ซึ่งฮอร์โมนเพศผู้ (Androgen) มีผลต่อการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ (ปริญญา และคณะ, 2549) และกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง (Erythropoiesis) จึงทำให้ไก่เพศผู้มีการเจริญเติบโตสูงกว่าเพศเมีย (Scanes, 2014)

Table 2 Factors influencing live weight, carcass weight, and retail weight of Nin Kaset black meat chickens

Traits	Number observation	Slaughter date	Sex	FC	Sex × FC	Butcher
Live body weight (LBW; g)	177	<.0001	<.0001	0.0736	0.8068	-
Carcass weight (TCW; g)	177	<.0001	<.0001	0.0343	0.8372	-
Carcass weight without offal; CWO (CWO; g)	177	<.0001	<.0001	0.0068	0.5698	-
Dressing percentage (DP; %)	244	0.6467	0.2631	0.0769	0.9659	0.5001
Cutting percentage (CP; %)	244	<.0001	<.0001	0.0041	0.9895	0.1357
Heart (HWP; %)	150	0.1472	0.7263	0.7906	0.2075	-
Liver (LWP; %)	150	0.1262	<.0001	0.0008	0.0647	-
Gizzard (GWP; %)	150	<.0001	<.0001	<.0001	0.2467	-
Bone in leg (BLP; %)	244	0.769	<.0001	0.8258	0.1524	0.9975
Wing (WTP; %)	244	0.0092	0.1571	0.0184	0.6178	0.0858
Boneless Breast (BBP; %)	244	0.0122	<.0001	0.1385	0.4544	0.2703
Fillet (FLP; %)	244	0.3656	0.0005	0.6969	0.0687	0.1584

ส่วนความแตกต่างระหว่างสีขนนั้นไม่มีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อน้ำหนักซาก น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องใน สัตว์ส่วนตบ สัตว์ส่วนปีก และสัตว์ส่วนปีก ไก่ดำนิลเกษตรชนสีดามีสัตว์ส่วนเครื่องใน (ตบ $1.45 \pm 0.05\%$ และปีก $1.43 \pm 0.06\%$) น้อยกว่า ($p < 0.05$) ไก่ดำขนสีขาว (ตบ $1.81 \pm 0.08\%$ และปีก $2.22 \pm 0.09\%$) ความแตกต่างของเครื่องในระหว่างไก่ต่างกลุ่มพันธุ์ ถูกรายงาน โดย วราภรณ์ (2546; ไก่ลูกผสมพื้นเมือง×โรดไอแลนด์เรด×พลีมัทร็อค และ ไก่ลูกผสมพื้นเมือง×โรดไอแลนด์เรด) และ สุภานนท์ และคณะ (2564; ไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย) ซึ่งสอดคล้องกับ สัตย์ชัย และคณะ (2547) ที่รายงานว่า ความแตกต่างของคุณภาพซาก อวัยวะภายนอก และอวัยวะภายใน ผันแปรไปตามกลุ่มพันธุ์ และอาหาร แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Choo et al. (2014) ที่พบว่าน้ำหนักตบของพื้นเมืองเกาหลีและไกชิลก็ไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสายพันธุ์ สำหรับ ความแตกต่างระหว่างวันที่เข้าฆ่า และระหว่างผู้ตัดแต่งชิ้นส่วนซากนั้น ถูกนำมาจัดกลุ่มไต่ตามความแตกต่างของคุณสมบัติ อายุ และการจัดการที่แตกต่างกัน ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญชี้ให้เห็นว่า วันที่เข้าฆ่ามีอิทธิพล ($p < 0.05$) ต่อทุกลักษณะที่ศึกษา (ยกเว้น สัตว์ส่วนซาก สัตว์ส่วนหัวใจ สัตว์ส่วนตบ และสัตว์ส่วนนองติดสะโพก) และผู้ตัดแต่งชิ้นส่วนซากแต่ละคนไม่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของทุกลักษณะที่ศึกษา

เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ลักษณะที่ปรากฏของน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนซากของไก่ดำนิลเกษตร (Table 3) พบว่า น้ำหนักมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักซากและน้ำหนักซากไม่รวมเครื่องในอยู่ในระดับสูง (ค่าสหสัมพันธ์ 0.94 ถึง 0.98) น้ำหนักเครื่องในมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลางจนถึงต่ำ (ค่าสหสัมพันธ์ 0.23 ถึง

0.45) ซึ่งกลุ่มของน้ำหนักชิ้นส่วนย่อยมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลางจนถึงต่ำ (ค่าสหสัมพันธ์ 0.05 ถึง 0.59) และในกลุ่มของสัดส่วนซากมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (ค่าสหสัมพันธ์ 0.24)

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่พบในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับไก่คออ่อน ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักมีชีวิตกับน้ำหนักซากอยู่ในระดับสูง (ค่าสหสัมพันธ์ 0.91) แสดงให้เห็นว่า ไก่ที่มีน้ำหนักมากมีส่วนทำให้น้ำหนักซากและน้ำหนักชิ้นส่วนย่อยมากขึ้นด้วย (วิศาล และคณะ, 2547) และเมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ของน้ำหนักมีชีวิตกับน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง (นองติดสะโพก ปีก สันนอก และสันใน) มีค่าเท่ากับ 0.36, -0.15, -0.26 และ -0.21 ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนปีก สัดส่วนสันใน และสัดส่วนสันนอกมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำหนักมีชีวิต ยกเว้น สัดส่วนนองติดสะโพกที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก โดยสัดส่วนเครื่องใน (หัวใจ ตับ และกึ๋น) มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.05, -0.45 และ -0.46 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักไม่รวมเครื่องใน ขณะที่สัดส่วนหัวใจไม่มี ความสัมพันธ์กับน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก น้ำหนักซากไม่รวมเครื่องใน และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนหัวใจของไก่ดำนิลเกษตรไม่มีความสัมพันธ์กับอวัยวะดังกล่าว แม้ว่าน้ำหนักร่างกายที่เพิ่มขึ้นก็ตาม ทั้งนี้ สัดส่วนที่ลดลงของเครื่องในอาจมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนเนื้อและสัดส่วนอื่นของร่างกายที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อวัยวะภายในลดลง (สัจชัย และคณะ, 2547)

Table 3 Phenotypic correlations of live weight, carcass weight, and retail weight of Nin Kaset black meat chickens

Traits	LBW	TCW	CWO	HWP	LWP	GWP	BLP	WTP	SLP	TLP	DP	CP
LBW		0.98**	0.94**	-0.05 ^{NS}	-0.45**	-0.46**	0.36**	-0.15*	-0.26*	-0.21*	0.11 ^{NS}	0.16*
TCW			0.94**	-0.07 ^{NS}	-0.46**	-0.49**	0.35**	-0.17*	-0.25*	-0.22*	0.27**	0.20*
CWO				-0.12 ^{NS}	-0.53**	-0.54**	0.41**	-0.25*	-0.32**	-0.31**	0.18*	0.47**
HWP					0.27*	0.23*	-0.05 ^{NS}	0.11 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	0.01 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.26*
LWP						0.45**	-0.38**	0.08 ^{NS}	0.16*	0.14 ^{NS}	-0.19*	-0.48**
GWP							-0.16*	0.25*	0.04 ^{NS}	0.04 ^{NS}	-0.24*	-0.44**
BLP								0.40**	-0.05 ^{NS}	0.23*	0.00 ^{NS}	0.27*
WTP									0.15*	0.42**	-0.16*	-0.33**
BBP										0.59**	0.01 ^{NS}	-0.30**
FLP											-0.05 ^{NS}	-0.36**
DP												0.24*

** Significant ($p < 0.01$), *Significant ($p < 0.05$), and ^{NS}Non-significant

LBW = Live body weight (g); TCW = Carcass weight (g); CWO = Carcass weight without offal (g); HWP = Heart (%); LWP = Liver (%); GWP = Gizzard (%); BLP = Bone in leg (%); WTP = Wing (%); BBP = Boneless Breast (%); FLP = Fillet (%); DP = Dressing percentage (%); CP = Cutting percentage (%)

สรุป

ไก่ดำนิลเกษตรมีน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก และน้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง ผันแปรไปตามความแตกต่างของวันที่เข้าฆ่า เพศ และสีขน ทั้งนี้ น้ำหนักมีชีวิตของไก่ดำนิลเกษตรมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักซากและน้ำหนักซากไม่รวมเครื่อง

ในระดับสูง (0.94 ถึง 0.98) น้ำหนักเครื่องในมีความสัมพันธ์ระหว่างกันอยู่ในระดับปานกลางจนถึงต่ำ (0.23 ถึง 0.45) และชิ้นส่วนตัดแต่งมีความสัมพันธ์ระหว่างกันในระดับปานกลาง (-0.05 ถึง 0.59)

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของ โครงการการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มศักยภาพทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เศรษฐกิจ [FF(KU)3.65] และ โครงการระบบผลิตและพัฒนานักวิจัยชั้นสูงฯ [FF(KU)25.64] ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกหน่วยวิจัยเฉพาะทางด้านพันธุศาสตร์สัตว์เขตร้อนชื้น (Tropical Animal Genetics Special Research Unit; TAGU) สำหรับความช่วยเหลือ และสถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยและพัฒนาความหลากหลายทางชีวภาพ. 2559. ไม้พื้นเมือง (กระดูกดำ). <http://biodiversity.dld.go.th/th/ไม้พื้นเมือง/ไม้พื้นเมือง-ไม้กระดูกดำ.html>, 12 มิถุนายน 2564.
- จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว, พิพัฒน์ ชนาเทพพร. 2560. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่กระดูกดำในสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในช่วงอายุ 2–20 สัปดาห์. ใน: รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์, หน้า 1114–1119.
- ไชยา อัยสูงเนิน. 2542. ไก่บ้าน-ไก่พื้นเมือง. พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท เอเชีย แปซิฟิคพริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ธันวา ไวยบพ. 2562. รูปแบบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองลูกผสมตระนาวศรีต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซาก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 27: 276–287.
- ปริญญา กัญญาคำ, ริญญา ศุภศิษฏ์ บุญนวล, อำนวย เลี้ยววารากุล, นุชา สิมะสาธิตกุล, สัญชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2549. คุณภาพซากและเนื้อทางอ้อมของไก่เบรส และไก่กระดูกดำ. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ, หน้า 37–44.
- ไพโชค ปัญจะ. 2543. การศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพซากไก่พื้นเมืองและไก่พื้นเมืองลูกผสม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 8: 39–43.
- วารภรณ์ เหลืองวันทา. 2546. อิทธิพลของไก่พื้นเมืองและลูกผสมต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิศาล อดทน, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, สุธา วัฒนสิทธิ์. 2547. ลักษณะรูปร่างภายนอกและคุณภาพซากไก่คอล่อนที่เลี้ยงในระบบการผลิตแบบพื้นบ้าน วารสารอินทนิลทักษิณสาร 7: 58–67.
- วิศุทธิ์ เอื้อกึ่งเพชร. 2550. ไก่ดำภูพานสัตว์เศรษฐกิจโดนใจเกษตรกรรายย่อยภาคอีสาน. สัตว์เศรษฐกิจ 25: 27–31.
- ศุภนนท์ ตูนีม, ยุพิน ผาสุก, วุฒิไกร บุญคุ้ม, มนต์ชัย ดวงจินดา. 2564. อิทธิพลของระดับสายเลือดต่อการเจริญเติบโตองค์ประกอบซาก ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบกรดไขมันในไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย. เกษตร 49: 469–480.
- สัญชัย จตุรสิทธิ์ธา, รัชนีวรรณ เขียวสะอาด, อังคณา ฝ่องแผ้ว, อำนวย เลี้ยววารากุล, ศุภฤกษ์ สายทอง, ทศนีย์ อภิชาติสรางกูร, วารภรณ์ เหลืองวันทา. 2547. คุณภาพซากและเนื้อทางอ้อมของไก่พื้นเมืองและไก่บ้านไทยในเพศและน้ำหนักต่างกัน. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 137–147.

- Buasap, N., Suwanasopee, T., Koonawootrittriron, S., Kayan, A. 2021. Melanin content and its correlation with weight and color of black meat chickens at different ages. *Agr. Nat. Resour.* 55: 57–62.
- Chen, S.R., Jiang, B., Zheng, J.X., Xu, G.Y., Li, J.Y., Yang, N. 2008. Isolation and characterization of natural melanin derived from silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). *Food Chem.* 111: 745–749.
- Choo, Y.K., Kwon, H.J., Oh, S.T., Um, J.S., Kim, B.G., Kang, C.W., Lee, S.K., An, B.K. 2014. Comparison of growth performance, carcass characteristics and meat quality of Korean local chickens and silky fowl. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 27: 398–405.
- Scanes, C.G. 2014. *Sturkie's Avian Physiology*, 6th ed. Academic Press. Cambridge, MA, USA.
- Houjehani, S., Kheirouri, S., Faraji, E., Jafarabadi, M.A. 2018. L-Carnosine supplementation attenuated fasting glucose, triglycerides, advanced glycation end products, and tumor necrosis factor- α levels in patients with type 2 diabetes: A double-blind placebo-controlled randomized clinical trial. *Nutr. Res.* 49: 96–106.
- Tian, Y., Xie, M., Wang, W., Wu, H., Fu, Z., Lin, L. 2007. Determination of carnosine in Black-Bone Silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) and common chicken by HPLC. *Eur. Food Res. Technol.* 226: 311–314.
- Tu, Y., Sun, Y.Z., Tian, Y.G., Xie, M.Y., Chen, J. 2009. Physicochemical characterization and antioxidant activity of melanin from the muscles of Taihe Black-bone silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). *Food Chem.* 114: 1345–1350.

ผลของการเสริมกรดกัวนิตินแอซิดิกในอาหารโปรตีนและพลังงานต่ำต่อประสิทธิภาพ**การเจริญเติบโต ผลผลิตซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรระยะรุ่นและขุน****Effect of guanidine acetic acid supplementation in low protein and energy diet on growth performance, carcass yield, and meat quality of grower and finisher pigs****กุลธิดา ศิลม่น, ธีรวิทย์ เปย์คำภา*, วิริยา ลุ่งใหญ่, สมบัติ ประสงค์สุข****Kuldhida Sinmun, Theerawit Poeikhampha*, Wiriya Loongyai, Sombat Prasongsook**

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrtrw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมกรดกัวนิตินแอซิดิก (GAA) ในอาหารโปรตีนและพลังงานต่ำต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิตซาก และคุณภาพเนื้อของสุกร ใช้สุกรทั้งหมด 54 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ อาหารพื้นฐานข้าวโพด กากถั่วเหลือง (T1) อาหารพื้นฐาน -1% CP -50 kcal/kg (T2) และอาหารพื้นฐาน -1% CP -50 kcal/kg + 0.1% GAA (T3) ผลการทดลองพบว่าการลดระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารทำให้ปริมาณการกินลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.01$) การเสริม GAA ส่งผลต่อปริมาณการกินในระยะขุน แต่ไม่ส่งผลต่อสุกรระยะรุ่นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับ GAA ($p > 0.05$) รวมถึงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเติบโต ผลผลิตซาก ค่า BUN Creatine และ Total protein ในเลือด ($p > 0.05$) การเสริม GAA ในอาหารส่งผลทำให้ค่า Shear force ($p < 0.01$) Thawing loss ($p < 0.01$) และ Cooking loss ($p < 0.05$) ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม GAA อาจสรุปได้ว่าการเสริม GAA ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนและพลังงาน ไม่ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และผลผลิตซากของสุกรลดลง แต่สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของเนื้อสุกรได้

คำสำคัญ: กรดกัวนิตินแอซิดิก, คุณภาพเนื้อ, ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต, ผลผลิตซาก, สุกร**Abstract**

This study evaluated the effect of reduce energy and supplementation of guanidine acetic acid (GAA) in diet on growth performance and carcass yield of pigs. A total of 54 pigs randomly allocated into 3 treatments, basal corn–soybean meal diets (T1), Basal diet -1% CP -50 kcal/kg (T2) and Basal diet -1% CP -50 kcal/kg + 0.1% GAA (T3). The results indicated that reduce dietary protein and energy levels resulted in decrease feed intake when compared to the control group ($p < 0.01$). GAA supplementation can improve feed intake in finisher phase, but not improve in the grower phase when compared to the not supplemented GAA ($p > 0.05$). In addition, growth performance, carcass yield, BUN creatine and blood total protein was not significantly influenced ($p > 0.05$). Meanwhile, dietary GAA supplementation decreased the Shear force ($p < 0.01$), Thawing loss ($p < 0.01$) and cooking loss ($p < 0.05$) compared to reduce protein and energy group. It can be concluded that supplementing GAA as a feed additive does not result in decreased growth performance and carcass yield, but could improvement of meat quality when reduced the dietary protein and energy.

Keywords: Carcass yield, Growth performance, Guanidine acetic acid, Meat quality, Pigs

คำนำ

ต้นทุนการผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทยที่สูง สาเหตุหนึ่งคือต้นทุนอาหารสูง โดยเฉพาะข้าวโพดที่เป็นแหล่งพลังงานหลัก รวมถึงวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน ดังนั้นการลดระดับพลังงานและโปรตีนในอาหารลงจะช่วยในเรื่องต้นทุนอาหารได้ แต่จะทำให้สัตว์ได้รับคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้การเจริญเติบโต หรือการสร้างผลผลิตของสัตว์หยุดชะงัก จากเหตุผลดังกล่าว จึงมีการเสริมสารเสริมในอาหารสัตว์ เพื่อให้มีสารอาหารครบตรงตามความต้องการของสัตว์ ทำให้สัตว์สามารถคงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นในการที่ลดระดับพลังงานและโปรตีน รวมถึงเสริมสารเสริมในอาหาร อาจสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลงได้

กรดกัวนิดินแอซิดิก (Guanidine acetic acid, GAA) เป็นสารตั้งต้นของ ครีเอทีน (Creatine, Cr) ในร่างกายสัตว์ มีกระดูกสันหลัง ส่วนใหญ่สังเคราะห์ขึ้นที่ไต ตับ และตับอ่อน ในขั้นแรก GAA เกิดจาก L-arginine และ glycine เြงปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ L-arginine:glycine amidinotransferase (AGAT; Michiels et al., 2012; Ostojic et al., 2013; Liu et al., 2015) ขั้นตอนที่สอง GAA ถูกเปลี่ยนให้เป็น Cr ด้วยการเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ GAMT และมีการถ่ายโอนหมู่เมทิล (Methyl group) จาก S-adenosylmethionine (SAM; Ostojic, 2016) จากนั้น Cr จะถูกส่งไปยังเซลล์และเนื้อเยื่อผ่านกระแสเลือด Cr ที่เข้าสู่เซลล์จะถูกฟอสโฟไรเลตเป็น Phosphocreatine (PCr) โดย Creatine kinase (Li et al., 2018) การเผาผลาญพลังงานผ่าน Cr และ PCr ไม่ได้เกิดขึ้นใน ทุกเซลล์ เกิดขึ้นเฉพาะเซลล์ที่มีความต้องการพลังงานสูง PCr เป็นแหล่งสำรองฟอสเฟตพลังงานสูง เผาผลาญได้แอดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP) สำหรับเซลล์อย่างรวดเร็ว โดยทั่วไป Cr ในอาหารพบได้ในโปรตีนจากสัตว์ เช่น ปลาป่น ผลพลอยได้จากสัตว์ (Michiels et al., 2012) อย่างไรก็ตาม Cr มีความสามารถในการละลายต่ำและการดูดซึมที่ไม่ดี (Dash et al., 2001) รวมถึงความไม่เสถียรและต้นทุนสูง เมื่อเทียบกับแล้ว GAA เหมาะที่จะใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารมากกว่า Cr

การศึกษาในปัจจุบันพบว่า การเสริม GAA ในอาหารช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain, ADG) น้ำหนักตัวสุดท้าย (Body Weight, BW) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Rate, FCR; Michiels et al., 2012; He et al., 2018; Jayaraman et al., 2018) นอกจากนี้ การเสริม GAA ยังเพิ่มปริมาณของ Cr และ PCr ในกล้ามเนื้อ การเพิ่มขึ้นของ PCr จะเพิ่ม ATP ในกล้ามเนื้อ ช่วยชะลอการสลายไกลโคไลซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ลดความเข้มข้นของกรดแลคติกและลดการเสียหายของโปรตีน ส่งผลให้คุณภาพซากดีขึ้น การเสริม GAA ช่วยลดการการสูญเสียจากการเก็บรักษา (Drip loss), การสูญเสียจากการทำละลายน้ำแข็ง (Thawing loss), การสูญเสียหลังการปรุงสุก (Cooking loss) และค่าแรงเฉือนของเนื้อ (Liu et al., 2015; Li et al., 2018; Zhu et al., 2020) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสริมกรดกัวนิดินแอซิดิกในอาหารโปรตีนและพลังงานต่ำต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ผลผลิตซาก และคุณภาพเนื้อของสุกร เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอาหารสัตว์สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสุกรที่มีคุณภาพและผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์และการจัดการ

ในการศึกษานี้ ใช้สุกรสายพันธุ์ผสม (ลาร์จไวท์-แลนด์เรซ × ดูริอคเจอร์ซี) เพศผู้จำนวน 54 ตัว โดยมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 51.49 ± 6.35 กก. สุกรแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง และในแต่ละกลุ่มการทดลองประกอบไปด้วยสุกร 6 คอก คอกละ 3 ตัว สุกรเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Evaporative cooling system;

EVAP) ประกอบด้วย 18 คอก (2×2 ตร.ม.) ระหว่างการทดลองให้อาหาร สุกรถูกทำความสะอาดทุก 2 วัน มูลของสุกรถูกกำจัดทุกวัน

อาหารและวิธีการทดลอง

การทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สุกรได้รับอาหาร 2 ช่วงเวลาต่อวัน คือเวลา 08.00 และ 16.00 อาหารทดลองใช้เป็นอาหารพื้นฐานข้าวโพด กากถั่วเหลือง ตรงตามความต้องการของสุกร แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่อาหารพื้นฐาน (ควบคุม, T1) อาหารพื้นฐาน -1% CP -50 kcal/kg (T2) และอาหารพื้นฐาน -1% CP -50 kcal/kg + 0.1% GAA (T3, NTPB plus™ Numega Nutrition สิงคโปร์) เลี้ยงสุกรที่ 2 ระยะ คือสุกรรุ่น (Grower) และสุกรขุน (Finisher) อายุ 13 ถึง 18 สัปดาห์ และ 18 ถึง 26 สัปดาห์ ตามลำดับ (แสดงดัง Table 1) ซึ่งนำหน้าสุกรและอาหารก่อน-หลังในแต่ละระยะ เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

Table 1 Ingredient and chemical composition of experimental diets

Item	Grower			Finisher		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Ingredients						
Corn	22.61	19.66	19.66	24.44	21.51	19.66
Cassava	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Cassava Meal	6.00	11.00	11.00	4.99	9.97	11.00
Rice bran oil	1.55	1.56	1.56	2.00	2.00	1.56
Soybean meal 46%	26.97	24.76	24.76	24.29	22.08	24.76
DL-Methionine	0.21	0.24	0.24	0.27	0.30	0.24
L-Lysine	0.34	0.42	0.42	0.36	0.44	0.42
L-threonine	0.10	0.14	0.14	0.17	0.22	0.14
Calcium carbonate	0.45	0.42	0.42	1.25	1.22	0.42
Monocalcium phosphate P22	1.09	1.13	1.13	1.56	1.59	1.13
Salt	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.35
Choline chloride 60%	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Premix	0.30 ¹	0.30 ¹	0.30 ¹	0.30 ²	0.30 ²	0.30 ¹
Phytase	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
+ GAA	-	-	0.10	-	-	0.10
Total (kg)	100.00	100.00	100.10	100.00	100.00	100.10

Table 1 (continued)

Item	Grower			Finisher		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Chemical composition						
Metabolizable Energy (kcal/kg)	3,200.00	3,150.00	3,150.00	3,200.00	3,150.00	3,150.00
Crude Protein (%)	16.00	15.00	15.00	15.00	14.00	14.00
Fat (%)	2.94	2.85	2.85	3.42	3.33	3.33
Crude Fiber (%)	4.40	5.02	5.02	4.14	4.76	4.76
Calcium (%)	0.63	0.63	0.63	1.00	1.00	1.00
Total Phosphorus (%)	0.58	0.57	0.57	0.66	0.65	0.65
Available phosphorus (%)	0.33	0.33	0.33	0.40	0.40	0.40
Salt (%)	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35
Lysine (%)	1.10	1.10	1.10	1.05	1.05	1.05
Methionine (%)	0.42	0.44	0.44	0.47	0.49	0.49
Methionine+Cystine (%)	0.65	0.65	0.65	0.68	0.68	0.68
Tryptophan (%)	0.20	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17
Threonine (%)	0.67	0.67	0.67	0.70	0.70	0.70
Choline (%)	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00

¹Provided per kilogram of diet: retinol, 10,000 IU; cholecalciferol, 1,300 IU; tocopherol, 40 IU; riboflavin, 5.2 mg; pyridoxine, 2.6 mg; cyanocobalamin, 26 µg; menadione, 3.0 mg; nicotinic acid, 32 mg; pantothenic acid, 20 mg; Fe (as FeSO⁴H₂O), 70 mg; Mn (as MnO), 50 mg; Cu (as CuSO₄) 19 mg; Zn (as ZnO) 50mg; I [as KI], 0.5 mg; and Se (as Na₂SeO₃·5H₂O), 0.2 mg

²Provides these quantities per kilogram of complete diet: retinol, 10,000 IU; cholecalciferol, 2000 IU; tocopherol, 50 mg; thiamin, 2 mg; riboflavin, 3 mg; pyridoxine, 2 mg; cyanocobalamin, 30 mg; menadione, 1 mg; nicotinic acid, 20 mg; pantothenic acid, 10 mg; Fe (as FeSO⁴H₂O), 100 mg; Mn (as MnO), 50 mg; Cu (as CuSO₄) 20 mg; Zn (as ZnO) 100.6 mg; I [as Ca(IO₃)₂], 1 mg; and Se (as NaSeO₄), 0.3 mg

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้นของสุกรในแต่ละตัว และเมื่อสิ้นสุดในแต่ละระยะ (ระยะรุ่นสัปดาห์ที่ 5 และ ระยะขุนสัปดาห์ที่ 13) บันทึกน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอาหารที่กินเข้าไป เพื่อคำนวณหา ค่า ADG FCR และ ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กก. (Feed Conversion per Gain, FCG) รวมถึงการบันทึกอาการเจ็บป่วยและการตายของสุกรในขณะทดลอง

ผลผลิตซาก

ก่อนการชำสุกรทุกตัวมีการอดอาหารประมาณ 12–24 ชั่วโมง และมีระยะเวลาพักอยู่ในโรงพักสัตว์ก่อนการชำประมาณ 6–12 ชั่วโมง การชำสุกรจะทำหลังจากทำให้สุกรหมดสติก่อนด้วยการใช้เครื่องช็อคไฟฟ้า (Electrical stunning) เป็นไปตามมาตรฐานสากล จากนั้นใช้มีดแทงบริเวณลำคอ เพื่อเอาเลือดออก เมื่อสุกรตายสนิทแล้วจะนำเข้าลวกในถังน้ำร้อน (Scalding vat) เพื่อให้สามารถขูดขนได้ง่าย จากนั้นเปิดเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon) ที่ขาทั้ง 2 ข้าง สอดตะขอแขวนซาก (Gambrel) เพื่อยกซากสุกรขึ้นลอยกลางอากาศ การตัดหัว (Heading) จะใช้มีดตัดเข้าที่รอยต่อกระดูกคอข้อแรก (Atlas joint) แล้วใช้มีดผ่าแนวกลางท้อง ดึงเอาอวัยวะภายในออก (Evisceration) ก่อนที่จะทำการผ่าซากให้ออกเป็น 2 ซีก ตามแนวของกระดูกสันหลัง แล้วล้างซากให้สะอาด (จุฑารัตน์ และภัทราภรณ์, 2540; ธวัชชัย, 2555)

ลักษณะของซาก

ชั่งน้ำหนักซาก โดยทำการวัดเฉพาะค่าจากซี่กษาของซากสุกร และความยาวของซากวัดจากกระดูกซี่โครงซี่แรก จนถึงส่วนหน้าของกระดูกก้นกบ (Aitch bone) ของซาก (จตุพร, 2551)

การวัดความหนาไขมันสันหลัง (Back fat thickness)

ทำในสัปดาห์ที่ 5 (สิ้นสุดระยะขุน) และสัปดาห์ที่ 14 (สิ้นสุดระยะขุน) โดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ในการวัดไขมันสันหลังตำแหน่งที่ P2 (Roongsittichai and Tummaruk, 2014) ซึ่งเป็นไขมันสันหลังกึ่งกลางกล้ามเนื้อสันนอกบริเวณซี่โครงซี่สุดท้าย ห่างจากจุดกึ่งกลางลำตัวไปทางด้านซ้ายและขวา 6–8 ซม. ในสุกรทุกตัว

การวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lenden-Speck-Quotient, LSQ)

วัดความหนาที่ตำแหน่งมุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteus medius, BF3) ตำแหน่งไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteus medius, BF4) และตำแหน่งมุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อสะโพกไปตั้งฉากกับแนวของท่อน้ำไขสันหลัง (b) แล้วนำมาคำนวณตามสูตร $(BF3 + BF4) / 2b$ (Lothong et al., 2016)

การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area)

โดยการเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi* ระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 และ 11) ในซากสุกร ซีกขวา หลังจากนั้นใช้กระดาษลอกลายทาบบนตัวอย่างเนื้อสันนอก และใช้ดินสอวาดตามรอยเส้น รอบวงของมัดกล้ามเนื้อ (สุวรรณมา, ม.ป.ป.) ตัดกระดาษลอกลายตามรอยดินสอที่วาดไว้ แล้วจึงนำไปวัดพื้นที่ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบไม้ และบันทึกค่าที่อ่านได้

คุณภาพเนื้อ

การวัดค่า pH และสีเนื้อสุกร

โดยการเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi* ระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 และ 11) ในซากสุกร ซีกขวา ในการวัดค่า pH ทำการแทงหัววัด pH เข้าไปในชิ้นเนื้อลึกประมาณ 4 ซม. ในแต่ละตัวอย่าง และในการวัดค่าสีเนื้อ ทำโดยใช้เครื่องวัดความแตกต่างของสีแบบพกพา (Colorimeter Monolta) วัดค่าสี L^* (ความสว่าง), a^* (สีแดง) และ b^*

(ความเหลือง) ของเนื้อสัตว์ใน 2 ช่วงเวลา คือ หลังสุกรตาย 45 นาที และ 24 ชั่วโมง ในระหว่างนั้นเก็บตัวอย่างเนื้อใส่ถุงซิปล็อคแช่เย็นที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Liu et al., 2015)

การสูญเสียจากการเก็บรักษา (Drip loss)

เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกเนื้อ (*Longissimus dorsi*) ระหว่างซี่โครงคู่ที่ 11 และ 12) ชั่งน้ำหนักและห่อเนื้อด้วยผ้าก๊อซ ใส่ถุงพลาสติกซิปล็อค (Poly-bag zipper) ปิดปากถุงให้สนิทกันอากาศเข้า-ออก เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำชิ้นเนื้อออกมาชั่งน้ำให้แห้งและชั่งน้ำหนักใหม่ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักก่อนและหลัง (Liu et al., 2015) แสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการเก็บรักษา

การสูญเสียจากการทำละลายน้ำแข็ง (Thawing loss)

วิธีการทำจะคล้ายคลึงกับ วิธีการทำ Drip loss เพียงแต่ การทำ Thawing loss จะนำตัวอย่างชิ้นเนื้อ (*Longissimus dorsi*) ระหว่างซี่โครงคู่ที่ 12 และ 13) ไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเนื้อแข็งตัว จากนั้นนำออกมาไว้ภายนอกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำแข็งละลาย (สโรชา, 2554) บันทึกน้ำหนักตัวอย่างเนื้อก่อนและหลังแช่แข็ง นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียการละลาย

การสูญเสียหลังการปรุงสุก (Cooking loss):

เก็บตัวอย่างเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ระหว่างซี่โครงคู่ที่ 13 และ 14) บรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อค เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำร้อน (Water bath) ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที จนใจกลางชิ้นเนื้อจะมีอุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส (สุกัญญา และคณะ, 2556) ชั่งชิ้นเนื้อให้แห้งแล้วจึงชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูลนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน

แรงเฉือน (Shear force)

เก็บตัวอย่างเนื้อสุกหลังสุกรตาย 24 ชั่วโมง (เป็นชิ้นเนื้อเดียวกับการทำ Cooking loss) ตัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. และยาว 3 ถึง 4 ซม. นำไปวัดค่าที่เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้ใบมีดรูปตัว V (ขนาด 60 องศา) แบบย้อนกลับมีขอบเรียบ ที่ความเร็ว 100 mm/m (Laville et al., 2007)

การตรวจเลือด

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเลือด จากสุกรในทุกคอก คอกละ 1 ตัว รวม 18 ตัว เมื่อสิ้นสุกรระยะรุ่น (สัปดาห์ที่ 5) และระยะขุน (สัปดาห์ที่ 13) โดยใช้สุกรตัวเดิม ใช้เข็มเบอร์ 18 ยาวนิ้วครึ่ง เจาะที่เส้นเลือดดำบริเวณคอ (Ježek et al., 2018) เก็บในหลอดเก็บเลือดทั่วไปที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวเพื่อให้เลือดจับเป็นก้อนสำหรับการหาค่า Blood Urea Nitrogen (BUN), Creatine และ Total protein จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-8 °C เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ผล BUN และ Creatine ใช้วิธีการทดสอบสเปกโตรมิเตอร์อินฟราเรดอินฟราเรด (Lan et al., 2016) โดยเครื่องวัดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการหาค่าความเข้มข้นของโปรตีนทั้งหมด ใช้วิธีการไบยูเรตโดยใช้เครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ (Alberghina et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำไปวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test ระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS[®] OnDemand for Academics) ตามแบบหุนทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตสำหรับลักษณะที่ศึกษา, μ = ค่าเฉลี่ยรวม, A_i = อิทธิของกรดแก๊วไนดินแอสิดิก และ ϵ_{ij} = ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดย $\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

น้ำหนักเริ่มต้นของสุกรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรแสดงใน Table 2 ผลการศึกษาพบว่า ในสุกรระยะรุ่นกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อวันมากที่สุด ในระยะขุนการเสริม GAA ช่วยให้เพิ่มปริมาณการกินได้ของสุกร การลดระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารทำให้ปริมาณการกินลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ADG, FCR และ FCG ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การเสริม GAA ในอาหารส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กินในระยะรุ่น แต่ไม่ส่งผลต่อสุกรในระยะขุนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจมาจากโปรตีนและพลังงานที่ลดลงในอาหาร การลดโปรตีนและพลังงาน รวมถึงการเสริม GAA ไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การเสริม GAA ในอาหารที่มีการลดระดับโปรตีนและพลังงาน ช่วยทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มสูงสุดในระยะขุน ซึ่งสอดคล้องกับ Wang et al. (2012) รายงานว่า GAA ในอาหารไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในสุกร แต่ช่วยลดการเกิด lipid peroxidation และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญของอนุมูลอิสระในสุกรระยะขุน แตกต่างจาก Jayaraman et al. (2018) รายงานว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม GAA 0.12% มีประสิทธิภาพการเติบโตโดยรวมดีขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 การศึกษาอาจมาจากเพศ น้ำหนักตัวเริ่มต้น เวลาในการรักษา หรือปริมาณโภชนะในอาหารที่ได้รับ (Zhu et al., 2020)

Table 2 Effect of GAA supplementation in diet on growth performance

Item	T1	T2	T3	p-Value	SEM
Grower, 0–5 weeks					
Initial body weight (kg)	51.52±6.60	51.53±7.08	51.46±6.31	1.00	0.73
Body weight (kg)	78.31±4.21	76.98±5.18	76.67±4.01	0.80	0.49
Body weight gain (kg)	26.80±3.18	25.44±3.26	25.21±3.22	0.66	0.35
Feed intake (kg/day/pig)	1.90±0.02 ^A	1.88±0.01 ^B	1.88±0.01 ^B	< 0.01	0.00
ADG (kg/day)	0.77±0.09	0.73±0.09	0.72±0.09	0.67	0.01

Table 2 (continued)

Item	T1	T2	T3	p-Value	SEM
FCR	2.52±0.30	2.61±0.32	2.65±0.39	0.80	0.04
FCG	25.57±2.85	25.40±3.11	26.41±3.89	0.24	0.54
Finisher, 5–13 weeks					
Initial body weight (kg)	78.31±4.21	76.98±5.18	76.67±4.01	0.80	0.49
Body weight (kg)	107.85±3.02	104.76±2.92	106.84±3.97	0.29	0.39
Body weight gain (kg)	29.54±3.89	27.78±2.46	30.17±1.94	0.35	0.33
Feed intake (kg/day/pig)	2.37±0.04 ^A	2.31±0.01 ^B	2.35±0.00 ^A	< 0.01	0.00
ADG (kg/day)	0.53±0.07	0.50±0.04	0.54±0.04	0.43	0.01
FCR	4.58±0.83	4.68±0.42	4.38±0.26	0.64	0.06
FCG	44.74±6.94	45.69±4.07	43.32±2.55	0.70	0.81
Grower - Finisher, 0-13 weeks					
Body weight (kg)	107.85±3.02	104.76±2.92	106.84±3.97	0.29	0.39
Body weight gain (kg)	56.63±5.10	53.22±5.12	55.38±3.82	0.47	0.53
Feed intake (kg/day/pig)	2.25±0.05 ^A	2.16±0.01 ^C	2.20±0.02 ^B	< 0.01	0.01
ADG (kg/day)	0.62±0.06	0.59±0.06	0.61±0.04	0.53	0.01
FCR	3.55±0.40	3.69±0.35	3.58±0.25	0.76	0.04
FCG	35.50±4.04	35.95±3.39	35.50±2.46	0.49	0.55

^{A,B,C} Means within the same row with different superscripts are differ ($p < 0.01$)

ผลผลิตซากและคุณภาพเนื้อ

ผลผลิตซากสุกรและคุณภาพเนื้อที่ได้รับผลกระทบจากการเสริม GAA ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนและพลังงาน แสดงไว้ใน Table 3 พบว่า ไม่มีผลต่อผลผลิตซาก ทั้งในเรื่องของน้ำหนักซาก ความยากซาก LSQ ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ในส่วนของคุณภาพเนื้อ พบว่า การเสริม GAA ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนและพลังงาน ไม่ส่งผลกระทบต่อ pH ในเนื้อสุกร 24 ชั่วโมง ค่าสีเนื้อ ทั้ง 45 นาที และ 24 ชั่วโมง หลังจากสุกรตาย และพบว่า การลดระดับโปรตีนและพลังงานในอาหาร ส่งผลให้ค่า pH ที่ 45 นาทีลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่การเสริม GAA ในอาหารช่วยทำให้ค่า pH ที่ 45 นาทีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม GAA และทำให้ค่า pH ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ถึงแม้จะมีการลดระดับโปรตีนและพลังงานอาหารลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Li et al. (2018) รายงานว่าการเสริม GAA ในอาหารเพิ่ม pH ที่ 45 นาที ($p < 0.05$) เกี่ยวเนื่องกับการเผาผลาญพลังงานหลังจากสุกรตายออกซิเจนในเนื้อเยื่อจะค่อย ๆ หดลง และเริ่มกระบวนการไกลโคไลซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic glycolysis) ได้กรดแลคติกเป็นผลผลิต ส่งผลให้ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว (Bertol et al., 2005; Ryu and Kim, 2005; Kim et al., 2014) แต่พลังงานที่เพิ่มขึ้นจากการเสริม GAA ทำให้การเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกรดแลคติกช้า และทำให้ค่า pH คงที่หลังจากสุกรตาย (Liu et al., 2015) ต่างกับ Wyss and Kaddurah-

Daouk (2000) ที่รายงานว่า การเสริม GAA ในอาหารจะเพิ่ม pH ที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการเพิ่มระดับ Cr ของเซลล์กล้ามเนื้อ

Table 3 Effect of GAA supplementation in diet on carcass yield and meat quality

Item	T1 (control)	T2 (-1%CP & -50kcal)	T3 (-1%CP & -50kcal)+GAA	p-Value	SEM
Carcass weight (kg)	40.89±1.56	40.93±1.76	40.18±1.58	0.68	0.18
Carcass length (cm)	85.83±2.93	84.33±2.42	83.67±1.97	0.33	0.28
LSQ	0.18±0.05	0.20±0.05	0.18±0.03	0.54	0.01
Backfat thickness (mm)	21.51±3.97	21.29±3.53	21.02±2.26	0.97	0.36
Loin eye area (cm ²)	75.65±5.41	69.72±5.05	74.62±11.24	0.39	0.88
pH					
45 min	5.82±0.08 ^a	5.72±0.02 ^b	5.74±0.09 ^{ab}	< 0.05	0.01
24 hr	5.72±0.05	5.76±0.08	5.80±0.05	0.14	0.01
Meat color (45 min)					
L*	48.39±4.02	49.12±2.16	49.52±2.31	0.80	0.32
a*	5.51±1.33	6.12±0.40	5.96±1.10	0.57	0.11
b*	-0.95±0.97	-0.17±0.46	0.02±0.63	0.07	0.09
Meat color (24 hr)					
L*	52.68±3.72	53.18±3.68	55.13±2.09	0.41	0.37
a*	7.31±1.81	7.50±1.25	7.13±1.24	0.91	0.16
b*	1.35±1.38	0.76±1.17	1.20±0.83	0.66	0.13
Shear force (N)	70.54±13.07 ^C	104.78±10.94 ^A	87.75±12.64 ^B	< 0.01	2.09
Drip loss (%)	3.60±2.29	3.61±0.45	2.73±0.86	0.49	0.16
Thawing loss (%)	3.41±0.62 ^B	4.85±0.57 ^A	2.73±0.86 ^B	< 0.01	0.13
Cooking loss (%)	26.70±3.11 ^b	31.07±1.94 ^a	29.92±2.01 ^b	< 0.05	0.34

^{A,B,C} Means within the same row with different superscripts are differ ($p < 0.01$),

^{a,b,c} Means within the same row with different superscripts are differ ($p < 0.05$)

การเสริม GAA ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนและพลังงาน ส่งผลให้ค่า Thawing loss ($p < 0.01$) และ Cooking loss ($p < 0.05$) ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม GAA อาหาร แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p > 0.05$) เนื่องจากการลดลงของโปรตีนและพลังงานในอาหาร ทำให้พลังงานภายในเซลล์ไม่เพียงพอ หลังสัตว์ตายจึงเกิดปฏิกิริยาการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ในเนื้อลดลง การลดลงของ pH อาจจะไปสู่การสูญเสียสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง น้ำจึงไหลออกนอกเซลล์มากขึ้น (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005; จตุพร, 2551) สอดคล้องกับ Chotchuang (2016) ที่พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำที่น้อยลง เป็นผลมาจาก

ปริมาณของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น เมื่อน้ำไหลออกนอกเซลล์มากจะส่งผลให้เกิดลักษณะเนื้อ Pale Soft Exudative (PSE) คือลักษณะของเนื้อซีด เหลว ไม่คงตัว ซึ่งเป็นลักษณะไม่พึงประสงค์

ในการศึกษานี้การเสริม GAA ในอาหารที่ลดระดับโปรตีนและพลังงาน ส่งผลให้ค่าแรงเฉือน ($p < 0.01$) ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม GAA แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ Kim et al. (2014) รายงานว่า การเสริม GAA ส่งผลต่อการย่อยสลายของโปรตีน และระดับความนุ่มของเนื้อ (Li et al., 2018) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ PCr และ ATP ในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้มีเส้นใยแยกดินเพิ่มขึ้น และลดค่า shear force ได้ (Lemme et al., 2007; Michiels et al., 2012) นอกจากนี้ Liu et al. (2015) แสดงให้เห็นว่า การเสริม GAA ในอาหารช่วยเพิ่ม pH ที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมง ($p < 0.05$) และลด cooking loss ($p < 0.05$) และ shear force ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ค่าเลือด

การเสริม GAA และการลดระดับของโปรตีนและพลังงานไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเลือด ไม่ว่าจะเป็นค่า BUN Creatinine และ Total Protein ในเลือด ทั้งในระยะรุ่นและขุน (ดังแสดงใน Table 4) สอดคล้องกับ Park et al. (2008) พบว่าการเพิ่มระดับไขมันในอาหารที่มีพลังงานสูงและต่ำให้กับแม่สุกรเลี้ยงลูก ไม่มีผลกับค่า Blood profile แต่ในกลุ่มที่มีการให้พลังงานสูง (3,365 kcal/kg) มีระดับ ครีเอตินีน ($p = 0.025$) น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้อาหารพลังงานต่ำ (3,365 kcal/kg) แตกต่างจาก Fang et al. (2019) ที่รายงานว่า BUN ในเลือดลดลง (ระยะรุ่น) เนื่องจากสุกรได้รับพลังงานในอาหารมากขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่มการสะสมและการใช้โปรตีน ทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนในเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้นในสุกรขุน

Yu et al. (2019) รายงานว่า การลดระดับโปรตีนในอาหารลง (14% และ 17% CP) ส่งผลให้ BUN ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (20% CP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจาก BUN เป็นของเสียที่เกิดจากการเผาผลาญโปรตีนในร่างกาย (วันวิสาข์, 2561) ความเข้มข้นของ BUN มีความสัมพันธ์กับอัตราการขับไนโตรเจนในปัสสาวะ ดังนั้น BUN จึงสามารถนำมาใช้ในการทำนายประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน หรือโปรตีนในสุกรได้ (Kohn et al., 2005)

Table 4 Effect of NTPB plus supplementation in diet on blood profiles of pigs

Item	T1 (control)	T2 (-1%CP & 50kcal)	T3 (-1%CP & -50kcal)+GAA	p-Value	SEM
Grower					
BUN (mg/dL)	8.40±0.81	6.45±1.65	7.45±1.53	0.08	0.17
Creatinine (mg/dL)	1.49±0.16	1.47±0.17	1.49±0.16	0.98	0.12
Total Protein (g/dL)	5.97±0.29	5.82±0.43	5.92±0.30	0.75	0.04
Finisher					
BUN (mg/dL)	12.88±1.71	9.83±2.58	11.32±3.02	0.14	0.30
Creatinine (mg/dL)	1.79±0.31	1.86±0.16	1.61±0.15	0.17	0.03
Total Protein (g/dL)	6.00±0.27	5.88±0.18	5.88±0.15	0.54	0.02

สรุป

การเสริม GAA และการลดระดับโปรตีนและพลังงานในอาหาร ไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และผลผลิตซากของสุกร ถึงแม้ GAA ช่วยให้ปริมาณการกินของสุกรระยะรุ่นเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม GAA แต่ไม่ส่งผลต่อสุกรในระยะขุนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจมาจากพลังงานและโปรตีนที่ลดลงในอาหาร อย่างไรก็ตาม สำหรับอาหารที่มีการลดระดับโปรตีนและพลังงาน การเสริม GAA สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของเนื้อสุกรได้ โดยไปส่งผลให้ Shear force, Thawing loss และ Cooking loss ในเนื้อลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัท Numega Nutrition สิงคโปร์ เป็นอย่างยิ่งสำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัย และภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง รวมถึงเจ้าหน้าที่ภายในภาควิชาที่ให้ความแนะนำและสนับสนุนตลอดการทดลองนี้

เอกสารอ้างอิง

- จตุพร คุณแก้ว. 2551. การศึกษาลักษณะซากและคุณภาพของเนื้อสุกรพื้นบ้านไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, ภัทราภรณ์ เชื้อนนตา, รุจรีน ลิ้มศุภวานิช. 2540. การชำแหละซากขุนต่อคุณภาพเนื้อสุกร. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 239–247.
- รัชชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. 2555. เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- วันวิสาข์ อุดมสินประเสริฐ. 2561. ผลแลปจากการตรวจเลือด. <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/30> กันยายน 2564.
- สโรชา กล้าฉนวน. 2554. ผลของเพศและอายุที่มีต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อกระบือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สุกัญญา ยอดสร้อย, นิราภรณ์ ชัยวัง, เสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ, กรวรรณ ศรีงาม, ทรงเกียรติ สุวรรณศิริกุล, สัตย์ชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2556. คุณภาพเนื้อของโคดอย และโคขาวลำพูน เปรียบเทียบกับโคลูกผสมบราห์มัน. เกษตร. 41: 45–50.
- สุวรรณา พรหมทอง. ม.ป.ป. การจัดการสุกร (Swine Farm Management). สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- Alberghina, D, Giannetto, C., Vazzana, I., Ferrantelli, V., Piccione, G. 2011. Reference intervals for total protein concentration, serum protein fractions, and albumin/globulin ratios in clinically healthy dairy cows. J. Vet. Diagn. Invest. 23: 111–114. doi.org/10.1177/104063871102300119
- Bertol, T.M., Ellis, M., Ritter M.J., McKeith, F.K. 2005. Effect of feed withdrawal and handling intensity on longissimus muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs. J. Anim. Sci. 83: 1536–1542. doi:10.2527/2005.8371536x

- Chotchuang, W. 2016. The influence of finishing pig transportation time to slaughterhouse on pork quality. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University.
- Dash, A.K., Miller, D.W., Huai-Yan, H., Carnazzo, J., Stout, J.R. 2001. Evaluation of creatine transport using Caco-2 monolayers as an *in vitro* model for intestinal absorption. J. Pharm. Sci. 90: 1593–1598. doi: 10.1002/jps.1109
- Fang, L.H., Jin, Y.H., Do, S.H., Hong, J.S., Kim, B.O., Han, T.H., Kim, Y.Y. 2019. Effects of dietary energy and crude protein levels on growth performance, blood profiles, and carcass traits in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. Technol. 61: 204–215. doi: 10.5187/jast.2019.61.4.204
- He, D.T., Gai, X.R., Yang, L.B., Li, J.T., Lai, W.Q., Sun, X.L., Zhang, L.Y. 2018. Effects of guanidinoacetic acid on growth performance, creatine and energy metabolism, and carcass characteristics in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 96: 3264–3273. doi:10.1093/jas/sky186
- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Sci. 71: 194–204. doi: 10.1016/j.meatsci. 2005.04.022
- Jayaraman, B., Kinh, L., Huyen, L.T.T., Vinh, D., Carpena, M.E., Rademacher, M., Channarayapatna, G. 2018. Supplementation of guanidinoacetic acid to pig diets: Effects on performance, carcass characteristics, and meat quality. Anim. Sci. J. 96: 2332–2341. doi: 10.1093/jas/sky137
- Ježek, J., Starič, J., Nemeč, M., Plut, J., Oven, I.G., Klinkon, M., Štukelj, M. 2018. The influence of age, farm, and physiological status on pig hematological profiles. J. Swine Health Prod. 26: 72–78.
- Kim, Y.H.B., Warner, R.D., Rosenvold, K. 2014. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: A review. Anim. Prod. Sci. 54: 375–395. doi.org/10.1071/AN13329
- Kohn, R.A., Dinneen, M.M., Russek-Cohen, E. 2005. Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats. J. Anim. Sci. 83: 879–889. doi: 10.2527/2005.834879x
- Lan, R., Tran, H., Kim, I. 2017. Effects of probiotics supplementation in different nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, fecal microflora and noxious gas emission in weaning pigs. J. Sci. Food Agric. 9: 1335–1341. doi: 10.1002/jsfa.7871
- Laville, E., Sayd, T., Terlouw, C., Chambon, C., Damon, M., Larzul, C., Leroy, P., Glénisson, J., Chérel, P. 2007. Comparison of sarcoplasmic proteomes between two groups of pig muscles selected for shear force of cooked meat. J. Agric. Food Chem. 55: 5834–5841. doi: 10.1021/jf070462x
- Lemme, A., Ringel, J., Sterk, A., Young, J.F. 2007. Supplemental guanidino acetic acid affects energy metabolism of broilers, pp. 26-30. In: Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition. France.
- Li, J., Zhang, L., Fu, Y., Li, Y., Jiang, Y., Zhou, G.H., Gao, F. 2018. Creatine monohydrate and guanidinoacetic acid supplementation affects the growth performance, meat quality and creatine metabolism of finishing pigs. J. Agric. Food Chem. 66: 9952–9959. doi: 10.1021/acs.jafc.8b02534

- Liu, Y., Li, J.L., Li, Y.J., Gao, T., Zhang, L., Gao, F., Zhou, G.H. 2015. Effects of dietary supplementation of guanidinoacetic acid and combination of guanidinoacetic acid and betaine on postmortem glycolysis and meat quality of finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 205: 82–89. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.03.010
- Lothong, M., Tachampa, K., Assavacheep, P., Angkanaporn, K. 2016. Effect of dietary betaine supplement on backfat thickness and serum IGF-1 in late finishing pigs. *Thai J. Vet. Med.* 46: 427–434.
- Michiels, J., Maertens, L., Buyse, J., Lemme, A., Rademacher, M., Dierick, N.A., De Smet, S. 2012. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. *Poult. Sci. J.* 91: 402–412. doi: 10.3382/ps.2011-01585
- Ostojic, S.M. 2016. Guanidinoacetic acid as a performance-enhancing agent. *Amino Acids* 48: 1867–1875. doi: 10.1007/s00726-015-2106-y
- Ostojic, S. M., Niess, B., Stojanovic, M., Obrenovic, M. 2013. Creatine metabolism and safety profiles after six-week oral guanidinoacetic acid administration in healthy humans. *Int. J. Med. Sci.* 10: 141–147. doi: 10.7150/ijms.5125
- Park, M.S., Yang, Y.X., Choi, J.Y., Yoon, S.Y., Ahn, S.S., Lee, S.H., Yang, B.K., Lee, J.K., Chae, B.J. 2008. Effects of dietary fat inclusion at two energy levels on reproductive performance, milk compositions and blood profiles in lactating sows. *Acta Agric. Scand. A.* 58: 121–128. doi: 10.1080/09064700802400803
- Roongsitthichai, A., Tummaruk, P. 2014. Importance of backfat thickness to reproductive performance in female pigs. *Thai J. Vet. Med.* 44: 171–178.
- Ryu, Y.C., Kim, B.C. 2005. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. *Meat Sci.* 71: 351–357. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.04.015
- Wang, L.S., Shi, B.M., Shan, A.S., Zhang, Y.Y. 2012. Effects of guanidinoacetic acid on growth performance, meat quality and antioxidation in growing-finishing pigs. *J. Anim. Vet. Adv.* 11: 631–636.
- Wyss, M., Kaddurah-Daouk, R. 2000. Creatine and creatinine metabolism. *Physiol. Rev.* 80: 1107–1213. doi.org/10.1152/physrev.2000.80.3.1107
- Zhu, Z., Gu, C., Hu, S., Li, B., Zeng, X., Yin, J. 2020. Dietary guanidinoacetic acid supplementation improved carcass characteristics, meat quality and muscle fibre traits in growing–finishing gilts. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 104: 1454–1461. doi: 10.1111/jpn.13410

การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการย่อยได้ของต้นข้าวหมัก 3 สายพันธุ์ด้วยเทคนิคถุงไนลอน

Comparison of chemical composition and digestibility of whole crop rice 3 varieties using nylon bag technique

นพดล ชัยวิสูตร^a, อัญชลี คงประดิษฐ์^a, ภูมพงศ์ บุญแสน^a, ภัศราพร ธีรศัพท์ปัญญา^b, สุริยะ สะวานนท์^{a,*}
Noppadon Chaiwisut^a, Anchalee Khongpradit^a, Poompong Boonsaen^a, Patsaraporn Teerasappanyu^b,
Suriya Sawanon^{a,*}

^aภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^bสำนักงานปศุสัตว์อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

^aDepartment of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^bKamphaeng Saen Nakhon Pathom Livestock Office, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsusa@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและศักยภาพการย่อยสลายได้ด้วยเทคนิคถุงไนลอน โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยอาหารหยาบหมักคือข้าวสามพันธุ์ (ปทุมธานี 1, สุพรรณบุรี 1 และ กข61) ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และเนเปียร์หมัก จากการศึกษาพบว่าต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปริมาณโปรตีน 7.74%DM และ NDF 56.61%DM ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีปริมาณ NDF เท่ากับ 74.06%DM การวัดการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของโคด้วยถุงไนลอน พบว่า หลังจากการบ่มในกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาต่าง ๆ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีปริมาณการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งในแต่ละชั่วโมงและประสิทธิภาพการย่อยได้ (Effective degradability, ED) สูงที่สุด ($p < 0.01$) ความสามารถในการย่อยได้ของเนเปียร์กับข้าวสามสายพันธุ์หมักไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสามสายพันธุ์พบว่า ข้าวสายพันธุ์ กข61 มีค่า ED และปริมาณการย่อยสลายได้ของอาหารในรูปวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 48 และ 72 สูงกว่าข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ($p < 0.05$) ข้าวทั้งสามสายพันธุ์มีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คำสำคัญ: ความสามารถในการย่อยสลายได้, ต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก, เทคนิคถุงไนลอน, สัตว์เคี้ยวเอื้อง

Abstract

This study was aimed to evaluate the chemical composition and the degradation potential using the nylon bag technique. Randomized completely block design (RCBD) was used in this study. Five treatments were as follow: three whole crop rice silage (WSC) (Pathum Thani 1, Suphanburi 1, and RD61), baby corn stalk silage (BCS) and Napier grass silage (NGS). The results show a variety of Pathum Thani 1 had protein content (7.74%DM) and NDF (56.61%DM). Suphanburi 1 was 74.06%DM of NDF. Degradation in cattle rumen using the nylon bag technique. It was found that after incubation, BCS had the highest dry matter disappearance per hour and effective degradability (ED) ($p < 0.01$) compared with the other silage. The results showed that RD61 had higher ED values and dry matter disappearance (%) at 48 and 72 hours after incubation than Suphanburi 1 ($p < 0.05$). The whole rice silage of three variants were good for roughage in ruminants.

Keywords: Effective degradability, Nylon bag technique, Ruminant, Whole crop rice silage

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของหลายประเทศในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมักประสบปัญหาในด้านราคาขาย เช่น ปัญหาด้านการผลิตข้าวมากกว่าความต้องการบริโภค ปัญหาคู่แข่งระหว่างประเทศขายตัดราคา ปัญหาน้ำท่วมหรือน้ำแล้ง ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ประสบปัญหาดังกล่าว และส่งผลให้ประสบปัญหาด้านราคาข้าวตกต่ำในบางช่วงเวลาทำให้เกษตรกรขายข้าวได้ในราคาต่ำ (ธนวัฒน์ และคณะ, 2560) ดังนั้นในภาวะที่ราคาข้าวตกต่ำหากมีการนำต้นข้าวพร้อมเมล็ดมาทำเป็นอาหารหยาบหมักให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องจะสามารถช่วยให้เกษตรกรมีรายได้โดยไม่จำเป็นต้องเก็บเมล็ดข้าวเปลือกไว้เพื่อรอการจำหน่ายเมื่อราคาข้าวสูงขึ้น และในทางตรงกันข้ามหากสถานการณ์ราคาข้าวสูงขึ้นเกษตรกรสามารถกลับมาปลูกข้าวเพื่อจำหน่ายในรูปของข้าวเปลือกได้อีก ประเทศไทยมีการปลูกข้าวทุกภาคเพื่อการบริโภคและมีข้าวหลากหลายสายพันธุ์ ข้าวที่ปลูกมีทั้งสายพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งสายพันธุ์ข้าวที่ปลูกจะขึ้นกับความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศในพื้นที่นั้น สายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาและปริมาณผลผลิตของข้าว เช่น ข้าวสายพันธุ์ กช61 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 90 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 684 กก./ไร่ ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวเจ้าต้นสูงไม่ไวต่อช่วงแสงเหมาะที่จะปลูกเป็นข้าวนาปีหรือนาปรัง อายุการเก็บเกี่ยวปานกลางประมาณ 110 วัน ให้ผลผลิต 650-775 กิโลกรัม/ไร่ และข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เป็นข้าวเจ้าต้นสูงไม่ไวต่อช่วงแสงเหมาะที่จะปลูกเป็นข้าวนาปีหรือนาปรัง อายุการเก็บเกี่ยวยาวประมาณ 120 วัน ให้ผลผลิตสูง 700-800 กิโลกรัม/ไร่ (กรมการข้าว, 2552; อารีรัตน์, 2548; เเบญจวรรณ และคณะ, 2559)

การทำพืชหมักมีวัตถุประสงค์เพื่อให้คงคุณค่าทางโภชนาไว้ได้นานขึ้น โดยทำในพืชที่มีความชื้นสูง ประมาณ 55-75% (พันทิพา, 2539) กระบวนการหมักอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน และจุลินทรีย์จะทำการผลิตกรดแลคติกออกมาทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ช่วยรักษาคุณภาพของพืชหมักให้คงสภาพไว้ได้นาน (Weinberg et al., 2010) ต้นข้าวโพดเป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนหมัก จัดเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายเป็นส่วนประกอบในลำต้นและใบทำให้ย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนอาจจะมีฝักหลงเหลือจากการเก็บเกี่ยวซึ่งเมล็ดมีแป้งอยู่สูง (สายัณห์, 2548) ในขณะที่หญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่นิยมปลูกกันมากเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากหญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยได้ดี เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตต่อไร่สูง (สำราญ, 2554)

จากการรายงานก่อนหน้านี้นี้พบว่า ต้นข้าวพร้อมเมล็ดมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นพืชอาหารหมักเพราะมีความชื้นประมาณ 70% และมีโปรตีนรวมประมาณ 10% เมื่อเก็บเกี่ยวที่ระยะข้าวสุก (Wanapat and Kang, 2013) นอกจากนี้ Ki et al. (2009) รายงานว่า ปริมาณเยื่อใยในรูปผนังเซลล์และโปรตีนรวมใกล้เคียงกันระหว่างต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีการพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวขึ้นมาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้สายพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โรค และแมลงได้ดี เพื่อให้ได้ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางโภชนาที่ดี ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก 3 สายพันธุ์ (ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน) ด้วยเทคนิคถุงในลอน

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง

โคเจาะกระเพาะเพศผู้ตอนโตเต็มวัย จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Block Design; RCBD) โดยทำการบล็อกสายพันธุ์ของโค ประกอบด้วย โคนมลูกผสมสายไฮลส์ไตร์นรี่เซียน (เป็นตัวแทนของโคนม) จำนวน 2 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 922.00 ± 32.53 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยฟางข้าว 6 กก./ตัว/วัน (เช้า 3 กก. และเย็น 3 กก.) เสริมด้วยอาหารชั้นในมือเช้า 3 กก./ตัว/วัน และโคเนื้อลูกผสมสายพันธุ์พื้นเมือง \times บราห์มัน (เป็นตัวแทนของโคเนื้อ) จำนวน 2 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 638.50 ± 58.69 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยฟางข้าว 5 กก./ตัว/วัน (เช้า 2.5 กก. และเย็น 2.5 กก.) เสริมด้วยอาหารชั้นในมือเช้า 2 กก./ตัว/วัน โคทั้งสองกลุ่มได้รับอาหารหยาบและอาหารชั้นในสัดส่วน 66.67 ต่อ 33.33 ทำการเลี้ยงโคในคอกแบบขังเดี่ยว (พื้นที่คอกขนาด 2.5 ม. \times 4 ม.) และมีน้ำสะอาดให้กินอย่างเต็มที่ตลอดเวลา การจัดการโคทดลองตามมาตรฐานที่ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ACKU60-AGK-016) โดยทำการเลี้ยงสัตว์ทดลองที่หน่วยวิจัยสัตว์เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมต้นข้าวพร้อมเมล็ด

ทำการปลูกข้าว 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ กข61 สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และสายพันธุ์ปทุมธานี 1 บนพื้นที่ 1.5 ไร่ ต่อสายพันธุ์ โดยการไถเตรียมดินครั้งแรกเพื่อพลิกกลับหน้าดินและพลิกกลับวัชพืช จากนั้นระบายน้ำเข้าแปลงนาเพื่อหมักวัชพืชให้เน่าเปื่อย โดยใช้เวลาประมาณ 30 วัน และทำการไถเตรียมดินครั้งที่สองเพื่อปรับระดับพื้นที่ให้เรียบสม่ำเสมอเพื่อรองรับการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว

ทำการเพาะเมล็ดข้าว ทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยการแช่น้ำ 1 คืน จากนั้นหว่านเมล็ดข้าว โดยใช้เครื่องพ่นเมล็ดข้าวในอัตราส่วน 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากหว่านเมล็ดเสร็จช่วงเย็น ระบายน้ำออกจากแปลงนาช่วงเช้าหลังจากนั้นสองวันปล่อยน้ำเข้าแปลงนาเพื่อเลี้ยงต้นข้าว การจัดการและดูแลแปลงข้าว ประกอบด้วย การฉีดยาควบคุมและกำจัดวัชพืช จำนวน 2 ครั้ง (วันที่ 10 และ 30 หลังจากหว่านเมล็ด) โดยใช้ตัวยาเอพวัน อาบาเทคนูโจล 80 คาซุมิน แอล และไมโคร-แคล ในปริมาณตัวยาละ 50 มิลลิลิตร และทำการใส่ปุ๋ยจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เมื่อข้าวมีอายุได้ 25 วัน ใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ปริมาณ 20 กิโลกรัม/ไร่ และครั้งที่ 2 เมื่อข้าวมีอายุได้ 50 วัน ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 ปริมาณ 20 กิโลกรัม/ไร่

การทำพีชหมัก

ต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมัก 3 สายพันธุ์ ที่เก็บเกี่ยวในระยะน้ำนม หรือมีเมล็ดสุกประมาณ 25-30% โดยต้นข้าวพร้อมเมล็ดจะถูกเก็บเกี่ยวที่อายุแตกต่างกัน คือ คือ ข้าวสายพันธุ์ กข61 เก็บเกี่ยวที่อายุ 78 วัน ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เก็บเกี่ยวที่อายุ 96 วัน และข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 เก็บเกี่ยวที่อายุ 100 วัน ตามลำดับ โดยทำการเก็บเกี่ยวสูงจากพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นทำการสุมเก็บผลผลิตข้าวพร้อมเมล็ดบนพื้นที่ 50×50 ตารางเซนติเมตร จำนวน 12 จุดต่อพื้นที่ 1 ไร่ และนำมาแยกส่วนที่เป็นเมล็ดออกจากส่วนที่เป็นต้นและใบเพื่อเก็บข้อมูลในด้านต่าง ๆ ส่วนต้นข้าวพร้อมเมล็ดที่เหลือนำมาสับด้วยเครื่องสับหญ้า ความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร บรรจุใส่ถุงหมักโดยใช้ถุงพลาสติกสีใสบางหนา และชั้นนอกเป็นถุงใส่อาหารสัตว์ ทำการหมักเป็นระยะเวลาประมาณ 100 วัน และทำการสุมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความชื้นและคุณค่าทางโภชนา

ต้นข้าวโพดหมัก ใช้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้จากการเก็บฝักอ่อนไปแล้ว อายุในการตัดต้นข้าวโพดฝักอ่อนประมาณ 60 วันหลังจากปลูก โดยทำการตัดสูงจากพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นนำต้นข้าวโพดฝักอ่อนมาสับด้วยเครื่องสับหญ้า ความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร บรรจุใส่ถุงหมักโดยใช้ถุงพลาสติกสีใสแบบหนาและชั้นนอกเป็นถุงใส่อาหารสัตว์ ทำการหมักเป็นระยะเวลาประมาณ 100 วัน และทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความชื้นและคุณค่าทางโภชนาการ

หญ้าเนเปียร์หมัก เป็นหญ้าเนเปียร์ที่มีอายุหลังจากตัดแล้วประมาณ 60 วัน โดยทำการตัดสูงจากพื้นดินประมาณ 5-10 เซนติเมตร จากนั้นนำมาสับด้วยเครื่องสับหญ้า ความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร บรรจุใส่ถุงหมักโดยใช้ถุงพลาสติกสีใสแบบหนาและชั้นนอกเป็นถุงใส่อาหารสัตว์ ทำการหมักเป็นระยะเวลาประมาณ 100 วัน และทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความชื้นและคุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในพืชหมัก

นำอาหารทดลองมาอบในเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ (AOAC, 2019) แคลเซียม ฟอสฟอรัส เยื่อใยในรูปของ NDF ADF และ ADL (AOAC, 2016)

การศึกษาการย่อยได้ของวัตถุดิบในกระเพาะรูเมนด้วยเทคนิคถุงไนลอน

การศึกษาครั้งนี้มีแหล่งของพืชอาหารหายาหมักที่แตกต่างกัน จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ต้นข้าวโพดพร้อมเมล็ดหมักสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวสาลีพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวสาลีพันธุ์ กข61 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมัก และหญ้าเนเปียร์หมัก ที่ผ่านการบดด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งตัวอย่างอาหาร 5 กรัม ใส่ถุงไนลอนที่มีขนาด 7×15 เซนติเมตร (จำนวน 4 ซ้ำ หรือใช้โคเจาะกระเพาะ 4 ตัว) แล้วนำไปแช่ในกระเพาะหมักที่ช่วงเวลาต่าง ๆ กัน คือ 5 นาที, 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดระยะเวลาให้นำถุงไนลอนออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่และทำการชั่งน้ำหนักถุงไนลอนที่มีอาหารทดลองเหลืออยู่ในถุงเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณอาหารที่สูญหายไป และประเมินค่าจลศาสตร์การย่อยได้ของวัตถุดิบตามวิธีการของ Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้สมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ เมื่อ P คือ ความสามารถในการย่อยสลาย (%), a คือ ส่วนที่สามารถละลายในน้ำได้ทันที (%), b คือ ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่สามารถย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (%), c คือ อัตราการย่อยสลายตัวคงที่ของ b (%/ชั่วโมง) และ t คือ ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ นอกจากนี้ คำนวณประสิทธิภาพการย่อยสลาย (ED) ของวัตถุดิบโดยใช้สมการ $ED = a + (bc)/(c+k)$ ตามวิธีการของ McDonald (1981) เมื่อ a, b, c คือ ความหมายตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ในขณะที่ k คือ อัตราการไหลผ่าน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) โดยทำการบล็อกด้วยสายพันธุ์โค (2 สายพันธุ์) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอาหารทดลองด้วยวิธี Tukey's Multiple Comparison test โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2021)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักสามสายพันธุ์ ต้นข้าวโพดหมักและหญ้าเนเปียร์หมัก

ข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งออกดอกตามอายุของสายพันธุ์ค่อนข้างแน่นอน และเป็นข้าวที่ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานโรคและแมลงได้ดี (กรมการข้าว, 2552) ข้าวทั้งสามสายพันธุ์ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวอยู่ในระยะที่เรียกว่า ระยะเมล็ดข้าวเป็นน้ำนม พบว่า ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ผลผลิตของต้นและเมล็ดรวมกันต่อไร่สูงสุด ในขณะที่ ข้าวสายพันธุ์ กข61 ให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด (Table 1) สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องมาจากข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวที่มีลำต้นสูงและเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่าข้าวสายพันธุ์ กข61 จึงทำให้ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่าข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น

Table 1 Yield of whole crop rice 3 varieties

Item	Pathum Thani 1	Suphan Buri 1	RD61
Age at harvest (days)	100	96	78
Yield (kg/Rai)	5,824	4,736	3,584
Dry matter yield (kgDM/Rai)	2,076	1,964	1,432
Botanical fractions			
Grain (g/kgDM)	178.50	182.00	204.40
Stem and leaf (g/kgDM)	201.60	251.60	220.32
Grain : Stem and leaf (%DM)	46.96 : 53.04	41.97 : 58.03	48.13 : 51.87

1 Rai = 1,600 m²

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว 3 สายพันธุ์ ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและหญ้าเนเปียร์หมัก (Table 2) ปริมาณโปรตีนหยาบในข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 3 กข61 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและหญ้าเนเปียร์หมัก คือ 7.74, 6.92, 7.59, 7.15 และ 6.32 %DM ตามลำดับ ปริมาณเถ้าในข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 กข61 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและหญ้าเนเปียร์หมัก คือ 13.02, 14.59, 14.73, 9.43 และ 11.37 %DM ตามลำดับ ปริมาณลิกนินในข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 กข61 ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักและหญ้าเนเปียร์หมัก คือ 8.17, 8.69, 6.04, 5.89 และ 2.17 %DM ตามลำดับ โดยหญ้าเนเปียร์หมักมีปริมาณลิกนิน (ADL) ต่ำกว่าอาหารหยาบหมักชนิดอื่น เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ที่ปลูกมีการให้น้ำและปุ๋ยน้ำมูลโคทำให้หญ้าเจริญเติบโตได้ดีมาก การตัดที่อายุ 60 วัน เป็นระยะที่ลำต้นมีการสะสมลิกนินยังไม่สูงมากนัก (พืชจะสะสมลิกนินมากเมื่อพืชแก่หรืออายุมาก) ในขณะที่ ต้นข้าวหรือต้นข้าวโพดฝักอ่อนทำการเก็บเกี่ยวในระยะที่พืชเริ่มแก่แล้วจึงมีพบปริมาณลิกนินสะสมอยู่ในปริมาณมาก เช่นเดียวกับการศึกษาของ วิรัชและคณะ (2542) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ที่ตัดเมื่ออายุ 40 วัน มีผลผลิตในรูปน้ำหนักแห้งน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ที่ตัดเมื่ออายุ 50 วัน และพบว่าเมื่อตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุมากขึ้นจะทำให้ปริมาณเยื่อใยในรูป NDF, ADF และ ADL เพิ่มขึ้นแต่ในทางตรงกันข้ามจะมีปริมาณโปรตีนหยาบลดลง และสัดส่วนของใบต่อลำต้นลดลง (Manyawu et al., 2003) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ระยะการเจริญเติบโตเต็มที่ของพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ส่งผลให้อายุที่เหมาะสมในการตัดมาเป็นอาหารสัตว์ (คุณภาพและปริมาณ) มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งสภาพการจัดการแปลงปลูกพืชอาหารสัตว์นั้น (บุญล้อม และคณะ, 2543)

Table 2 Chemical composition of whole crop rice 3 varieties, baby corn silage and Napier grass

Item	DM (%)	CP (%DM)	EE (%DM)	Ash (%DM)	Ca (%DM)	P (%DM)	NDF (%DM)	ADF (%DM)	ADL (%DM)	TC (%)
Pathum Thani 1	35.65	7.74	2.21	13.02	0.36	0.27	56.61	44.50	8.17	77.03
Suphan Buri 1	41.47	6.92	1.95	14.59	0.36	0.26	74.06	58.18	8.69	76.54
RD61	39.95	7.59	2.63	14.73	0.36	0.26	53.62	39.22	6.04	75.06
Baby corn stalk silage	20.56	7.15	1.95	9.43	0.34	0.08	71.74	43.53	5.89	81.47
Napier grass silage	20.42	6.32	1.71	11.37	0.27	0.24	73.20	55.03	2.17	80.60

DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; Ca, calcium; P, phosphorus; NDF, neutral detergent fibre; ADF, acid detergent fibre; ADL, acid detergent lignin; TC, Total carbohydrates were estimated according to Sniffen et al. (1992), as follows: $TC = 100 - (\%CP + \%EE + \%ash)$

Mean \pm SD in the same row followed by differ superscripts are significant different ($p < 0.01$)

SEM, the standard error of the mean

ความสามารถในการสลายวัตถุดิบ

การศึกษาการย่อยได้โดยใช้ถุงไนลอน พบว่า ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีค่าการย่อยสลายที่ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p < 0.01$) กับข้าวสาลีพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 และหญ้าเนเปียร์หมัก (Table 3) ในชั่วโมงที่ 48 และ 72 ของการบ่ม พบว่า ข้าวสาลีพันธุ์ กข61 มีการย่อยสลายได้สูงกว่าข้าวสาลีพันธุ์ สุพรรณบุรี 1 ($p < 0.05$) Ørskov et al. (1988) รายงานว่า การย่อยสลายได้ของวัตถุดิบที่ 48 ชั่วโมงจะมีความคล้ายคลึงกับการย่อยได้ในตัวสัตว์ แสดงให้เห็นว่าข้าวสาลีพันธุ์ กข61 เมื่อนำใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัตว์จะมาสสามารถใช้อประโยชน์ได้มากกว่าข้าวสาลีพันธุ์สุพรรณบุรี 1 อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการสลายได้ของวัตถุดิบของหญ้าเนเปียร์จะมีค่าต่ำใกล้เคียงกับข้าวสุพรรณบุรี 1 ถึงแม้ว่าหญ้าเนเปียร์จะมีลิกนินเป็นส่วนประกอบที่ต่ำก็ไม่ได้ส่งผลให้การสลายได้ของวัตถุดิบสูงขึ้น เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการสลายได้ของวัตถุดิบขึ้นกับโภชนาการที่ย่อยสลายได้เร็ว เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย โปรตีน ไขมัน แล้วตามด้วยองค์ประกอบของผนังเซลล์ที่ย่อยได้ง่าย เช่น เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ตามลำดับ (สุริยะ, 2561) ในขณะที่ลิกนินเป็นส่วนที่ย่อยได้ยากมากในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Table 3 Dry matter disappearance (%) at various incubation times of whole crop rice silage and other roughages

Incubation time (hr)	Pathum thani 1 silage	Suphanburi 1 silage	RD61 silage	Baby corn stalk silage	Napier grass silage	SEM	p-value
0	11.99±2.95 ^c	10.35±0.49 ^c	14.48±2.30 ^{bc}	25.51±0.86 ^a	19.29±1.39 ^b	2.00	<0.01
6	16.39±2.01 ^{cd}	13.04±0.49 ^d	19.52±3.06 ^{bc}	29.37±1.88 ^a	21.45±1.27 ^b	1.67	<0.01
12	20.95±0.57 ^{bc}	16.26±0.91 ^c	23.88±1.46 ^b	34.22±4.30 ^a	23.92±2.95 ^b	2.14	<0.01
24	26.92±4.53 ^b	24.07±5.34 ^b	33.46±6.13 ^{ab}	42.74±3.77 ^a	29.41±2.61 ^b	4.70	<0.01
48	37.76±4.44 ^c	33.09±2.01 ^c	44.57±2.66 ^b	55.58±4.51 ^a	34.70±3.30 ^c	2.90	<0.01
72	41.66±5.25 ^{bc}	34.56±2.50 ^c	49.02±2.38 ^b	62.04±3.60 ^a	39.37±2.84 ^c	3.40	<0.01

Mean±SD in the same row followed by differ superscripts are significant different ($p < 0.01$)

SEM, the standard error of the mean

จลศาสตร์การย่อยสลายโภชนาในกระเพาะรูเมน

ค่าการย่อยสลาย (degradability parameters) ประกอบไปด้วยส่วนที่ละลายได้ (soluble fraction, a) และประสิทธิภาพในการย่อยสลาย (potential degradability, a+b) พบว่า ต้นข้าวโพดหมักมีค่า a และ a+b สูงกว่าแหล่งของอาหารหยาบชนิดอื่น ($p < 0.01$) (Table 4) ส่วนที่ไม่ละลายแต่เกิดการย่อยสลายได้ (degradability of water insoluble, b) ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีค่าการย่อยสลายได้สูงกว่าหญ้าเนเปียร์หมัก ($p < 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับข้าวสาลีพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวสาลีพันธุ์ กข61 ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีคุณค่าทางโภชนาที่สูงกว่าทำให้มีการย่อยสลายได้ดีกว่าหญ้าเนเปียร์หมัก Karabulut et al. (2007) รายงานว่า พืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาสูงจะย่อยสลายในรูปวัตถุแห้งได้ดีกว่าพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาต่ำ ค่าอัตราการย่อยสลาย (effective degradability, ED) ของแหล่งอาหารที่แตกต่างกันพบว่า ต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีค่าสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เนื่องจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนหมักมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าพืชอาหารหยาบชนิดอื่น Yahara et al. (1981) ทำการศึกษาการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งของต้นข้าวพร้อมเมล็ดหมักในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่า ไบและต้นมีอัตราการย่อยสลายได้อยู่ในช่วง 46 ถึง 49 เปอร์เซ็นต์ ไนเมล็ดข้าวมีการย่อยสลายได้ถึง 76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะแตกต่างจากพืชหมักอย่างเช่น ต้นข้าวโพดหมัก หรือหญ้าเนเปียร์หมักที่ไบมีอัตราการย่อยสลายสูงเนื่องจากไบและลำต้นข้าวมีองค์ประกอบของเถ้าหรือซิลิกาอยู่สูงกว่าพืชอาหารสัตว์อื่น (Yahara et al., 1981)

นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวสาลีพันธุ์สุวรรณบุรี 1 มีค่า a และ ED ต่ำกว่าข้าวสาลีพันธุ์ กข61 ($p < 0.05$) (Table 3) เนื่องจากปริมาณของ ADF และ ADL ในข้าวสาลีพันธุ์ กข61 ต่ำกว่าข้าวสาลีพันธุ์สุวรรณบุรี 1 (Table 1) จึงถูกย่อยสลายในรูปของวัตถุแห้งได้ง่ายกว่า (อนุสรณ์ และคณะ, 2558)

Table 4 Effect of whole crop rice, baby corn stalk and Napier grass silage on rumen degradability kinetics

Parameters	Pathum Thani 1 silage	Suphanburi 1 silage	RD61 silage	Baby corn stalk silage	Napier grass silage	SEM	p-value
a (% DM)	11.74±1.90 ^{cd}	9.14±0.12 ^d	13.77±2.19 ^c	24.74±0.78 ^a	19.01±1.16 ^b	1.37	<0.01
b (% DM)	38.65±9.52 ^{ab}	34.35±12.11 ^b	44.64±4.71 ^{ab}	54.87±4.38 ^a	30.34±5.99 ^b	7.34	<0.01
c (h ⁻¹)	0.024±0.007	0.028±0.018	0.025±0.010	0.017±0.006	0.017±0.007	0.009	0.53
a+b (% DM)	50.39±10.21 ^b	43.49±11.99 ^b	58.42±5.09 ^b	79.61±3.75 ^a	49.35±4.87 ^b	7.21	<0.01
Effective degradability (ED) at a flow rate (% DM)							
ED 0.02	31.87±3.79 ^c	27.03±0.79 ^c	37.62±2.24 ^b	49.42±2.95 ^a	32.16±2.21 ^{bc}	2.51	<0.01
ED 0.05	23.56±2.55 ^{bc}	19.90±1.20 ^c	28.00±2.63 ^b	38.40±2.87 ^a	26.24±2.07 ^{bc}	2.32	<0.01

a, the proportion of immediately soluble fraction of dry matter (%); b, potentially but not immediately degradable fraction (%); c, a fractional rate of soluble degradation (%/h) of b; a+b, total rumen degradable fraction; ED, the effective degradability of nutrients at a rate (c) =0.02 and 0.05 per hour respectively.

Mean±SD in the same row followed by differ superscripts are significant different ($p < 0.01$)

SEM, the standard error of the mean

สรุป

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ของข้าวหมักสายพันธุ์ปทุมธานี 1, สุพรรณบุรี 1 และ กข61 พบว่าข้าวทั้งสามสายพันธุ์มีโปรตีนอยู่ในช่วง 6.92–7.74% ใกล้เคียงกับต้นข้าวโพดฝักอ่อน (7.15%) และมีปริมาณเยื่อใยในสัดส่วนที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบที่ดี และข้าวสายพันธุ์ กข61 มีอัตราการย่อยสลายและประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อและโคนมสูงกว่าข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ดังนั้นข้าวสายพันธุ์ กข61 จึงมีความเหมาะสมมากกว่าข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการใช้ประโยชน์ได้ของตัวสัตว์จากการใช้ต้นข้าวหมักพร้อมเมล็ดเป็นแหล่งของอาหารหยาบในการให้ผลผลิต (เนื้อและน้ำนม) รวมทั้งคุณภาพของผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2552. ข้าว: เทคโนโลยีการปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- กรมการข้าว. 2558. ข้าว กข 61. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ธนพัฒน์ จงมีสุข, ภัทรพล ทศมาศ, ไพวรรณ วรปรีดา. 2560. การวิเคราะห์ยุทธศาสตร์การพัฒนาข้าวและการแปรรูปข้าวไทยกับการแข่งขันในตลาดโลก. วารสารสถานบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2: 13–26.
- เบญจวรรณ พลโคต, วิไล ปาละวิสุทธิ, พรสุรี กาญจน, และคณะ. 2559. ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 61. วารสารวิชาการข้าว 7: 5–19.

- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, สมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหาร
หยาบ. ใน เอกสารการสนทนาชุดวิชาหลักโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์ หน่วยที่ 9-15.
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด. นนทบุรี. หน้า 192-205.
- ประกอบกิจ ดั่งไธสง, รื่นฤดี แก้วชื่นชัย, สุนิยม ตาปราบ, ธีรยุทธ ตูจันดา, วัชรวิวรรณ แจ่มบุญศรี, ศรีสวัสดิ์ ชันทอง,
วรรณณา สัตยชิตี. 2557. การพัฒนาพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ให้ทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน ด้านทานต่อเพลี้ยกระโดด
สีน้ำตาล และโรคขอบใบแห้ง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือก. ใน: รายงานการประชุมวิชาการข้าว
กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคกลาง ตะวันออก และตะวันตก ประจำปี 2556. กาญจนบุรี.
- พันทิพา พงเพียงจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- วิรัช สุขสงราญ, ประเสริฐศักดิ์ นันทชมชื่น, วีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. 2542. ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์
ในพื้นที่ต่าง ๆ อิทธิพลของระยะตัดที่มีผลต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์
ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. กรุงเทพฯ, หน้า 41-53.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2548. หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สำราญ วิจิตรพันธ์. 2554. อิทธิพลของระยะปลูก ความสูงและความถี่ของการตัด ปุ๋ยไนโตรเจนและระดับปุ๋ยคอกที่มีต่อ
ผลผลิตและคุณภาพหญ้าเนเปียร์ยักษ์ภายใต้การให้น้ำชลประทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุริยะ สะวานนท์. 2561. จุลินทรีย์วิทยาในกระเพาะรูเมนและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อนุสรณ์ เชิดทอง, ดำรงรักษ์ รัทวงศ์ฤทธิ์, ฉลอง วชิราภากร, ธีระชัย หายทกชุกซ์, สายณ์ คนอินทร์, กษมา
ตั้งมูททาภักฎกุล, ธนกร สายสิงค์. 2558. ผลของการเสริมกระถินหมักและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก ปริมาณ
การกินได้ นิเวศวิทยาในรูเมน และสมรรถนะการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองไทย. แก่นเกษตร. 43(ฉบับพิเศษ): 484-
490.
- อารีรัตน์ ดอกเข็ม. 2548. การศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่ใส่ในชุดดินสระบุรีที่มีต่อข้าวเจ้าหอมพันธุ์ปทุมธานี 1.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis, Association of Official Analysis Chemists. AOAC International
Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC. 2019. Official Methods of Analysis, Association of Official Analysis Chemists. AOAC International
Gaithersburg, MD, USA.
- Darby, H.M., Lauer, J.G. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation.
J. Agron. 55: 559-566.
- Karabulut, A., Canbolat, O., Kalkan, H., Gurbuzol, F., Sucu, E., Filya, I. 2007. Comparison of *in vitro* gas
production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of
some legume hays. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 4: 517-522.

- Ki, K.S., Khan, M.A., Lee, W.S., Lee, H.J., Kim, S.B., Yang, S.H. Baek, K.S., Kim, J.G., Kim, H.S. 2009. Effect of replacing corn silage with whole crop rice silage in total mixed ration on intake, milk yield and its composition in Holsteins. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 22: 516–519.
- Manyawu, G.J., Chakoma, C., Sibanda, S., Mutisi, C., Chakoma, C.I. 2003. The effect of harvesting interval on herbage yield and nutritive value of Napier grass and hybrid *Penisetums*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 996–1002.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96: 251–252.
- Ørskov, E.R., McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562–3577. doi:10.2527/1992.70113562x.
- Ørskov, E.R., Reid, G.W., Kay, M. 1988. Prediction of intake by cattle for degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46: 29–34.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available Source: <https://www.R-project.org/>, 7 December 2021.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 356–3577.
- Wannapat, M., Kang, S. 2013. Improvement of whole crop rice silage nutritive value and rumen degradability by molasses and urea supplementation. *Trop. Anim. Health. Prod.* 45: 1777–1781.
- Weinberg, Z.G., Khannal, P., Yildiz, C., Chen, Y., Arieli, A. 2010. Effects of stage of maturity at harvest, wilting and LAB inoculant on aerobic stability of wheat silages. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 158: 29–35.
- Yahara, N., Takai, S., Numakawa, T. 1981. Studies on utilization of rice plant as whole crop silage. *Bull. Tohoku Natl. Agric. Esp. Stn.* 63: 1551–159. [in Japanese].

ผลของน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่ระดับแตกต่างกันต่อการผลิตแก๊สในหลอดทดลองและการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนลอน

Effects of different levels of palm oil in concentrate diet on *in vitro* gas production and *in sacco* digestibility

พงษ์เทพ วงษ์ชมภู, อัญชลี คงประดิษฐ์, วิสูตร ไมตรีจิตต์, ศิริรัตน์ บัวผัน, สุริยะ สะวานนท์, ภูมพงศ์ บุญแสน*
Pongtap Wongchomphu, Anchalee Khongpradit, Wisut Mitreejet, Sirirat Buaphan, Suriya Sawanon, Poompong Boonsaen*

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,

Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrppb@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของน้ำมันปาล์มในอาหารชั้น 4 ระดับ (PO0%, PO2.5%, PO5% และ PO7.5%) ต่อการผลิตแก๊ส (*In vitro* gas production) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) และการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งด้วยวิธีถุงไนลอน (*In sacco* dry matter digestibility) โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 ลาตินสแควร์พบว่าการผลิตแก๊สและการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของทุกกลุ่มทดลองมีความใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่ม PO0% ที่มีปริมาณการผลิตแก๊สสูงกว่ากลุ่ม PO5% ($p < 0.05$) ขณะที่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะระหว่างกลุ่มที่มีการใช้น้ำมันปาล์มเป็นองค์ประกอบทั้ง PO2.5%, PO5% และ PO7.5% ($p > 0.05$) นอกจากนี้ ระดับน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่แตกต่างการกันส่งผลต่อการย่อยได้ของฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ โดยกลุ่ม PO2.5% มีศักยภาพการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้ง (Potential digestibility, |a+b|) และประสิทธิภาพการย่อยได้ (effective digestibility, ED) ของฟางข้าวสูงที่สุด ($p < 0.05$) ขณะที่ PO7.5% มีค่า |a+b| ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่า ED ส่วนในหญ้าเนเปียร์พบว่า PO5% มีค่า |a+b| สูงที่สุด ($p < 0.05$) ขณะที่ PO7.5% มีค่า |a+b| ต่ำที่สุด ($p > 0.05$) ค่า ED ของหญ้าเนเปียร์ของกลุ่ม PO2.5% สูงที่สุด ($p < 0.05$) ขณะที่ PO7.5% มีค่า ED ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบอาหารโคขุนในระดับสูงถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต้องมีการศึกษาในสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ: การผลิตแก๊ส, เทคนิคถุงไนลอน, น้ำมันปาล์ม, ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้, สัตว์เคี้ยวเอื้อง

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of 4 levels of palm oil (PO0%, PO2.5%, PO5%, and PO7.5%) in a concentrate diet on *in vitro* gas production using a completely randomized design (CRD) and *in sacco* dry matter digestibility using 4×4 Latin square design. The results showed that gas production and organic matter digestibility of all groups were similar except PO0% has higher ($p < 0.05$) gas production than PO5% while not differing from the other groups, especially, among PO2.5%, PO5%, and PO7.5%. Moreover, the different levels of palm oil in the concentrate diet affected to potential digestibility (|a+b|) and effective digestibility (ED) of rice straw and Napier grass. PO2.5% showed the highest |a+b| and ED while PO7.5% showed the lowest |a+b| in accordance with the results of ED. In Napier grass, PO5% showed the highest |a+b| while PO7.5% showed the lowest |a+b|. The ED of Napier grass in PO2.5% was the highest while PO7.5% showed the lowest ED. These results suggested the possibility of using palm oil at a high level (PO5%) in a concentrate diet for feedlot cattle that necessity further study.

Keywords: Effective degradability, Gas production, Nylon bag technique, Palm oil, Ruminant

คำนำ

การบริโภคเนื้อโคของคนไทยในปี พ.ศ. 2559–2563 มีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.8% แต่รสนิยมของคนไทยในการบริโภคเนื้อโคได้รับความนิยมในการบริโภคเนื้อที่มีคุณภาพมากขึ้นเช่น เนื้อโคที่มีไขมันแทรก เนื่องมาจากผู้บริโภคนิยมบริโภคซาบูหรือปิ้งย่างมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ทำให้การเลี้ยงโคขุนเพื่อผลิตเนื้อโคคุณภาพเป็นอีกทางเลือกในการประกอบอาชีพ อย่างไรก็ตาม การผลิตโคขุนเพื่อที่จะได้เนื้อโคคุณภาพสูงจำเป็นต้องมีการควบคุมมาตรฐานการผลิตในระดับฟาร์ม การฆ่าและการตัดแต่งเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค การผลิตโคเนื้อให้มีไขมันแทรกสูงต้องมีการจัดการด้านโภชนาการอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้วัตถุดิบอาหารที่สามารถเพิ่มโอกาสในการกระตุ้นการสะสมไขมันแทรก น้ำมันพืชเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่ให้พลังงานสูงและมีศักยภาพในการเพิ่มการสะสมไขมันแทรกซึ่งมีการรายงานมาก่อนหน้านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการใช้น้ำมันปาล์มที่มีปริมาณของกรดไขมันโอเลอิกที่สามารถกระตุ้นการสะสมไขมันแทรกได้อยู่ในปริมาณที่สูง (Felton et al., 2004; Gillis et al., 2004; Suksombat et al., 2018) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำมันเป็นวัตถุดิบอาหารโคในปริมาณสูงอาจมีผลเสียจากการขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (เมธา, 2533) จากกรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดการย่อยได้ของอาหารหยابในกระเพาะหมัก แม้ว่าจะมีรายงานถึงข้อจำกัดของการใช้น้ำมันปาล์มในการผลิตโคเนื้อในกรณีที่เป็นการผลิตโคที่ได้รับอาหารหยابเป็นหลัก แต่ในกรณีโคเนื้อระยะขุนที่ได้รับอาหารชั้นในสัดส่วนที่สูง มีความเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำมันปาล์มเสริมในอาหารโคเนื้อขุนในระดับที่สูงเพื่อเพิ่มการสะสมและคุณภาพของไขมันแทรกในเนื้อได้เป็นอย่างดี (National Research Council, 2016) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่ระดับแตกต่างกันต่อการผลิตแก๊ส (*In vitro* gas production) และการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งด้วยวิธีถุงไนลอน (*In sacco* dry matter digestibility) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในสูตรอาหารโคเนื้อขุนต่อไป

Table 1 Ingredients and chemical composition of concentrate diets and rice straw (dry matter basis)

Item	Level of palm oil (%)				Rice straw
	PO0%	PO2.5%	PO5%	PO7.5%	
Ingredient, %					
Palm oil	-	2.48	4.96	7.43	
Ground corn	19.89	17.38	14.88	12.39	
Cassava chip	49.71	49.66	49.62	49.57	
Soybean meal (45%CP)	12.93	12.91	12.90	12.89	
Wheat Bran	9.94	9.93	9.92	9.91	
Molasses	4.97	4.97	4.96	4.96	
Mineral premix ^{1/}	0.50	0.50	0.50	0.50	
Urea	0.50	0.60	0.69	0.79	
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sulphur	0.05	0.05	0.05	0.05	
Dicalcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50	
Sodium bicarbonate	0.50	0.50	0.50	0.50	
Anti-rancidity	0.02	0.02	0.02	0.02	
Chemical composition (%)					
Dry matter	88.46	88.34	88.73	89.32	91.51
Crude protein	12.19	12.44	12.34	12.40	4.68
Crude Fat	1.07	3.51	6.75	7.99	1.54
Calcium	0.70	0.73	0.76	0.73	-
Phosphorus	0.37	0.39	0.40	0.38	-
Neutral detergent fiber	13.70	14.32	13.36	12.45	61.84
Acid detergent fiber	7.69	6.88	7.71	7.17	35.54
Acid detergent lignin	2.29	2.12	2.18	2.30	4.15
Ash	4.85	5.24	6.11	5.70	6.89
Total digestible nutrient (%)	78.34	80.82	83.30	85.87	-

^{1/}Agromix beef No. 46: vitamin A = 2,160,000 IU, vitamin B3 = 100,000 IU, vitamin E = 5,000 IU, Mn = 8.5 g, Zn = 6.4 g, Cu = 1.6 g, Mg = 16 g, Co = 320 mg, I = 800 mg, Se = 32 mg

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการย่อยได้โดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

เตรียมอาหารชั้นโปรตีนหยาบ 12% ที่ผสมน้ำมันปาล์มที่ระดับแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง 4 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 มีน้ำมันปาล์มในอาหารชั้น 0% (PO0%), กลุ่มที่ 2 มีน้ำมันปาล์มในอาหารชั้น 2.5% (PO2.5%), กลุ่มที่ 3 มีน้ำมันปาล์มในอาหารชั้น 5% (PO5.0%) และกลุ่มที่ 4 มีน้ำมันปาล์มในอาหารชั้น 7.5% (PO7.5%) โดยอาหารชั้นมีองค์ประกอบวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงใน Table 1 ทำการบดอาหารชั้นหรือฟางข้าวผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งอาหารชั้นและฟางข้าวให้ได้อัตราส่วน 80:20 ปริมาณ 4 กรัม ผสมให้เข้ากัน ในขวดขนาด 50 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวดต่อกลุ่มทดลอง

การเตรียมสารละลายบัพเฟอร์น้ำลายเทียมและการเตรียมของเหลวจากกระเพาะหมัก

เก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของโคเนื้อเจาะกระเพาะจำนวน 2 ตัว กรองด้วยผ้าขาวบาง 3 ชั้น ให้ได้ส่วนที่เป็นของเหลวภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนและควบคุมอุณหภูมิที่ 39 องศาเซลเซียส เตรียมสารละลายน้ำลายเทียมผสม rumen fluid (McDougall, 1948) ในอัตราส่วน 1:1 ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน จากนั้นทำการบรรจุสารละลายผสมปริมาณ 40 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วที่เตรียมบรรจุอาหารทดลองไว้แล้ว และปิดปากขวดด้วยจุกยางครอบที่ล็อคอลูมิเนียมให้สนิทตามวิธีของ Menke et al. (1979) ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการวัดปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ (total gas production, GP) ด้วยกระบอกขีดยาชนิดหลอดแก้วพร้อมเข็มขีดยา ขนาด 20 มิลลิลิตร ในช่วงเวลาที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 21, และ 24 คำนวณค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility, OMD) จากสมการของ Harris (1972) ดัง Equation 1

$$\text{OMD} (\%) = 14.88 + 0.889\text{Gb} + 0.045\text{XP} + 0.065\text{XA} \quad (1)$$

เมื่อ Gb คือ ปริมาณก๊าซที่เกิดจากอาหาร 200 mg DM, XP คือ ร้อยละโปรตีน และ XA คือ ร้อยละเถ้า

การศึกษาการย่อยได้ในโคเนื้อเจาะกระเพาะโดยวิธีถุงในลอน

โคเนื้อเจาะกระเพาะ จำนวน 4 ตัว (น้ำหนักเฉลี่ย 566±96 กิโลกรัม) จัดสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ Latin squares design โคได้รับอาหารชั้นทดลอง ปริมาณ 4 กก./ตัว/วัน และได้รับฟางข้าว 2 กก./ตัว/วัน แบ่งให้เป็นสองมื้อ มื้อละเท่ากัน ได้แก่ มื้อเช้า 7.00 น. และมื้อเย็น 15.00 น. โดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลาตลอดการทดลอง โดยสลับให้โคทุกตัวได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่ม การทดลองแบ่งเป็น 4 รอบ แต่ละรอบใช้เวลา 28 วันโดยช่วง 14 วันแรกเป็นช่วงของการปรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก โดยให้โคได้รับอาหารทดลองแต่ละสูตร หลังจากนั้นทำการบ่มตัวอย่างถุงในลอนและเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์

เตรียมฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์โดยบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร ใส่ถุงในลอนประมาณ 3 กรัม นำไปบ่มในกระเพาะรูเมนเป็นเวลา 0, 4, 8, 12, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำถุงในลอนที่เก็บแต่ละช่วงเวลามาล้างด้วยน้ำจากสายยางจนสะอาด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่เหลือในถุงเพื่อคำนวณการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้ง และคำนวณหาสมการการสลายตัวของอาหารหยาบ ตามวิธีของ (Ørskov and McDonald, 1979) ดัง Equation 2

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad (2)$$

เมื่อ P คือ ค่าการสลายตัวได้ที่ช่วงเวลาต่างกัน (%), a คือ ค่าการย่อยสลายของส่วนที่ละลายได้ทันที (%), b คือ ค่าการย่อยสลายของส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถเกิดการหมักย่อยได้ (%), c คือ อัตราการย่อยสลายของอาหารส่วน b (degradation rate, fraction/h), t คือ ช่วงเวลา และหาอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (effective degradability, ED) ตามวิธีการของ McDonald (1981) ดังนี้ (Equation 3)

$$ED = a + ((bc)/(c+k)) \text{ ซึ่งมีค่า } k \text{ คือ อัตราการไหลผ่าน} \quad (3)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของเงื่อนไขทดลอง (treatments) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธีของ Latin Square Design LS และพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2021)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณการผลิตแก๊ส

จากการศึกษาปริมาณการผลิตแก๊สด้วยวิธี *In vitro* gas production ของอาหารทดลองที่มีอัตราส่วนอาหารชั้นและอาหารหยาบ 80:20 ดังแสดงใน Table 2 พบว่า ปริมาณการผลิตแก๊สของทุกกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่ม PO0% ที่มีปริมาณการผลิตแก๊สสูงกว่า ($p < 0.05$) กลุ่ม PO5% (76.69 vs. 69.24 ml) ขณะที่ไม่มี ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอื่น ๆ โดยเฉพาะระหว่างกลุ่มที่มีการใช้น้ำมันปาล์มเป็นองค์ประกอบทั้ง PO2.5% (70.99 มิลลิลิตร) PO5% (69.24 มิลลิลิตร) และ PO7.5% (72.64 มิลลิลิตร) ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่กลุ่ม PO0% สูงกว่า ($p < 0.05$) กลุ่ม PO5% (92.44 vs. 85.07%) ขณะที่ไม่มี ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่ PO2.5% (86.77%) PO5% (85.07%) และ PO7.5% (88.45%) จากการศึกษาครั้งนี้แม้ว่าการใช้น้ำมันปาล์มในบางระดับในอาหารชั้นทำให้การผลิตแก๊สต่ำกว่าการไม่ใช้น้ำมันปาล์มซึ่งอาจเกิดจากองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ไม่มีผลต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2533) อย่างไรก็ตาม จากการทดลองนี้การใช้น้ำมันปาล์มในสูตรอาหารโคขุนในสัดส่วนที่สูงสุดถึง 7.5% แต่ยังคงมีการผลิตแก๊สที่ใกล้เคียงกับสูตรอาหารที่ไม่มีการใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้ การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุยังคงสูงเช่นกัน แม้ว่าในอาหารโคที่มีไขมันระดับสูงกว่า 5% อาจส่งผลกระทบต่ออาการหมักย่อยในกระเพาะหมักโดยเฉพาะการย่อยได้ของเยื่อใย (Palmquist and Jenkins, 1980; Moore et al., 1986; จิระชัย, 2561) อย่างไรก็ตาม จากคำแนะนำของ NRC (2016) อาหารโคขุนสามารถเสริมไขมันเฉลี่ย 3.1% และสูงสุดถึง 4.5% หรือคิดเป็น 7.6% และ 10% ของไขมันรวมในอาหาร ดังนั้น หากโคขุนที่ได้รับสัดส่วนอาหารชั้นที่สูง โดยในอาหารชั้นที่มีองค์ประกอบน้ำมันปาล์มในสัดส่วนที่สูงและจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของโคมีการปรับตัวกับอาหารลักษณะนี้เป็นระยะเวลาหนึ่ง อาจไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักย่อย นอกจากเหตุผลของการปรับตัวของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักแล้ว ยังอาจเนื่องมาจากโคที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารชั้นสูงมีอัตราการไหลผ่านของอาหารไปยังทางเดินอาหารส่วนหลังได้เร็ว เมื่อเทียบกับโคที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบสูง ซึ่งสามารถลดการเกิดผลเสีย

จากกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักได้ แม้ว่าการทดลองนี้เป็นเพียงการทดลองในหลอดทดลองที่เป็นระบบปิด ไม่มีการดูดซึมสารอาหารที่ได้จากกระบวนการหมักย่อยไปใช้ประโยชน์ แต่จะมีการสะสมของผลผลิตจากกระบวนการหมักในระบบ แต่สามารถแสดงให้เห็นเบื้องต้นว่าสามารถใช้น้ำมันปาล์มในอาหารชั้นในปริมาณที่สูงโดยไม่ส่งผลเสียต่อกระบวนการหมักในระบบ (Suphrap et al., 2018) ดังนั้น การใช้น้ำมันปาล์มในอาหารโคขุนในระดับสูงเพื่อผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจึงอาจเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความเป็นไปได้

Table 2 Gas production in 24 hours and organic matter digestibility the concentrate diets containing different levels of palm oil

Concentrate diet	GP (ml/200mgDM)	OMD ^{1/}
PO 0%	76.69 ^a	92.44 ^a
PO 2.5%	70.99 ^{ab}	86.77 ^{ab}
PO 5%	69.24 ^b	85.07 ^b
PO 7.5%	72.64 ^{ab}	88.45 ^{ab}

^{abc} Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

^{1/} OMD (%) = 14.88 + 0.889Gb + 0.045XP + 0.065XA

Table 3 Effect of different levels of palm oil in concentrate diet on dry matter disappearance (%) in the rumen of rice straw and Napier grass

Rice straw	a (%)	b (%)	c (Fraction/h)	a+b (%)	ED (%)
PO 0%	5.57	55.71 ^a	0.03	61.29 ^b	25.51 ^b
PO 2.5%	6.27	58.31 ^a	0.03	64.58 ^a	26.72 ^a
PO 5%	5.64	55.36 ^a	0.03	61.01 ^b	25.28 ^b
PO 7.5%	6.09	51.19 ^b	0.03	57.27 ^c	23.70 ^c
Napier grass					
PO 0%	10.79 ^b	49.23 ^c	0.07 ^a	60.02 ^c	38.85 ^b
PO 2.5%	11.61 ^a	50.57 ^b	0.07 ^a	62.18 ^b	40.83 ^a
PO 5%	11.34 ^a	51.90 ^a	0.05 ^c	63.24 ^a	37.83 ^c
PO 7.5%	11.74 ^a	46.40 ^d	0.06 ^b	58.14 ^d	36.70 ^d

^{abcd} Means in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

การย่อยได้ของอาหารหยาบในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนลอน

การศึกษาการย่อยได้โดยวิธีถุงไนลอนเพื่อประเมินผลของน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่ระดับแตกต่างกันต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารหยาบในกระเพาะหมัก ดังแสดงใน Table 3 พบว่า ระดับน้ำมันปาล์มในอาหารชั้นที่แตกต่างกันส่งผลต่อการย่อยได้ของฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ โดยกลุ่ม PO2.5% มีศักยภาพการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้ง (potential digestibility, |a+b|) และประสิทธิภาพการย่อยได้ (effective digestibility, ED) ของฟางข้าวสูงที่สุด ($p < 0.05$) (64.58%) รองลงมาคือ PO0% (61.29%) และ PO5% (61.01%) ซึ่งมีการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p > 0.05$)

ระหว่าง PO0% และ PO5% ขณะที่ PO7.5% มีค่า $|a+b|$ ต่ำที่สุด ($p > 0.05$) (57.27%) ซึ่งสอดคล้องกับค่า ED ของ PO0% PO2.5% PO5% และ PO7.5% ที่มีค่า ED เท่ากับ 25.51%, 26.72%, 25.28% และ 23.70% ตามลำดับ ส่วนในหญ้าเนเปียร์พบว่า PO5% มีค่า $|a+b|$ สูงที่สุด (63.24%) รองลงมาคือ PO2.5% (62.18%) และ PO0% (60.02%) โดย PO7.5% มีค่า $|a+b|$ ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) (58.41%) ส่วนค่า ED ของหญ้าเนเปียร์ของกลุ่ม PO2.5% สูงที่สุด (40.83%) รองลงมาคือ PO0% (38.85%) และ PO5% (37.83%) ขณะที่ PO7.5% มีค่า ED ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) (36.70%) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ศักยภาพในการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งได้ผลที่แตกต่างกันในฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์รวมถึงค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะปริมาณเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบ ทั้ง สองชนิดแตกต่างกันแม้ว่าค่า $|a+b|$ และ ED ของทั้ง ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์มีความแตกต่างกันในบางกลุ่ม โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้น้ำมันปาล์มในอาหารที่ระดับสูงขึ้นไป (PO7.5%) จะทำให้การย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งของวัตถุดิบอาหารหยาบ (ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์) ลดลง แต่อยู่ในช่วง 57–64% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงหากเทียบกับการวัดการย่อยได้ในรูปวัตถุแห้งในการทดลองที่ไม่มีการใช้น้ำมันปาล์มเป็นองค์ประกอบในอาหารชั้นที่โคทดลองได้รับ (Diba and Tolera, 2013; Thu and Dong, 2017) นอกจากนี้ อาจเป็นไปได้ที่การให้อาหารโคขุนที่โคได้รับมีสัดส่วนของอาหารชั้นสูงเมื่อเทียบกับอาหารหยาบ การใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบในระดับสูงถึง 5 เปอร์เซ็นต์ไม่ส่งผลเสียต่อการหมักอาหารหยาบในกระเพาะรูเมนของโค

สรุป

การใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบอาหารชั้นตั้งแต่ระดับ 2.5–7.5% ไม่ส่งผลให้การผลิตแก๊สและการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ แม้ว่าที่ระดับ 7.5% อาจมีการผลิตแก๊สและการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุลดลง นอกจากนี้พบว่า การย่อยได้ของอาหารหยาบ เมื่อมีการใช้น้ำมันปาล์มที่ระดับ 7.5% ในอาหารมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามยังคงอยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลเสียต่อกระบวนการหมักอาหารหยาบในกระเพาะรูเมน การใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบในอาหารโคขุนในระดับสูงจึงอาจเป็นวิธีการหนึ่งในการให้อาหารโคขุนเพื่อผลิตเนื้อโคที่มีไขมันแทรกสูง ซึ่งจะต้องมีการศึกษาในการทดลองการเลี้ยงโคขุนเพื่อการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนวิจัยมุ่งเป้าวิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2562 สำหรับงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จีระชัย กาญจนพุดผิมพงศ์. 2561. การจัดการฝูงโคนม. เมจิก พับบลิชซัน. กรุงเทพฯ.
 เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. หจก. ฟันนี่พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.
 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2564. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพฯ.
 Felton, E.E.D., Kerley, M.S. 2004. Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. J. Anim. Sci. 82: 1794–1805.

- Gillis, M.H., Duckett, S.K., Sackmann, J.R., Realini, C.E., Keisler, D.H., Pringle, T.D. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82: 851–859.
- Harris, L.E., Kearl, L.C., Foncesbeck, P.V. 1972. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. *J. Anim. Sci.* 35: 658–665.
- McDougall, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem. J.* 43: 99–109.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96: 251–252.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93: 217–222.
- Moore, J.A., Swingle, R.S., Hale, W.H. 1986. Effects of whole cottonseed, cottonseed oil, or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. *J. Anim. Sci.* 63: 1267–1273.
- National Research Council. 2016. Nutrient Requirement of Beef Cattle, 8th ed. National Academic Press. Washington, DC, USA.
- Ørskov, E.R., McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562–3577.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T. 1980. Fat in lactations rations: Review. *J. Dairy Sci.* 63: 1–14.
- Suphrap, N., Wachirapakorn, C., Thamrongyoswittayakul, C., Wongnen, C. 2018. Effect of various oil sources on *in vitro* gas production, digestibility and fermentation metabolites in Thai Friesian crossbred. *Prawarun Agri. J.* 15: 248–259.
- Suksombat, W., Meeprom, C., Mirattanaphrai, R. 2018. Performance, carcass quality and fatty acid profile of crossbred Brahman beef steers receiving palm or rice bran oil. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 40: 197–203.
- Diba, D., Tolera, A. 2013. Effect of planting pattern and cutting height on *in vitro* digestibility and *in sacco* degradability of napier grass mixed with silver leaf Desmodium at Bako, Western Ethiopia. *Sci. Tech. Arts Res. J.* 2: 22–29.
- Thu, N.V., Dong, N.T.K. 2017. A response of *in vitro*, *in sacco* and *in vivo* digestibility and rumen parameters of swamp buffaloes supplemented Sesbania grandiflora leaves. *Buffalo Bull.* 36: 231–237.

การตรวจนับจำนวนจิ้งหรีดด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับใช้ในวิสาหกิจชุมชนการเลี้ยงจิ้งหรีด

Counting the number of crickets by digital image processing method for the community enterprise farming

ภาวิต ชุติชัยเมธา, เกரியงไกร แก้วตระกูลพงษ์*, ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, รักศักดิ์ เสริมศักดิ์, สมพงษ์ เจษฎาธรรมสถิต

Parwit Chutichaimaytar, Kriengkri Kaewtrakulpong*, Thawansak Phaosang, Raksak Sermsak, Somphong Jedsadathumsathit

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrkkk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการนับจำนวนจิ้งหรีดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการกำหนดราคาซื้อขายจิ้งหรีดให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีด จึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Python โดยใช้ Scikit-image เป็นโมดูลหลักในการประมวลผลภาพ จากนั้นทำการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาโดยการสุ่มจิ้งหรีด จำนวน 200 กรัม แล้วนำมาจัดเรียงบนถาดทดลอง โดยทำการจัดเรียงให้มีลักษณะการกระจายตัวของจิ้งหรีดและการซ้อนทับกันของจิ้งหรีดเป็นไปโดยสุ่ม จากนั้นทำการถ่ายภาพจิ้งหรีดในถาดทดลองดังกล่าว โดยใช้ขนาดความละเอียดภาพ 1108×1478 พิกเซล แล้วจึงส่งภาพดังกล่าวไปทดสอบนับจำนวนจิ้งหรีดด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จากการทดสอบจำนวน 10 ซ้ำ พบว่า โปรแกรมที่พัฒนาสามารถนับจำนวนจิ้งหรีดได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) อยู่ในช่วงระหว่าง 3.91 ถึง 6.92

คำสำคัญ: การตรวจนับ, การประมวลผลภาพดิจิทัล, จิ้งหรีด, ภาษาไพทอน, วิสาหกิจชุมชน

Abstract

Counting the number of cricket (*Gryllus bimaculatus* De Geer) via image processing techniques was studied in attempt to propose as one approach for counting and pricing the cricket traded in community enterprise farming. The image processing techniques such as thresholding techniques and object detection algorithms were studied. The computer code written in Python language was developed by using the Scikit-image module. The amount of 200 grams of crickets was sampled and dispersion arrangement randomly in the tray. Ten samples were photographed in real environment, then ten images resolution of 1,108×1,478 pixels were obtained and used to check the performance of the developed program. The result showed that the RMSE of cricket counting via the developed program was in range of 3.91 to 6.92.

Keywords: Community enterprise, Counting, Crickets, Digital image processing, Python

คำนำ

ในปัจจุบันความมั่นคงทางอาหารได้มีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก หนึ่งในวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือการหันมาบริโภคโปรตีนทางเลือกจากแมลงแทนที่เนื้อสัตว์ (Hanboonsong et al., 2001) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ และรัฐบาลไทย เนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารประเภทโปรตีน (Hanboonsong et al., 2001; Dust and Hanboonsong, 2015) ประกอบกับผลิตภัณฑ์แมลงมีราคาไม่สูง ไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สภาเกษตรกรแห่งชาติ, 2561) ปัจจุบันมีผู้บริโภคแมลงทั่วโลกถึง 2 พันล้านคน หรือ 1 ใน 3 ของประชากรโลก (ธนาคารไทยพาณิชย์, 2562) ธุรกิจแมลงเฉพาะชนิดที่คนกินได้ทั่วโลกมีมูลค่ามากถึง 12,800 ล้านบาท (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำกรุงวอชิงตันดีซี, 2563)

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิตในวิสาหกิจชุมชนการเลี้ยงจิ้งหรีดในพื้นที่ศึกษาจังหวัดชัยภูมิ พบว่าการกำหนดราคาของวัตถุดิบจิ้งหรีดนั้น ใช้มนุษย์ในการตรวจนับและคัดแยกจึงจำเป็นต้องใช้เวลานาน และอาจเกิดความเสียหายของสายตาและส่งผลถึงความแม่นยำในการนับได้ การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการตรวจนับจิ้งหรีด จึงจะเป็นการต่อยอดและพัฒนาอุตสาหกรรมการเลี้ยงจิ้งหรีด เทคนิคการประมวลผลด้วยภาพเป็นเทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาจำนวนจิ้งหรีด ขนาดของจิ้งหรีด ได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ กว่า การตรวจนับจากมนุษย์ นอกจากนั้น สามารถนำไปต่อยอดประยุกต์ใช้ได้ในซอฟต์แวร์ ซึ่งถูกนำไปใช้ร่วมกับเครื่องจักรที่กำลังพัฒนาในอนาคต ซึ่งจะทำให้เกิดเทคโนโลยีที่สามารถ คัดแยกจิ้งหรีด ออกมาเป็นขนาดต่าง ๆ ได้ และคัดคุณภาพของจิ้งหรีดลักษณะต่างๆ ได้ทันที เพื่อการกำหนดราคาจิ้งหรีดที่เป็นธรรมแก่ผู้ผลิต และเสริมสร้างเทคโนโลยีการคัดแยกและแปรรูปแก่โรงงานอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีตัวอย่างดังนี้ นุชรี (2557) ได้พัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพ ในการคัดแยกขนาดและสายพันธุ์ของหมึกกล้วยแปรรูปเช่นกัน ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ สมการถดถอย และโครงข่ายประสาทเทียม ผลจากการทดลองพบว่า ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 88.00% และ 89.00–90.00% ตามลำดับ พารามิเตอร์ที่สามารถอธิบายความแตกต่างของหมึกได้ดีคือ อัตราส่วนความยาวและความกว้าง และการใช้สมการจำแนกกลุ่ม ซึ่งให้ค่าความถูกต้องในการคัดแยกเท่ากับ 93.08% และ 92.31% ตามลำดับ เกศศักดิ์ดา และคณะ (2554) ได้ทำการพัฒนาการนับจำนวนลูกปลาแบบอัตโนมัติโดยใช้วิธีการเขียนแบบ MFC โดยใช้ภาษา C++ ร่วมกับ OpenCV ที่อ้างอิงวิธีคำนวณมาจาก Contour tracing technique โดยทดสอบกับภาพลูกปลาที่รับเข้ามาผ่านกล้องเว็บแคม (Web cam) จากการทดลองพบว่า ความถูกต้องในการนับอยู่ที่ 92% สามารถลดเวลาในการประมวลผลลงได้ 11.48% ในปี 2018 Chunhua Zhu และคณะ ได้ทำการทำการพัฒนาแอปพลิเคชันระบุประเภทและนับจำนวนแมลงที่ปะปนในเมล็ดพืชในโรงเก็บ โดยได้นำเทคนิคการปรับแสงและช่วงฮิสโตแกรมของสี บนพื้นฐานของภาพไบনারีมาใช้ ซึ่งสามารถตรวจจับและนับจำนวนแมลงที่ปะปนในเมล็ดพืชได้มีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 95 อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกบนโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาและทำการทดลองครั้งนี้ เริ่มต้นจากการศึกษาหาข้อมูลวิสาหกิจชุมชนและนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปที่มาของปัญหาและขั้นตอนในการดำเนินงาน สำหรับขั้นตอนการตรวจนับวัตถุดิบจิ้งหรีดจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพที่เหมาะสม โดยถ่ายภาพจากโทรศัพท์มือถือในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ภาพถ่ายที่ได้มาจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลแบบการประมวลผลดิจิทัลในวิธีการที่เหมาะสมเพื่อตรวจนับวัตถุดิบ จากนั้นทำการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการตรวจนับวัตถุดิบและแสดงผล ใน

งานวิจัยนี้จึงแบ่งขั้นตอนวิธีการดำเนินงานออกเป็นสามส่วน ได้แก่ (1) การศึกษาข้อมูลวิสาห์กิจกรรมการเลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดชัยภูมิ เพื่อนำปัญหาและข้อมูลภาพมาวิเคราะห์ (2) การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ภาพ ถ่ายภาพจากกล้องในโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 11 ภาพที่ถ่ายได้จริงมีขนาด 1108×1478 พิกเซล และ (3) การวิเคราะห์และประมวลผลภาพดิจิทัล ทดลองสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากภาษา Python โดยมีพื้นฐานชุดโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายบน Scikit-image เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย (การปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย Image Enhancement), ตัดแยกวัตถุจากพื้นหลัง (การแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วน Image Segmentation), คัดแยกวัตถุที่สนใจ (การวิเคราะห์ภาพ Image Analysis) และหลังจากนั้นทำการตรวจนับวัตถุที่สนใจ (ตรวจนับวัตถุในภาพ Object Counting)



Fig. 1 Cricket image processing analysis

เมื่อโปรแกรมสามารถนับวัตถุได้ถูกต้องแล้ว จะรายงานผลออกมาเป็นตัวเลขดิจิทัลบนภาพและบนหน้าต่างของโปรแกรม (รายงานผล Reporting) หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างจิ้งหรีดตัวอย่างละ 200 กรัม มาทดลองสุ่มจัดเรียงในรูปแบบที่แตกต่างกัน นำมาถ่ายภาพโดยโทรศัพท์มือถือ และทดลองใช้โปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นมาตรวจนับและรายงานผล ในขั้นตอนสุดท้าย จะนำเอาผลการตรวจนับจากโปรแกรม มาเปรียบเทียบหาความแม่นยำและรายงานผลต่อไป

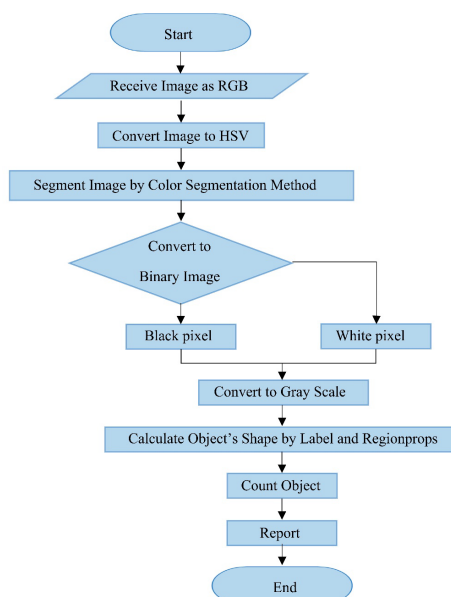


Fig. 2 Experiment flow chart

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทางผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาพร้อมทั้งพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการนับจำนวนจิ้งหรีดจากการถ่ายภาพ พบว่าในการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย (Image Enhancement) ด้วยวิธีแบบ Otsu's Thresholding Method (Andrew, 2010) หรือการหาค่าเทรชโฮลดิ้ง (Thresholding) ของภาพโดยอัตโนมัติ เพื่อทำการแยกวัตถุที่สนใจ ในส่วนนี้ก็คือจิ้งหรีดในภาพ เพื่อจ่ายต่อการหาค่าเฉลี่ยของสี พบว่า การนำเข้าภาพโดยอ้างอิงค่าในปริภูมิสีแบบ RGB ส่งผลให้ได้มาซึ่งภาพไบนารีที่คุณภาพต่ำ ไม่เหมาะสมแก่การนำไปวิเคราะห์ภาพในขั้นตอนการติดตาม Blob Binary Large Object แม้จะมีการกำหนดค่า thresholding value หลายค่าแล้วก็ตาม ดัง Fig. 3 และ Fig. 4

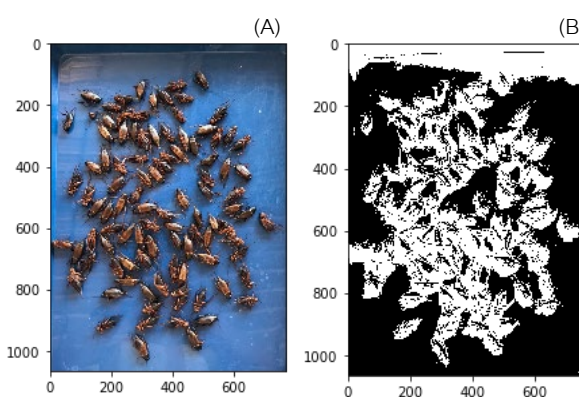


Fig. 3 Experiment: (A) RGB image; (B) binary image

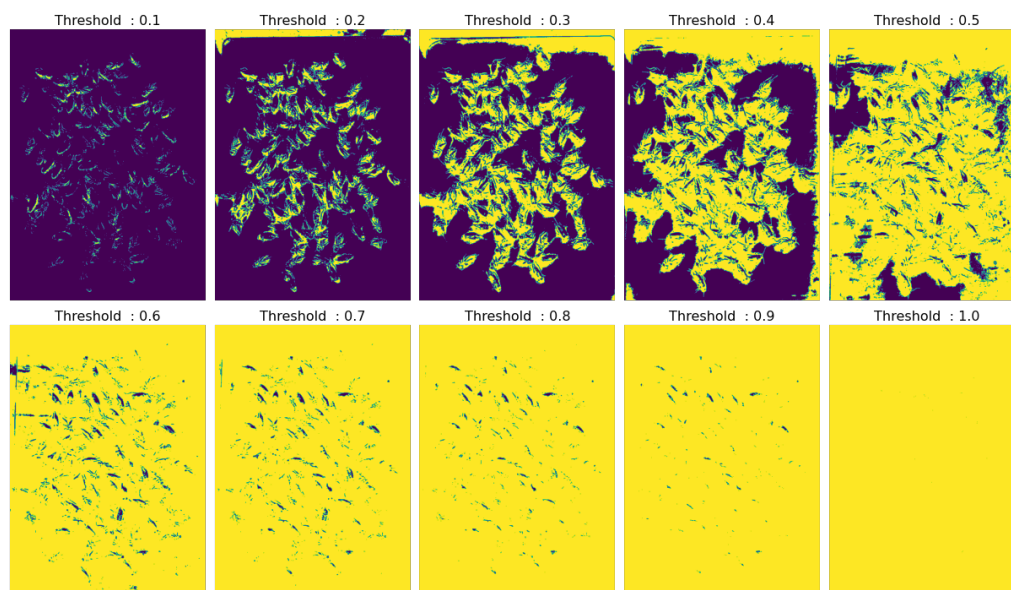


Fig. 4 A Binary Images obtained from Otsu's Thresholding Method

จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงไฟล์ภาพโดยอ้างอิงค่าในปริภูมิสีแบบสี HSV (Hue, Saturation, Value) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของสีได้ดีกว่าโมเดลสี RGB (Prane and Eric, 2014)

จาก Fig. 5A แสดงให้เห็นว่าค่า Hue ในช่วง 0.8 ถึง 1.0 เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นค่ามัธยฐานในการกรองข้อมูลภาพแบบใช้ค่ามัธยฐาน (median filtering) สำหรับแบ่งแยกพื้นที่ด้านหลังของภาพออกจากภาพของตัวจิ้งหรีด

คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานดังกล่าว จากนั้นนำแบนด์ Hue ของภาพที่ได้จากการกรองข้อมูล มาทำเป็นภาพสีเทา gray scale และภาพไบนารี (Binary) ที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปสู่กระบวนการ Blob detection ต่อไปดัง Fig. 5B และ Fig. 5C โดยในการศึกษาค้างนี้ได้ใช้ฟังก์ชัน label ในการนับจำนวน blob และใช้ฟังก์ชัน regionprops_table ของไลบรารี Scikit-image ในการจัดเก็บและแสดงค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของแต่ละ blob เช่น ค่าขนาดพื้นที่ และค่าความยาวแกนของ blob เป็นต้น

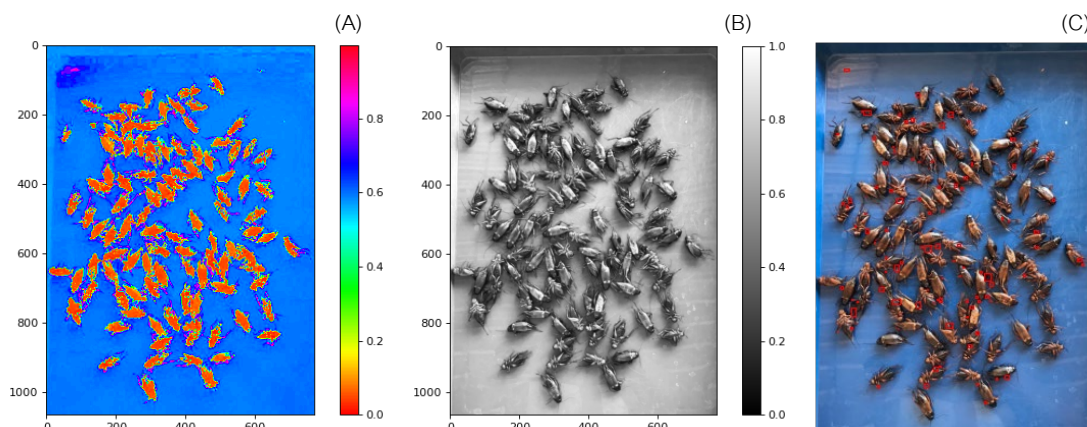


Fig. 5 Example of Digital Image Processing: (A) HSV Image; (B) Gray scale Image; (C) Blob detection method

เมื่อทำการทดลองนับจิ้งหรีดในภาพปริภูมิสีแบบ HSV ด้วยเทคนิค Blob detection ดังกล่าวข้างต้น พบว่าโปรแกรมที่พัฒนาความแม่นยำในการตรวจนับอยู่ในระดับสูง โดยการนับในตัวอย่างที่มีการกระจายตัวของจิ้งหรีดน้อย พบว่ามีความแม่นยำอยู่ในระดับร้อยละ 94 และการนับในตัวอย่างที่มีการกระจายตัวของจิ้งหรีดมากพบว่ามีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 98 (Table 1) แม้ผลที่ได้จะมีความแม่นยำในการตรวจนับอยู่ในระดับสูง แต่ยังไม่อยู่ในระดับที่สูงที่สุด เนื่องจากการถ่ายภาพจิ้งหรีดในสภาวะสถานการณ์จริงส่งผลให้เกิดปัจจัยที่รบกวนคุณภาพของภาพถ่าย ทำให้ยากต่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย อีกทั้งยังมีความแตกต่างด้วยเรื่องแสงของสภาพแวดล้อม ระยะเวลาการถ่ายภาพ เวลา อีกทั้งองค์ประกอบของแสงอีกด้วย หากมีการควบคุมคุณภาพของภาพถ่ายได้ จะส่งผลให้สามารถตรวจนับได้แม่นยำยิ่งขึ้น

Table 1 RMSE to check the accuracy of the developed counting program

Actual Value	Predicted Values	
	In case of proper distribution of cricket	In case of maldistribution of cricket
99	102	98
100	103	98
100	104	102
102	106	100
104	106	100
100	103	80
97	100	93
98	102	95

100	104	96
101	108	98
RMSE	3.91	6.92

สรุป

งานวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีในการตัดแยกและนับจำนวนจิ้งหรีด ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งขั้นตอนที่สามารถตัดวัตถุออกจากพื้นหลังได้ด้วยการเลือกองค์ประกอบภาพของปริภูมิสี HSV ที่เหมาะสม และทำการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (median filtering) แล้วนำแบนด์ Hue ของภาพที่ได้จากการกรองข้อมูลมาแปลงเป็นภาพ Gray scale เพื่อให้การตัดแยกภาพออกจากพื้นหลังได้ดีที่สุด จากนั้นจำแนกวัตถุที่สนใจ (จิ้งหรีด) ด้วยเทคนิค Blob detection โดยใช้ฟังก์ชัน label และฟังก์ชัน regionprops_table ของไลบรารี Scikit-image และนับจำนวนจิ้งหรีดที่ตรวจพบในภาพและรายงานผล จากการทดลองพบว่า อัลกอริทึมสำหรับการนับจำนวนจิ้งหรีดจากการถ่ายภาพนี้มีประสิทธิภาพความแม่นยำในการนับจำนวนจิ้งหรีดอยู่ที่ร้อยละ 94–96 ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี แต่ยังสามารถปรับปรุงให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นได้ โดยการควบคุมคุณภาพของภาพถ่ายให้มีระยะการถ่ายภาพที่ชัดเจน มีพื้นหลังของภาพสม่ำเสมอ และหลีกเลี่ยงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ อาทิเช่น แสง และ เงา เป็นต้น ในการศึกษาต่อไปควรนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการประมวลผลภาพมาป้อนให้เครื่องจักรทำการเรียนรู้ (machine learning) เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการตรวจนับ โดยเฉพาะในสภาพการตรวจนับที่ตัวจิ้งหรีดเกิดการซ้อนทับกันเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพื่อให้ได้วิธีการตรวจนับและคัดแยกจิ้งหรีดที่สามารถช่วยเหลือการปฏิบัติงานของมนุษย์สำหรับใช้ในวิชาหกิจชุมชนการเลี้ยงจิ้งหรีดได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน ที่กรุณาอนุเคราะห์การให้คำปรึกษาและความรู้ที่สำคัญ และขอขอบคุณ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ช่วยสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร, อานภาพ มีสมบุรณ์, ประมินทร์ อาจฤทธิ์. 2553. การนับจำนวนลูกปลาแบบอัตโนมัติโดย วิธี Sum-Result Indexing Algorithm. ใน: รายงานการประชุมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 18. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธนาคารไทยพาณิชย์. 2562. แมลง ตลาดส่งออกที่มีอนาคต. <https://www.scb.co.th/th/personal-banking/stories/insect-export-market.html>, 8 กุมภาพันธ์ 2564.
- ประสิทธิ์ นางทิน, สุวิทย์ เมษาราศี, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, อรัญ จันทรลูน. 2561. การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อการตัดแยกและนับเซลล์ไซมาติกในน้ำนมโคโดยใช้การประมวลผลภาพ. วารสารวิชาการปทุมวัน 8: 57–74.
- สภาเกษตรกรแห่งชาติ. 2561. “การเพาะเลี้ยงจิ้งหรีด” ยึดหลักพอเพียง. <https://www.nfc.or.th/content/6843>, 24 มีนาคม 2564.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำกรุงวอชิงตันดีซี. 2563. ข้อมูลตลาดสินค้าจิ้งหรีดและแมลงกินได้ของสหรัฐอเมริกาและสหพันธรัฐแคนาดา. <https://www.opsmoac.go.th/dc-dwl-files-431091791164>, 12 ธันวาคม 2563.

สุภาพวรรณ ไชยประพัทธ์, นุชรี ธรรมโชติ. 2557. การพัฒนาระบบการประมวลผลภาพสำหรับกระบวนการคัดแยกขนาด และสายพันธุ์ของหมึกกล้วยแปรรูป. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

Andrew, G. 2010. The Lab Book Page An Online collection of electronics information. Otsu Thresholding. <http://www.labbookpages.co.uk/index.html>, 10 October 2021.

Durst, P.B., Hanboonsong, Y. 2015. Small-scale production of edible insects for enhanced food security and rural livelihoods: Experience from Thailand and Lao people's democratic republic. J. Insects Food Feed. 1: 25–31.

Hanboonsong, Y., Rattanapan, A., Waikakul, Y., Liwvanich, A. 2001. Edible insects Survey in Northeastern Thailand. Kaen Kaset. 29: 35–44.

Hanboonsong, Y., Yamjanya, T., Durst, P.B. 2013. Six-Legged Livestock: Edible Insect Farming, Collection and Marketing in Thailand. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.

Prane, M., Eric, P. 2014. Comparative Analysis of RGB and HSV Color Models in Extracting Color Features of Green Dye Solutions. In: De La Salle University Research Congress 2014. Manila, Philippines.

Zhu, C., Wang, J., Liu, H., Mi, H. 2018. Insect identification and counting in stored grain: Image processing approach and application embedded in smartphones. Mob. Inf. Syst. 18: 1–5.

การเจริญเติบโต ผลผลิต และโปรตีนในหญ้าเนเปียร์ 4 สายพันธุ์

Growth, yield and crude protein of four napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars

ดุจดาว คุ้มยัง^{a,*}, มรกต วงศ์หนอง^a, พิชิตร์ วรรณคำ^a, วรศิลป์ มาลัยทอง^a, สุรพงษ์ ทองเรือง^a, ศุภกริ อยู่สุข^a,
วันทนี พงศรี^a, ธัญญรัตน์ เชื้อสะอาด^b

Duddoa Khonyoung^{a,*}, Morrakod Wongnor^a, Pichit Wonnakum^a, Worasin Malaithong^a, Surapong Tongrueng^a,
Sukree Yoosuk^a, Wanthani Paengsri^a, Thanyarat Chuesaard^b

^aสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

^bกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

^aAnimal Production Technology Division, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

^bBasic science Department, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: duddoak402@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิตและโปรตีนหยาบของหญ้าเนเปียร์ 4 สายพันธุ์ โดยหญ้าเนเปียร์ที่นำมาทดสอบครั้งนี้ ได้แก่ เนเปียร์สายพันธุ์แคระ เนเปียร์ปากช่อง เนเปียร์นรกจักรพรรดิ และเนเปียร์ทำยเชื่อมซูเปอร์ลีฟ ปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์ จำนวน 16 แปลง แปลงละ 4 ซ้ำ จนหญ้าอายุ 70 วัน พบว่า หญ้าเนเปียร์ทำยเชื่อมซูเปอร์ลีฟ มีความสูงที่สุด ขณะที่เนเปียร์แคระมีความสูงน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ในส่วนของการแตกหน่อพบว่ามีหญ้าเนเปียร์แคระและทำยเชื่อมซูเปอร์ลีฟมีการแตกหน่อมากกว่าปากช่องและนรกจักรพรรดิ ($p < 0.05$) จำนวนใบตอกของหญ้าเนเปียร์ทำยเชื่อมซูเปอร์ลีฟและเนเปียร์แคระมีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$) ด้านผลผลิตและปริมาณโปรตีนหยาบของหญ้าเนเปียร์ทำยเชื่อมซูเปอร์ลีฟมีแนวโน้มสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ชนิดอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากผลการศึกษารูปหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ทำยเชื่อมให้ผลดีในแง่การเจริญเติบโต แต่ผลผลิตและโปรตีนหยาบไม่มีความแตกต่างกันของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 สายพันธุ์

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, โปรตีนหยาบ, ผลผลิต, หญ้าเนเปียร์

Abstract

To study the growth, yield and crude protein of four Napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars. Four cultivars of Napier grass, Dwarf, Pakchong1, Narokjakkapat and Taykhuan superleaf, were planted by stem cutting with 2 nodes a piece, each cultivar had 4 replicates. The results showed that the plant height of Taykhuan superleaf Napier grass had the highest cultivar, while dwarf Napier grass had the shortest cultivar ($p < 0.05$). The tiller number per plant of dwarf and Taykhuan superleaf Napier grass had a greater than Pakchong1 and Narokjakkapat Napier grass ($p < 0.05$). As well as the leaves number per plant of dwarf and Taykhuan superleaf Napier grass showed the highest among cultivars. In addition, the dry matter and crude protein yield of Taykhuan superleaf Napier grass were numerically the highest among Napier grass cultivars, while there were no statistically significant difference among cultivars ($p > 0.05$). Therefore, Taykhuan superleaf Napier had the best growth. However, yield and crude protein yield were no difference among cultivars.

Keywords: Crude protein, Growth, Napier grass, Yield

คำนำ

หญ้าเนเปียร์เป็นอีกชนิดหนึ่งของพันธุ์หญ้าที่นิยมปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากให้ผลผลิตสูงและใช้ประโยชน์ได้หลายปี นอกจากนี้ยังทนแล้ง สายพันธุ์ของหญ้าเนเปียร์ในแต่ละสายพันธุ์ก็ให้ผลผลิตที่ต่างกัน รวมทั้งการจัดการดูแลร่วมด้วย เมื่อแบ่งตามลักษณะสัณฐานวิทยาของหญ้าเนเปียร์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ กลุ่มที่มีลักษณะลำต้นสูง เช่น หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นต้น และลำต้นเตี้ย เช่น หญ้าเนเปียร์แคระ เป็นต้น (ต่ำกว่า 2 เมตร) (Negawo et al., 2017) ในปัจจุบันมีการปรับปรุงสายพันธุ์ของหญ้าเนเปียร์ และผลผลิตออกมาเป็นการค้ามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นหญ้าเนเปียร์แคระ หญ้าเนเปียร์นรกจักรพรรดิ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีหญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลิฟ (*Pennisetum purpureum* Schum × *Pennisetum glaucum* cv.TKS) ซึ่งเป็นหญ้าที่เกิดจากการผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์ธรรมดา กับหญ้าเนเปียร์บาราจัวซึ่งเป็นหญ้าเนเปียร์ลูกผสมนิยมปลูกในประเทศอินเดีย (อ้างศักดิ์, 2564) ซึ่งหญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลิฟเป็นหญ้าที่กำลังเป็นที่นิยมของเกษตรกรไทยในตอนนี้เนื่องจากมีใบที่ตอก ดังนั้นจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาสายพันธุ์ที่ต่างกันของหญ้าเนเปียร์ที่นิยมปลูกเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและโปรตีนในสภาพดินร่วนปนทราย

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกสร้างแปลงหญ้า

สถานที่ในการศึกษาครั้งนี้จัดทำขึ้นที่ฟาร์มโคนม มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ทำการเตรียมแปลงโดยมีการไถดินและไถพรวน จากนั้นทำการขึ้นแปลงขนาด 4×4 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 16 แปลง โดยให้หญ้าเนเปียร์ 4 ชนิด ชนิดละ 4 ซ้ำ ได้แก่ เนเปียร์แคระ เนเปียร์ปากช่อง เนเปียร์นรกจักรพรรดิ และเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลิฟ โดยที่จะตัดท่อนพันธุ์ของหญ้าเนเปียร์แต่ละสายพันธุ์ให้เหลือสองตาใน 1 ท่อน ซึ่งมีการกำหนดระยะปลูกที่ใช้ คือ ระยะห่างระหว่างแถว 80 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร มีการให้ปุ๋ยคอกมูลโคครั้งแรกเมื่อปลูกได้ 49 วัน ในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติ ดำเนินการปลูกในเดือนสิงหาคม 2563

การวัดการเจริญเติบโต และผลผลิต

เมื่อปลูกหญ้าได้ครบที่อายุ 70 วันทำการวัดการเจริญเติบโต โดยทำการสุ่มวัดจำนวน 10 กอ/แปลง เพื่อวัดความสูง (Plant Height) ความกว้างของฐาน (Basal wide) จำนวนหน่อต่อต้น (Tillers per plant) ทำการนับจำนวนหน่อที่เกิดขึ้นจากต้นหลัก จำนวนใบต่อหน่อ (Leaves per plant) ได้จากการคำนวณจากจำนวนหน่อคูณด้วยจำนวนใบต่อหน่อ ในส่วนของผลผลิตจะทำการตัดหญ้าจากแต่ละแปลง โดยตัดสูงจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักหญ้าสด จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำน้ำหนักใบและน้ำหนักลำต้น ตัวอย่างที่เก็บนำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60°C ซ้ำมคินเพื่อเก็บไว้วิเคราะห์โปรตีนหยาบ (Crude protein) หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกนำไปบดและอบที่อุณหภูมิ 103±2°C เพื่อนำน้ำหนักวัตถุแห้ง

การวิเคราะห์ดินและโปรตีนหยาบ

ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ทำการปลูกหญ้า โดยเก็บทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 30 จุด แต่ละจุดชุดเป็นรูปตัววีแล้วเลือกเก็บดินด้านหลังของจอบโดยไม่มีเศษวัชพืชติดมา หลังจากนั้นนำดินไปตากให้แห้งแล้วนำดินมาทุบให้ละเอียด เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างโดยใช้ pH meter (Apera instruments®) และแร่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและ

โปแตสเซียมซึ่งใช้ชุดทดสอบ (Hanna Instruments®) ในส่วนของการวิเคราะห์โปรตีนหยาบนั้น ตัวอย่างหญ้าเนเปียร์ในแต่ละชนิด แยกเป็นส่วนของใบและก้านจะถูกนำไปวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบโดยวิธีการ Kjeldahl method

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ความสูง การแตกหน่อต่อต้น และข้อมูลผลผลิตหญ้า และโปรตีนหยาบ จะถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple range test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.7 มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย และเมื่อวัดปริมาณของแร่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบว่า มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสน้อยมาก ขณะที่โปแตสเซียมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ปลูกหญ้าในเดือนสิงหาคม 2563 และวัดการเจริญเติบโตรวมถึงผลผลิตเมื่อหญ้าปลูกได้อายุ 70 วัน ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก แสดงผลใน Table 1 พบว่า ความสูงของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 สายพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า หญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟมีความสูงมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับหญ้าเนเปียร์ปากช่องและนรจักรพรรดิ ขณะที่หญ้าเนเปียร์แคระมีความสูงน้อยที่สุด ขณะที่ความกว้างของฐานหญ้าเนเปียร์นรจักรพรรดิและปากช่อง1 มีค่ามากที่สุดและสูงกว่าหญ้าเนเปียร์แคระและทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 Growth of four Napier cultivars

Cultivars	Plant Height (cm)	Basal wide (cm)	Tillers per plant (no)	Leaves per tiller (no)	Leaves per plant (no)
Dwarf	104.21±30.23 ^b	1.35±0.29 ^b	12.79±3.59 ^a	12.15±5.51	168.10±109.64 ^a
Pakchong1	156.75±32.49 ^a	1.75±0.31 ^a	8.43±3.47 ^b	10.42±4.20	81.35±40.43 ^b
Narokjakkapat	153.10±29.53 ^a	1.92±0.47 ^a	7.25±2.00 ^b	13.37±1.44	99.07±37.70 ^{ab}
Taykhuan superleaf	189.49±34.56 ^a	1.32±0.25 ^b	12.40±1.13 ^a	15.00±7.21	180.17±64.00 ^a
p-value	0.012	0.013	0.007	0.428	0.044

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ในส่วนของการแตกหน่อพบพบว่า หญ้าเนเปียร์แคระและทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟมีการแตกหน่อมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 และนรจักรพรรดิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม จำนวนใบต่อกอของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อคิดเป็นจำนวนใบต่อกอนั้น พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยหญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟมีจำนวนใบต่อกอสูงที่สุดใกล้เคียงกับเนเปียร์แคระ ขณะที่เนเปียร์ปากช่อง1 ให้จำนวนใบที่น้อยที่สุด ความสูงของหญ้าเนเปียร์แคระในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับที่มีผู้เคยรายงานไว้อยู่ในช่วง 83.7–95.5 เซนติเมตร (Sarwanto and Tuswati, 2018) เช่นเดียวกันความสูงของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ในการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ศรีณย์พงศ์ และคณะ (2564) ที่รายงานไว้

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 60 วันมีความสูงเฉลี่ย 128.11 เซนติเมตรและมีจำนวนหน่อ 7 หน่อ ความสูงของหญ้าเนเปียร์ท้ายเขื่อนซูเปอร์ลิฟท์ที่อายุ 60-90 วันมีความสูงเฉลี่ย 116.7-151 เซนติเมตร และมีการแตกหน่อ 44.3-49 หน่อต่อกอ (ธีรศักดิ์, 2564) ซึ่งค่าความสูงมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ขณะที่ จำนวนการแตกกอของการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการแตกกอของหญ้าเนเปียร์ท้ายเขื่อนซูเปอร์ลิฟท์ 12.4 หน่อต่อกอ มีการรายงานก่อนหน้า (Halim et al., 2013) ว่า หญ้ากลุ่มเนเปียร์แคะจะมีการแตกหน่อมากกว่าหญ้าเนเปียร์ที่อยู่ในกลุ่มลำต้นสูงซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่า หญ้าเนเปียร์แคะมีการแตกหน่อมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่องและนรจักรพรรดิ แต่ไม่แตกต่างกับเนเปียร์ท้ายเขื่อนซูเปอร์ลิฟท์ที่ให้ผลการแตกกอดีเช่นเดียวกัน

ผลผลิตน้ำหนกสด และน้ำหนกแห้งของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ท้ายเขื่อนซูเปอร์ลิฟท์มีตัวเลขที่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ในส่วนของสัดส่วนของใบต่อลำต้น โปรตีนหยาบของใบและลำต้น รวมถึงผลผลิตโปรตีนต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์ของทั้ง 4 สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงผลใน Table 2 ผลผลิตในหญ้าทั้ง 4 สายพันธุ์ในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าที่มีผู้เคยรายงานไว้ว่า หญ้าเนเปียร์แคะที่ตัดทุกๆ 42-56 วันให้ผลผลิตน้ำหนกแห้ง 537 กิโลกรัม/ไร่ (Zailan et al., 2018) หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่อายุการตัด 60 วันให้ผลผลิต 196.9 กิโลกรัมต่อไร่ (ศรัณย์พงศ์ และคณะ, 2564) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการศึกษานี้เป็นการเก็บข้อมูลการตัดครั้งแรกจากการปลูก ประกอบกับการให้น้ำอาศัยเฉพาะน้ำฝนจากธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อหญ้าอายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตสูงขึ้น แต่จะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการไม่ว่าจะเป็นโปรตีนที่ลดลง รวมถึงเยื่อใยที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้แล้วผลผลิตโปรตีนในการศึกษานี้ก็ให้ค่าต่ำกว่าที่มีผู้รายงานไว้ว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ให้ผลผลิตโปรตีนหยาบที่ 401-411 กิโลกรัมต่อเฮคเตอร์หรือ 64.16-65.76 กิโลกรัมต่อไร่ (Lounglawan et al., 2014) อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบใบและต้นของหญ้าเนเปียร์แคะนั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่มีผู้รายงานไว้ว่าหญ้าเนเปียร์แคะค่าโปรตีนหยาบส่วนของใบและลำต้นเท่ากับ 13.9% และ 11% ตามลำดับ (Tekletsadik et al., 2004) ถึงแม้ในการศึกษานี้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 4 สายพันธุ์แต่หญ้าเนเปียร์ท้ายเขื่อนซูเปอร์ลิฟท์มีค่าเฉลี่ยในด้านผลผลิตและผลผลิตโปรตีนต่อไร่ที่มีค่าดีที่สุด

Table 2 Yield, leaf to stem ratio and crude protein of four Napier cultivars

Cultivars	Fresh yield	DM yield	Leaf:Stem	%CP leaf	%CP stem	Crude
	(Kg/Rai)	(Kg/Rai)				protein
						(Kg)/Rai
Dwarf	838.69±682.00	135.37±107.35	2.10±0.88	12.44±2.66	9.26±2.80	15.05±11.73
Pakchong1	1178.72±951.72	183.71±135.92	1.70±0.71	12.68±1.20	7.73±1.98	18.45±11.03
Narok	1224.50±806.28	164.04±96.75	1.72±0.77	14.14±0.82	8.78±1.47	19.11±9.76
Jakkapat						
Super leaves	1548.50±918.85	246.51±123.90	1.63±0.97	13.70±2.19	7.42±1.67	26.28±10.59
<i>p</i> -value	0.46	0.43	0.85	0.493	0.619	0.322

*Means±SD in the same column followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตและโปรตีนหยาบของหญ้าเนเปียร์ 4 สายพันธุ์ภายใต้การปลูกแบบอินทรีย์และได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติ ในการตัดครั้งแรกที่อายุ 70 วัน หลังจากการปลูกนั้น พบว่า หญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟเป็นหญ้าที่มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าหญ้าเนเปียร์แคะ ปากช่อง 1 และนรจักรพรรดิ นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟยังมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตและปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่าหญ้าเนเปียร์ชนิดอื่นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาศาสาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์รหัส 61 ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณฟาร์มสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธำรงค์ดี พลบำรุง. 2564. ประวัติความเป็นมาของหญ้าเนเปียร์ทำยเชื้อนซูปเปอร์ลีฟ. วารสารสัตวบาล 31: 20–29.
- นรพร ตรงกาวิณ, ศิริพร หล้าแสน, ศิริลักษณ์ ดินเมืองชน, แสตมภ์ ตีมี, ชื่นจิต แก้วกัญญา, ธิระยุทธ จันทะนาม, วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. 2562. การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ที่ปลูกในสภาพดินลูกรัง. เกษตร 47(ฉบับพิเศษ): 187–194.
- ศรัณย์พงศ์ ทองเรือง, กานต์วี แคล้วเครือ, พงศธร พรมนบุตร, สภาวดี มานะไตรนนท์. 2564. การเปรียบเทียบผลผลิตลักษณะทางพืชอาหารสัตว์ความหวาน และคุณค่าทางโภชนาการของ หญ้าหวาน (*Pennisetum purpureum* cv. Mahasarakham) และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*) ที่อายุการตัดต่างกัน. เกษตร 49: 1092–1102 /doi:10.14456/kaj.2021.97.
- Halim, R.A., Shampazuraini, S., Idris, A.B. 2013. Yield and nutritive quality of nine Napier grass varieties in Malaysia. Mal. J. Anim. Sci. 16: 37–44.
- Lounglawan, P., Lounglawan, W., Suksombat, W. 2014. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*). In: the 4th International Conference on Agriculture and Animal Science (CAAS 2013) and 3rd International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2013) APCBEE Procedia 8: 27–31.
- Negawo, A.T., Teshome, A., Kumar, A., Hanson, J., Jones, C.S. 2017. Opportunities for napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. Agronomy 7: 28. doi.org/10.3390/agronomy7020028
- Sarwanto, D., Tuswati, S. 2018. Introduction of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) and annual legumes in the disused limestone mining in Karst Gombong Area, Central Java, Indonesia. Buletin Peternakan. 42: 57–61. doi: 10.21059/buletinpeternak.v42i1.28734.
- Tekletsadik, T., Tudsri, S., Juntakool, S., Prasanpanich, S. 2004. Effect of dry season cutting management on subsequent forage yield and quality of Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*) and Dwarf Napier (*Pennisetum purpureum* L.) in Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 38: 457–467.

Zailan, M.Z., Yaakub, H., Jusoh, S. 2018. Yield and nutritive quality of napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars as fresh and ensiled fodder. J. Anim. Plant Sci. 28: 63–72.

สาขาสัตว์
(Subject: Animals)

ภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)

ผลของการเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและลักษณะซากของไก่เนื้อ

Effect of roselle extract dietary supplementation on production performances and carcass characteristic in broiler

นววรรณ พรหมภักดี, กันต์ฤทัย คำน้อย, กรรณิกา สามประคร, บัวเรียม มณีวรรณ, กฤดา ชูเกียรติศิริ, จุฬากร ปานะถิก*

Nawawan Prompakdee, Kunruethai Khamnoi, Kannikar Hamprakorn, Buaream Maneewan, Krida Chukiatsiri, Julakorn Panatuk*

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: julakorn@mju.ac.th

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและลักษณะซาก โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์การ์ดำ (Ross308®) เพศผู้อายุ 1 วัน จำนวน 240 ตัว ถูกสุ่มให้ได้รับอาหารทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 4 ซ้ำ กลุ่มการทดลองประกอบไปด้วย กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (C) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (DL-alpha tocopheryl acetate) 0.025% (T1) กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเสริมผงกระเจี๊ยบแดง 1% (T2) กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุมเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 0.5% (T3) และกลุ่มที่ 5 อาหารควบคุมเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 1% (T4) ผลการทดลองพบว่าการเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในอาหารไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต แต่ลักษณะซากในกลุ่มที่ 4 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0.5% มีสัดส่วนของส่วนโครงกระดูกสูงสุดและกลุ่มที่ 5 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 1% มีค่าร้อยละส่วนของกระดูกและกระดูกเมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักมีชีวิตมีค่าสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มที่เสริมกระเจี๊ยบแดงผง 1% และสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 0.05%, 1% มีแนวโน้มที่ทำให้น้ำหนักมีชีวิตก่อนการฆ่ามากกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและสารวิตามินอีในอาหารไก่เนื้อ ($p < 0.01$) จากผลการศึกษานี้ครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงเสริมในอาหารไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อ แต่ส่งผลต่อสัดส่วนของโครงกระดูกที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรที่จะศึกษาถึงปัจจัยของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพของเนื้อไก่ต่อไป

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, ไก่เนื้อ, คุณภาพซาก, สารสกัดกระเจี๊ยบแดง

Abstract

The aimed of this study were to investigate the effect of roselle extract supplementation in broiler diet on productive performances and carcass characteristic in broiler. The 240 (Ross308®) broilers, 1 day old were randomly assigned to 5 experimental groups according to Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications / treatments. The experimental groups consisted of; Control (C), (T1) vitamin E (α -tocopherol) supplementation (0.0025% w/w), (T2) supplement dry ground roselle 1% w/w, (T3) supplement with roselle extract 0.5% w/w and (T4) supplement with 1% w/w roselle extract. The results showed that roselle extract in broiler diet had no effect on production performances. However, the carcass characteristic in T4, T5 had higher chicken skeleton than control group. The Slaughter weight in T3 and T4 had trend to higher than control group. Base on this study, it could be concluded that roselle extract supplementation had no effect on productive performance but increase skelaton part ratio. Furture study should be study on the effect of roselle extract supplementation on chicken meat quality.

Keywords: Broiler, Carcass characteristic, Production performances, Roselle extract

คำนำ

อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อของประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณการผลิตไก่เนื้อ 1,694.52 ล้านตัว เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562 มีปริมาณการผลิตไก่เนื้อ 1,588.63 ล้านตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคการเลี้ยงไก่เนื้อในเชิงอุตสาหกรรมจึงมักมีรูปแบบในการเลี้ยงที่มีความหนาแน่นทำให้สัตว์เกิดสภาวะความเครียด โดยความเครียดที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นร่างกายเกิดความอ่อนแอเกิดโรคได้ง่าย ศักยภาพการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการให้ผลผลิตด้อยลง (อุมาพร และโอภาส, 2559) การใช้สารเสริมจากพืช (phytogenic feed additives) เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและลดความกังวลของผู้บริโภคต่อสารตกค้างจากกระบวนการผลิตไก่เนื้อ กระจับแดงเป็นพืชสมุนไพรที่มีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น ascorbic acid, citric acid, malic acid, tartaric acid และมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง และม่วง (นวลศรี และอัญชญา, 2545) อีกทั้งกระจับแดงยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (กัลยา, 2463) ที่เป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในไก่เนื้อ มีรายงานว่า กระจับแดงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากผลิตสารประกอบฟีนอลิกปริมาณมาก โดยเฉพาะส่วนของกลีบเลี้ยงและส่วนดอกของกระจับแดงมีปริมาณใกล้เคียงกับบลูเบอร์รี่ เซอร์รี่และแครนเบอร์รี่ (แอลัมและคณะ, 2545) ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำกระจับแดงในรูปแบบสารสกัดใช้เป็นสารเสริมในอาหารไก่เนื้อโดยศึกษาประสิทธิภาพการให้ผลผลิตและลักษณะซาก

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองในครั้งนี้ดำเนินการทดลอง ณ ฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม พ.ศ. 2564 การดำเนินการกับสัตว์ทดลองเป็นไปตามมาตรฐานการใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์ทดลอง MACUC020A/2564

การเตรียมสารสกัดกระจับแดง โดยใช้ส่วนกลีบดอกกระจับแดงพันธุ์ชูดานล้างให้สะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้งสนิท จากนั้นบดกระจับแดงให้เป็นผงละเอียดชั่ง 100 g ต้มกับน้ำ 1,500 ml ที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 รอบ ระบายสารละลายกระจับแดงอบที่อุณหภูมิ 60°C ให้เหลือ 3 ใน 5 อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°C จนแห้งสนิท นำมาบดให้เป็นผงละเอียดร่อนผ่านรูดะแกรงขนาด 0.1 mm เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่สัมผัสกับอากาศเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารไก่เนื้อตามอัตราที่กำหนดในกลุ่มทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยใช้ไก่เนื้อสายพันธุ์การค้ำ (Ross308[®]) เพศผู้อายุ 1 วัน จำนวน 240 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนระบบเปิด โดยแบ่งสัตว์ทดลองที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมเสริมสารสกัดกระจับแดง 0% (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเสริมวิตามินอี (DL-alpha tocopheryl acetate) 0.025% กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเสริมผงกระจับแดง 1% กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุมเสริมสารสกัดกระจับแดง 0.5% และกลุ่มที่ 5 อาหารควบคุมเสริมสารสกัดกระจับแดง 1% แต่ละกลุ่มจะมี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว ไก่ทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารควบคุมสูตรเดียวกัน และได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) สูตรอาหารแต่ละกลุ่มการทดลองควรมีคุณค่าทางอาหารตรงตามความต้องการของไก่เนื้อในระยะต่าง ๆ ไก่เนื้อ ในระยะ 0-3 สัปดาห์ ควรได้รับโปรตีน 23% และระดับพลังงาน 3,200 kcal ME/g ไก่เนื้อในระยะ 4-6 ควรได้รับโปรตีน 20% และระดับพลังงาน 3,200 kcal ME/g (NRC, 1994) จากการทดลองอาหารสูตรอาหารแต่ละกลุ่มการทดลองในระยะ 0-3 สัปดาห์ แสดงใน Table 1 พบว่า โปรตีน 21-24% และระดับพลังงาน 4,000-4,300 cal GE/g ส่วนไก่เนื้อใน

ระยะ 4-6 แสดงใน Table 2 พบว่า ไบรตีน 18-20% และระดับพลังงาน 4,000-4,300 cal GE/g ตลอดระยะเวลา 35 วัน มีการจดบันทึกข้อมูล ปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน และน้ำหนักไก่ตัวไก่แต่ละสัปดาห์หลังสิ้นสุด เมื่อการทดลองครบ 35 วัน สุ่มไก่ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มมา ซ้ำละ 4 ตัวต่อกลุ่มการทดลอง นำมาชำแหละและเก็บข้อมูลองค์ประกอบซากและองค์ประกอบของอวัยวะภายใน

Table 1 Feed formulation and chemical composition of broiler diet (0-3 week)

Item	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Maize (%)	53.18	53.155	52.18	52.68	52.18
Soybean meal (%)	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
Rice bran oil (%)	5.63	5.63	5.63	5.63	5.63
Fishmeal (%)	5.71	5.71	5.71	5.71	5.71
Limestone (%)	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
Dicalcium (%)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Salt (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamin premix (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin E (%)	0	0.025	0	0	0
Roselle Powders (%)	0	0	1	0	0
Roselle extract (%)	0	0	0	0.5	1
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated feed chemical compositions					
Moisture (%)	12.76	11.62	11.80	11.01	11.09
Ash (% DM)	5.63	5.73	5.74	5.73	5.83
Protein (% DM)	21.22	21.52	21.58	23.31	19.61
Calcium (% DM)	0.29	0.25	0.25	0.30	0.15
Phosphorous (% DM)	0.51	0.53	0.55	0.52	0.55
Ether extract (% DM)	6.80	8.21	7.61	8.17	7.95
Gross energy (Cal/g)	4009.4	4150.6	4101.7	4216.2	4158.25

(C) = diet without supplementation, (T1) vitamin E supplementation (0.0025% w/w), (T2) supplement dry ground roselle 1% w/w, (T3) supplement with roselle extract 0.5% w/w and (T4) supplement with 1% w/w roselle extract

Table 2 Feed formulation and chemical composition of broiler diet (4–5 week)

Item	Treatments				
	C	T1	T2	T3	T4
Maize (%)	60.00	59.975	59.00	59.50	59.00
Soybean meal (%)	29.39	29.39	29.39	29.39	29.39
Rice bran oil (%)	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96
Fishmeal (%)	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
Limestone (%)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Dicalcium (%)	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
Salt (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamin premix (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin E (%)	0	0.025	0	0	0
Roselle Powders (%)	0	0	1	0	0
Roselle extract (%)	0	0	0	0.5	1
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated feed chemical compositions					
Moisture (%)	11.27	11.33	11.89	11.57	11.38
Ash (% DM)	5.27	5.52	5.36	5.28	5.36
Protein (% DM)	18.57	18.55	18.20	19.84	18.53
Calcium (% DM)	0.35	0.43	0.38	0.29	0.53
Phosphorous (% DM)	0.52	0.54	0.57	0.62	0.52
Ether extract (% DM)	8.17	7.89	7.68	7.50	7.59
Gross energy (Cal/g)	4146.85	4106.3	4063.4	4115.25	4129

(C) = diet without supplementation, (T1) vitamin E supplementation (0.0025% w/w), (T2) supplement dry ground roselle 1% w/w, (T3) supplement with roselle extract 0.5% w/w and (T4) supplement with 1% w/w roselle extract

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple rang test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 28 ผลการทดลองจะแสดงในรูปค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย ค่า $p < 0.05$ จะพิจารณาว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและ $p < 0.10$ จะพิจารณาว่ามีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดงในอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต แสดงใน Table 3 พบว่า ไก่เนื้อทุกกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ปริมาณการกินได้ (กรัม/ตัว) อัตราการเปลี่ยนอาหาร (กรัม/ตัว) และอัตราการตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่กลุ่มที่ 4 อาหารที่เสริม

สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0.5% มีแนวโน้มอัตราการเปลี่ยนอาหาร (กรัม/ตัว) สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($p < 0.10$) เช่นเดียวกับการทดลองของ นภัสวรรณ (2560) ผลของการใช้กระเจี๊ยบแดงเป็นสารเสริมในน้ำดื่มของไก่เนื้อต่อค่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาในสภาวะเครียดตลอดระยะเวลาเลี้ยง 35 วัน พบว่าปริมาณที่กินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ค่าโลหิตวิทยา และไขมันในเลือดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 3 Effects of supplementation of roselle extract in broiler diet on broiler production performances

Item	Treatments					SEM	p-value
	C	T1	T2	T3	T4		
<i>0-3-week period</i>							
Initial weight (g/bird)	42.28	42.27	42.28	42.29	42.18	0.02	0.24
Final weight (g/bird)	698.33	692.92	698.33	692.92	692.92	7.12	0.99
Weight gain (g/bird)	656.06	650.66	656.06	650.63	650.74	7.12	0.99
Average daily gain (g//bird/day)	31.24	30.98	31.24	30.98	30.99	0.34	1.00
Feed intake (g/bird)	572.48	559.82	545.21	549.77	543.06	14.89	0.97
FCR	3.79	3.92	3.80	3.94	3.60	0.05	0.23
<i>3-5-week period</i>							
Initial weight (g/bird)	698.33	692.92	698.33	692.92	692.92	7.12	0.99
Final weight (g/bird)	1508.73	1518.99	1565.46	1479.37	1600.78	25.09	0.58
Weight gain (g/bird)	810.40	826.07	867.12	786.46	907.87	21.90	0.46
Average daily gain (g//bird/day)	41.90	42.19	43.52	41.06	44.53	0.72	0.58
Feed intake (g/bird)	538.06	416.47	516.45	585.69	610.16	37.16	0.54
FCR	2.74	2.49	2.57	2.72	2.57	0.07	0.77
<i>0-5-week period</i>							
Initial weight (g/bird)	42.28	42.27	42.28	42.29	42.18	0.02	0.24
Final weight (g/bird)	1508.73	1518.99	1565.46	1479.37	1600.78	25.09	0.58
Weight gain (g/bird)	1466.45	1476.72	1523.17	1437.08	1558.60	25.86	0.58
Average daily gain (g//bird/day)	57.89	59.01	61.94	56.18	64.85	1.56	0.46
Feed intake (g/bird)	1110.54	976.28	1061.65	1135.45	1153.21	36.87	0.51
FCR	4.88	4.89	4.83	5.01	4.60	0.07	0.40

(C) = diet without supplementation, (T1) vitamin E supplementation (0.0025% w/w), (T2) supplement dry ground roselle 1% w/w, (T3) supplement with roselle extract 0.5% w/w and (T4) supplement with 1% w/w roselle extract

ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดงในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก แสดงใน Table 4 พบว่า น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่กลุ่มที่ 2 อาหารที่เสริมด้วยวิตามินอี 0.025% มีแนวโน้มต่ำกว่าทุกกลุ่มการทดลอง อีกทั้งองค์ประกอบซากพบว่า โครงกระดูกในกลุ่มที่ 4 อาหารที่

เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0.5% มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 26.82% รองลงมา กลุ่มที่ 5 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 1% เท่ากับ 26.52 กลุ่มที่ 2 อาหารที่เสริมวิตามินอี 0.025% เท่ากับ 25.82 กลุ่มที่ 3 อาหารที่เสริมกระเจี๊ยบแดงผงที่ 1% เท่ากับ 25.31 และกลุ่มที่ 1 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0% (กลุ่มควบคุม) เท่ากับ 25.14 ตามลำดับ ส่วนปีกรวม น่อง สะโพก หัวและคอ แข็งและตีน ออกนอก ออกใน และไขมันหน้าท้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับองค์ประกอบซากอวัยวะภายในอย่างกระเพาะปัสสาวะและกระเพาะไค้ กลุ่มที่ 5 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 1% มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.26% และกลุ่มที่ 2 อาหารที่เสริมวิตามินอีเท่ากับ 2.20 แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 4 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0.5% และกลุ่มที่ 1 อาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ 0% (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 3 กลุ่มที่เสริมกระเจี๊ยบแดงผง 1% มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.98%

Table 4 Effects of supplementation of roselle extract in broiler diet on broiler carcass

Item	Treatments					SEM	p-value
	C	T1	T2	T3	T4		
Slaughter weight (g)	1499.75	1437.89	1528.82	1501.59	1526.50	11.20	0.09
Carcass weight (g)	1141.98	1087.95	1168.19	1139.74	1145.20	9.83	0.14
Carcass yield (%)	76.13	75.63	76.45	75.84	74.94	0.26	0.43
<i>Carcass composition (% of hot carcass weight)</i>							
Wing	10.56	10.50	10.15	10.61	10.17	0.07	0.09
Drumstick	13.47	13.40	13.52	13.61	13.74	0.09	0.81
Thigh	16.97	16.41	16.97	16.53	16.73	0.16	0.74
Neck	8.26	8.29	7.82	8.45	8.30	0.11	0.45
Feet and leg	5.64	5.64	5.28	5.68	5.56	0.06	0.28
Breast	18.87	19.47	19.45	18.53	19.36	0.22	0.59
Tenderloin	4.08	4.12	4.23	4.07	4.04	0.06	0.84
Skeleton	25.14 ^c	25.82 ^{abc}	25.31 ^{bc}	26.82 ^a	26.52 ^{ab}	0.20	0.04
Abdominal fat	2.54	2.63	2.46	2.54	2.75	0.07	0.79
<i>Internal Organs composition (% of Slaughter weight)</i>							
Heart	0.60	0.64	0.57	0.59	0.60	0.01	0.35
Liver	2.79	2.68	2.49	2.62	2.56	0.05	0.42
Gizzard	2.06 ^{ab}	2.20 ^a	1.98 ^b	2.16 ^{ab}	2.26 ^a	0.03	0.03
kidney	0.28	0.30	0.26	0.30	0.24	0.02	0.79
Total internal organs	10.69	10.83	10.27	10.76	11.12	0.11	0.23

^{a,b,c} Within a row, mean values with different superscripts differ significantly at $p < 0.05$

(C) = diet without supplementation, (T1) vitamin E supplementation (0.0025% w/w), (T2) supplement dry ground roselle 1% w/w, (T3) supplement with roselle extract 0.5% w/w and (T4) supplement with 1% w/w roselle extract

สรุป

การเสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในอาหารไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต แต่อย่างไรก็ตาม ในด้านของลักษณะซากไก่ที่ได้รับอาหารที่เสริมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีผลให้ค่าโครงกระดูกสูงสุดและส่งผลกระทบต่อค่ากระดูกและกระดูกสันหลัง และกลุ่มที่เสริมกระเจี๊ยบแดงมีแนวโน้มน้ำหนักซากและน้ำหนักซากอุ่นมากกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและสารวิตามินอีในอาหารไก่เนื้อ ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเลือด สัตฐานวิทยาของลำไส้ และลักษณะคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงในสูตรอาหาร

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา บินดูเหล็ก, กัญญารัตน์ เหยดอิน, สิริมาภรณ์ วัชรกุล. 2563. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ของสารสกัดหยาบจากดอกกระเจี๊ยบแดง. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
- แฉล้ม มาศวรรณ, ศุภรัตน์ สวงนรังศิริกุล, เพียงเพ็ญ ศรวัต, พีรเดช ชูยกระเดื่อง, สุวัชชัย มิสุนา. 2545. ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลีบกระเจี๊ยบแดง 29 สายพันธุ์. รายงานวิจัยสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น. ขอนแก่น, หน้า 16-19.
- ธวัชชัย โพร้เอื้อง, เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล, กัลยา เจือจันทร์. 2547. ประสิทธิภาพของการใช้โปรไบโอติกในการเลี้ยงไก่วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข. 14: 52-61.
- นวลศรี รักอริยธรรม, อัญชญา เจนวิถีสุข. 2545. แอนติออกซิแดนซ์: สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย. นพบุรีการพิมพ์. เชียงใหม่.
- ปิยพร สุขวนิช. 2551. ผลของการเสริมกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) ในอาหารไก่ไข่ต่อการต้านออกซิเดชันคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาไข่. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2564. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- อุมาพร แพทย์ศาสตร์, โอภาส พิมพา. 2559. การเสริมสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดในอาหารไก่เนื้อต่อสรรพภาพการผลิต และคุณภาพเนื้อไก่. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D.E., and Touraille, C. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities'(CEC) beef production research programme. Livest. Prod. Sci. 8: 385-397.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. Food Research International 64: 171-181.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Nation Academy. Washington DC, USA.

ความแตกต่างของวัสดุรองรังไข่ต่อความชอบและคุณภาพภายนอกของไข่ในไก่แม่พันธุ์พื้นเมือง

Difference of nesting material on preference test and external egg quality in Thai native breeder hens

ยุทธนา สุนันตา^a, สุรรัตน์ อุ่นวิเศษ^a, จิราวรรณ สอนพิชัย^b, อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์^c, จำเรียม เทียงธรรม^b, สุภารักษ์ คำพูด^{a,*}
Yutthana Sunanta^a, Surirat Aunwiset^a, Jirawan Sornpichai^b, Arthit Panyasak^c, Jamroen Thiengtham^b,
Suparak Khumput^{a,*}

^aคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

^bภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^aFaculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

^bDepartment of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand

^cDepartment of Animal Sciences, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140 Thailand

*Corresponding author. E-mail address: skhumput@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาความชอบของไก่พื้นเมือง และคุณภาพภายนอกของไข่ของการใช้วัสดุรองรังไข่ที่แตกต่างกัน โดยใช้ไก่แม่พันธุ์สายพันธุ์ประดู่หางดำจำนวน 90 ตัว ที่ช่วงอายุ 30–41 สัปดาห์ทำการทดสอบความแตกต่างวัสดุรองรังไข่ (หญ้าเทียม ฟางข้าว และแกลบ) การเก็บข้อมูลสังเกตความชอบจากจำนวนไก่ที่เลือกใช้วัสดุรองรังไข่ ระยะเวลาในการเข้ารังไข่ และเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ ไข่สกปรกและบุบร้าวของแต่ละวัสดุรองรังไข่ ผลการทดลองพบว่าจำนวนไก่ที่เข้าในวัสดุรองรังไข่และระยะเวลาในการใช้หญ้าเทียม และแกลบมากกว่าการใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุรองรังไข่ ($p < 0.05$) เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ที่พบในหญ้าเทียม และแกลบเป็นวัสดุรองรังไข่มากที่สุด ($p < 0.01$) เปอร์เซ็นต์ไข่สกปรกและบุบร้าวของฟางข้าวพบมากที่สุด ($p < 0.05$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หญ้าเทียมและแกลบเป็นวัสดุรองรังไข่ที่ไก่ชอบและไม่ส่งผลเสียต่อความสกปรกของไข่และไข่บุบร้าว

คำสำคัญ: ไก่พ่อแม่พันธุ์พื้นเมือง, คุณภาพภายนอกของไข่, วัสดุรองรังไข่, วิธีการทดสอบความชอบ

Abstract

This study was to determine the difference of nesting material on preference test and external quality of eggs in Thai chickens. A total of 90 Pradu-hangdum Thai native breeder hens at 30–41 weeks of age were tested for three different material (artificial turf, rice straw and rice husks). The number of hens using material, duration of nesting material, percentage of number eggs, dirty and cracked eggs were observed. The result showed that preference behavior and duration of nesting pad was significantly higher in group 1 and 3 than those in group 2 ($p < 0.05$). The percentage of eggs laid was higher in group 1 and 3 than group 2 ($p < 0.01$). Dirty and broken eggs were most common in group 2 ($p < 0.05$). This study showed that hens equally preferred artificial turf and rice husk material, while both had no impact on neither dirtiness nor broken eggs.

Keywords: External egg quality, Nesting box pad, Preference test, Thai native breeder

คำนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกรของแต่ละท้องถิ่น เลี้ยงเพื่อการกีฬา ดูเล่น และการบริโภค ระบบการเลี้ยงนิยมเลี้ยงแบบปล่อย ซึ่งการเลี้ยงในลักษณะนี้จะทำให้ไก่มีอิสระในการแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ เช่น การหาอาหาร และการวางไข่และเลือกวัสดุสำหรับทำรังไข่ เป็นต้น พฤติกรรมการทำรังเพื่อวางไข่ในไก่พื้นเมือง ส่วนใหญ่จะวางไข่ในพื้นที่เงียบ ปลอดภัยจากศัตรู และวัสดุที่ใช้ในการทำรังหรือออกไข่จะใช้โพรงหญ้าหรือเศษวัสดุตามธรรมชาติ เพื่อช่วยในการรักษาอุณหภูมิของไข่ที่ฟัก และรองรับน้ำหนักของไข่พร้อมกับตัวไก่ได้ (Fossum et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตาม ความต้องการบริโภคไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากรสชาติที่มีลักษณะพิเศษของไก่พื้นเมือง ส่งผลให้ผู้ผลิตหันมานิยมเลี้ยงเพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภค ดังนั้น ปัจจุบันรูปแบบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจึงเปลี่ยนไปในรูปแบบเชิงการค้ามากขึ้น โดยการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ซึ่งมีพื้นที่การเลี้ยงค่อนข้างจำกัด ซึ่งไก่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติได้แต่อาจไม่เต็มที่นัก โดยเฉพาะพฤติกรรมการทำรัง ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ และยังคงพบการแสดงพฤติกรรมนี้ในไก่แม่พันธุ์ เนื่องจากไก่พื้นเมืองยังมีการถ่ายทอดการแสดงพฤติกรรมมาจากไก่ป่า ในไก่ป่าและไก่พื้นเมืองก่อนการออกไข่ มีการหาพื้นที่ที่เหมาะสม และไม่เป็นอันตรายต่อไข่ จากนั้นจึงขุดคุ้ยดินทำเป็นหลุม เพื่อป้องกันไม่ให้ไข่หลุดออกจากรังไปได้ และมีการใช้วัสดุเศษไม้ เศษหญ้า เพื่อรองไข่ สร้างความอบอุ่นและป้องกันอันตรายให้แก่ไข่ เมื่อถึงเวลาที่ไก่ออกไข่ ไก่จะหมุนตัวไปมา และหมอบตัวลงตรงวัสดุที่รองพื้น (Duncan and Kite, 1989) แต่อย่างไรก็ตามระบบการเลี้ยงเปลี่ยน ผู้เลี้ยงจึงคิดถึงต้นทุนการผลิตก่อนเป็นอันดับแรก จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับพฤติกรรมการสร้างรังน้อยลง

จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการนำวัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากวัสดุต้นทุนต่ำ หาได้ง่ายจากท้องถิ่นและมีราคาถูก เช่น ฟาง หญ้าแห้ง แกลบ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติของวัสดุรองรังไข่ สามารถรองรับน้ำหนักได้ มีความยืดหยุ่นและสามารถให้ไก่ได้ทำการคุ้ยเหย้าได้ เป็นต้น (Kikuchi et al., 2018) และวัสดุรองรังไข่จะต้องง่ายต่อการทำความสะอาด เพื่อลดความสกปรกของไข่ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเลี้ยงไก่ในเชิงการค้าจะต้องมีต้นทุนของแรงงานเข้ามามีส่วนร่วมสำคัญในการผลิต ซึ่งการใช้วัสดุรองรังไข่จากธรรมชาติอาจจะไม่ตอบสนองการเลี้ยงเชิงการค้า เนื่องจากจะต้องใช้แรงงานในด้านการเปลี่ยนวัสดุรองรังไข่ และทำความสะอาดไข่สกปรกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะไข่พ่อแม่พันธุ์ที่จะนำไข่ไปเข้าฟัก ซึ่งมีราคาแพง และต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาความชอบของไก่พื้นเมือง และคุณภาพภายนอกของไข่ของการใช้วัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากหญ้าเทียม และวัสดุธรรมชาติได้แก่ แกลบ และฟาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการจัดการการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเชิงการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

ไก่แม่พันธุ์สายพันธุ์ประดู่หางดำ ที่ช่วงอายุ 30-41 สัปดาห์ จำนวน 90 ตัว ซึ่งแบ่งเป็นพ่อพันธุ์ 15 ตัว แม่พันธุ์ 75 ตัว ใช้อัตราการการคุมฝูง 1:5 โดยที่ไก่แต่ละกลุ่มจะได้รับวัสดุรองรังไข่ทั้ง 3 วัสดุ คือ วัสดุรองรังไข่ทำมาจากพลาสติกหรือแผ่นหญ้าเทียม ฟางข้าว และแกลบ (ฟางข้าวและแกลบจะใส่ที่ระดับความหนา 1 นิ้ว) การเปลี่ยนวัสดุรองรังไข่จะทำการเปลี่ยนและสลับตำแหน่งทุกเดือน เพื่อเป็นการลดการลำเอียงจากตำแหน่งในการเลือกวัสดุ และมีการทำความสะอาดวัสดุรองรังไข่ทุกอาทิตย์

ไก่ทุกตัวเลี้ยงแบบระบบเปิด และมีการเลี้ยงแบบขังในโรงเรือน ซึ่งภายในโรงเรือนจะมีคอกขนาด 1×1 เมตร จำนวน 15 คอก ซึ่งแต่ละคอกมีอุปกรณ์การให้น้ำแบบอัตโนมัติ ถังแขวนอาหาร และรังวางไข่ (ขนาด 150×46 เซนติเมตร) ภายในแบ่ง 2 ชั้น ชั้นละ 6 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 36×27 เซนติเมตร) วัสดุรองพื้นจะใช้แกลบ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนทุกๆ

2 สัปดาห์ ไก่ทุกตัวจะได้รับอาหารทางการค้าพลังงานรวม 2,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โปรตีนรวม 16%) และปริมาณของอาหารให้ตามคำแนะนำตามคู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์สัตว์ปีก, 2559)

การบันทึกข้อมูล

การสังเกตความชอบของไก่ จะทำการสังเกตจำนวนไก่ที่เข้าไปในรังไข่ และระยะเวลาในการเข้าไปในรังไข่ ตั้งแต่เริ่มเข้าจนกระทั่งออกจากรังไข่ ในช่วงอายุ 31, 33, 35, 37, 39 และ 41 สัปดาห์ โดยทำการสังเกตอาทิตย์ละ 2 ครั้ง คือ วันอังคาร และวันเสาร์ ซึ่งการสังเกตจะบันทึกที่วิดีโอและการสังเกตโดยตรงในช่วงเวลา 9.00–12.00 น. และช่วง 13.00–16.00 น. การอ่านและสรุปผลโดยผู้ทดลองคนเดียวตลอดการทดลอง

การบันทึกข้อมูลจำนวนไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลอง จะทำการเก็บข้อมูลจำนวนไข่จากรังวางไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลองในช่วงเช้า และบ่าย และระหว่างการบันทึกทำการแยกจำนวนไข่สกปรก และไข่นุบร้าวเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) นำข้อมูลระยะเวลาการใช้รังไข่ เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ในรังไข่ ไข่สกปรก และไข่นุบร้าวมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ส่วนข้อมูลความชอบของไก่ในการใช้วัสดุของรังไข่ที่ต่างกัน วิเคราะห์ด้วยวิธีไคว์สแควร์ (Chi-square)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงดัง Table 1 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่ในการเข้ารังไข่และเวลาที่ใช้ในการเข้ารังไข่ของวัสดุที่ใช้ทำรังไข่ที่ต่างกัน จากการสังเกตพฤติกรรมด้วยกล้องวิดีโอและสังเกตโดยตรงทั้งหมด 12 ครั้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไก่พื้นเมืองเข้าไปในรังไข่ที่มีวัสดุของรังไข่แบบเกลบมากกว่าฟางข้าว แต่วัสดุของรังไข่แบบพลาสติก (หญ้าเทียม) ไม่แตกต่างจากวัสดุของรังไข่จากฟางข้าวและเกลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 24.80$ Df = 2; $p < 0.001$) ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเข้าไปในรังไข่ที่มีวัสดุของรังไข่ที่ต่างกัน พบว่าไก่พื้นเมืองจะใช้เวลาเข้าที่มีวัสดุของรังไข่แบบพลาสติก (หญ้าเทียม) และเกลบมากกว่าวัสดุของรังไข่แบบฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 effect of material on preference test of Thai native breeder hens (mean±SD)

Item	Number of chickens	Duration (min)
Artificial turf	22 (24.44%)	10.20±2.77 ^a
Rice straw	16 (17.78%)	5.20±1.92 ^b
Husk	52 (57.78%)	10.80±2.77 ^a
<i>p</i> -value	< 0.001	0.0080

^{a,b}within a column with no common superscript are different ($p < 0.05$)

ผลการทดลองแสดงดัง Table 2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ ไข่สกปรก และไข่นุบร้าวของการใช้วัสดุของรังไข่ที่ต่างกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ที่พบในวัสดุของรังไข่ที่ทำมาจากพลาสติก (หญ้าเทียม) และเกลบมีเปอร์เซ็นต์ไข่มากกว่าวัสดุของรังไข่แบบฟางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เปอร์เซ็นต์ของไข่สกปรกในวัสดุของรังไข่จาก

ฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์ของไข่สกปรกมากที่สุด และเปอร์เซ็นต์ของวัสดุรองรังไข่จากแกลบมีเปอร์เซ็นต์ของไข่สกปรกไม่แตกต่างจากวัสดุรองไข่จากฟางข้าวและพลาสติก (หญ้าเทียม; $p < 0.05$) วัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์ของไข่บุบร้าวมากกว่าวัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากพลาสติก (หญ้าเทียม) และฟางข้าว ($p < 0.05$)

Table 2 effect of material on percentage of egg and external egg quality in Thai native breeder hens (mean±SD)

Item	Number of egg (%)	Dirty egg (%)	Crack egg (%)
Artificial turf	44.00±3.94 ^a	1.14± 0.19 ^b	0.84±0.21 ^b
Rice straw	12.60±4.28 ^b	1.72± 0.23 ^a	1.54±0.50 ^a
Husk	43.40±5.86 ^a	1.42±0.43 ^{ab}	0.98±0.04 ^b
<i>p</i> -value	< 0.0001	0.0322	0.0096

^{a,b}within a column with no common superscript are different ($p < 0.05$)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การปรับปรุงและจัดการรูปแบบการเลี้ยง ถือเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติในสัตว์ (Moroki and Tanaka, 2016) ซึ่งการใช้วัสดุรองรังไข่ที่เหมาะสมถือเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ วัสดุรองรังไข่ช่วยให้ตัวอ่อนที่อยู่ในไข่เกิดความอบอุ่น และช่วยให้สัตว์สามารถสร้างสภาพแวดล้อมขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับการวางไข่ (Baumans, 2005) จากการทดลองพบว่า ไก่จะเข้าไปใช้รังไข่ที่มีวัสดุรองพื้น คือ แกลบ หญ้าเทียม และฟางข้าวน้อยที่สุด การที่ไก่เข้าไปใช้วัสดุที่ทำจากแกลบมากที่สุด อาจเนื่องมาจากแกลบมีลักษณะร่วนและก่อนทำการวางไข่ ไก่มีการแสดงพฤติกรรมการทำรังโดยการคุ้ยเขี่ยวัสดุในรังไข่ ซึ่งจากเหตุผลส่วนนี้ไก่สามารถแสดงพฤติกรรมการทำรังได้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด จึงทำให้ไก่สามารถเข้าไปวางไข่กับวัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากแกลบมากกว่าวัสดุรองรังไข่แบบอื่น (Moroki and Tanaka, 2016) เช่นเดียวกับ Struelens et al. (2005) รายงานว่าการเปรียบเทียบความชอบของไก่ไข่จากวัสดุรองรังไข่ที่ทำจากพีต(peat) และหญ้าเทียม พบว่า ไก่ไข่ชอบใช้พีต (peat) และมีจำนวนไข่มากกว่าการใช้หญ้าเทียม ผลการทดลองขัดแย้งกับ Clausena and Riber (2012) รายงานว่าไก่ไข่มีความชอบการใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุรองพื้นมากกว่าใช้เลื่อยแผ่นบางขนาดเล็ก และพีต (peat) อาจเนื่องจากฟางเป็นวัสดุที่เคลื่อนย้ายง่าย และสามารถย่อยต่อการคุ้ยเขี่ยหรือการประกอบเป็นรังได้ง่ายกว่าใช้เลื่อยและพีต โดยที่วัสดุเหล่านี้สามารถขึ้นรูปได้น้อยกว่าฟาง (Struelens et al., 2008) ดังนั้น วัสดุที่ใช้สำหรับรองรังไข่มีคุณสมบัติในการยึดหยุ่น คินตัวได้ง่าย รองรับน้ำหนักไก่ และอีกประการคือ วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีลักษณะที่สามารถขึ้นเป็นรูปได้ง่ายเพื่อที่ไก่สามารถใช้แสดงพฤติกรรมในการสร้างรังก่อนการวางไข่ได้ (Duncan and Kite, 1989)

จากการทดลองพบว่าการใช้หญ้าเทียมไม่มีความชอบสูงกว่าฟางข้าว อาจเนื่องมาจากขนาดของฟางข้าวมีความยาว และการรวมตัวกันเป็นก้อน เมื่อไก่เข้าไปใช้และแสดงพฤติกรรมการสร้างรัง ทำให้ไก่ต้องคุ้ยเขี่ยจึงทำให้ฟางข้าวเกิดการกระจายและหล่นจากรังไข่ได้ง่าย ส่งผลให้ระดับของความหนาของฟางข้าวที่ใช้เป็นวัสดุรองรังไข่บางลง จึงน่าจะเป็นอีกสาเหตุของการที่ไก่เข้าไปใช้น้อยกว่าหญ้าเทียม (Appleby and smith, 1991; Appleby et al., 1988; Petherick et al., 1993)

นอกจากนี้ Kikuchi et al. (2018) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าเทียมที่มีรูปแบบเป็นหกเหลี่ยมกับกลุ่มที่ไม่ใช่ อะไรเป็นวัสดุรองรังไข่ พบว่า พฤติกรรมก่อนการวางไข่จากวัสดุรองรังไข่ทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน แต่พบเปอร์เซ็นต์ของจำนวนไข่ในวัสดุรองรังไข่ที่มีหญ้าเทียมมากกว่าไม่ใช้วัสดุรองรังไข่ และพบว่าจำนวนไข่ที่ไข่นอกรังไข่ของกลุ่มที่ไม่ใช้วัสดุ

รองรังไข่มากกว่ากลุ่มที่ใช้วัสดุรองรังไข่ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่ใช้ในการรองรังไข่อาจเป็นสิ่งเร้าต่อการเลือกวัสดุในการแสดงพฤติกรรมก่อนการออกไข่ (Anthony et al., 1992)

ไข่สกปรก และไข่บุบร้าวเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิต สาเหตุของการเกิดไข่สกปรก และไข่บุบร้าวเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การจัดการ พื้นที่รังไข่ และวัสดุรองรังไข่ เป็นต้น (Guinebretiere et al., 2012) จากการทดลองวัสดุรองรังไข่ที่ต่างกันส่งผลต่อไข่สกปรกและไข่บุบร้าว วัสดุรองรังไข่โดยใช้แกลบ และหญ้าเทียมมีจำนวนไข่มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาพฤติกรรมความชอบของไก่ที่พบว่าไก่ชอบเข้าไปไข่ที่มีแกลบเป็นวัสดุรองรังไข่ เปอร์เซ็นต์ของไข่สกปรก ไข่ในกลุ่มที่มาจากรังไข่ที่ทำด้วยฟางมีจำนวนไข่สกปรกมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Anthony et al. (1992) ทำการเปรียบเทียบวัสดุรองรังไข่ที่ทำมาจากฟางข้าวสาลี และหญ้าเทียมในไก่พ่อแม่พันธุ์ไก่วงพบว่าวัสดุรองรังไข่จากฟางข้าวสาลีไข่เข้าฟักมีการปนเปื้อนของเชื้อมากกว่าการใช้หญ้าเทียม เนื่องจากการใช้หญ้าเทียมไก่มีการแสดงพฤติกรรมการปั้น (moulding behaviors) หรือสร้างรังน้อยกว่าการใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุรองรังไข่ (Duncan and Kite, 1989) นอกจากนี้ จากการสังเกตในระหว่างการทดลองพบว่าการใช้ฟางข้าวเป็นวัสดุรองรังไข่ ไก่จะมีการคุ้ยเขี่ยทำรัง ทำให้ฟางข้าวตกหล่นและพบว่ามีไก่บางตัวมีการดึงฟางข้าวจากรังไข่ออกมา ดังนั้น อาจจะเป็นไปได้ว่าฟางข้าวมีจำนวนน้อย ไม่เหมาะสมกับขนาดของการทำรัง และการขั้บมูลจึงอาจจะส่งผลให้ไข่เกิดการสกปรกได้ง่ายกว่า ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวอาจส่งผลทำให้พบเปอร์เซ็นต์ไข่แตกได้มากกว่าวัสดุรองรังไข่ชนิดอื่น (Valkonen et al., 2010; Guinebretiere et al., 2012)

การใช้วัสดุรองรังไข่ที่ใช้หญ้าเทียมมีไข่สกปรกและไข่แตกน้อยกว่าฟางข้าว อาจเนื่องมาจากหญ้าเทียมทำมาจากพลาสติกมีความยืดหยุ่นดีกว่า และพื้นผิวของหญ้าเทียมมีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งคุณสมบัติตรงนี้อาจทำให้จำนวนไข่สกปรกและไข่สะอาดน้อยกว่าวัสดุที่มีผิวเรียบ (Wall et al., 2008; Huneau-Salaun et al., 2011) เช่นเดียวกับ Guinebretiere et al. (2012) ได้ทำการทดลองโดยใช้หญ้าเทียม และแผ่นยางเป็นวัสดุรองรังไข่ พบว่า จำนวนไข่สกปรกและไข่บุบร้าวที่มาจากหญ้าเทียมน้อยกว่าแผ่นยางซึ่งเป็นวัสดุรองรังไข่ แต่ขัดแย้งกับ Wall and Tauson (2013) ไม่พบความแตกต่างของจำนวนไข่สกปรกและไข่บุบร้าวจากการใช้หญ้าเทียมและแผ่นยางเป็นวัสดุรองรังไข่

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แกลบและหญ้าเทียมเป็นวัสดุรองรังไข่ที่ไก่พื้นเมืองมีความชอบมากกว่าฟางข้าว และพบว่าจำนวนของไข่สกปรกและไข่แตกน้อยกว่า ดังนั้นแกลบและหญ้าเทียมสามารถใช้เป็นวัสดุรองรังไข่ได้ดี แต่การเลือกวัสดุรองรังไข่สำหรับไก่พื้นเมือง อาจจะต้องคำนึงถึงขนาดของรังไข่ ความหนาเป็นปัจจัยร่วมกับการพิจารณาวัสดุรองรังไข่ เนื่องจากไก่พื้นเมืองยังแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติได้ใกล้เคียงกับไก่ป่า และยังไม่ได้รับการถูกปรับปรุงพันธุ์เพื่อทางการค้า แต่อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงไก่พื้นเมืองถ้าเลี้ยงในรูปแบบเชิงการค้าอาจจะทำให้ไก่ไม่สามารถเลือกวัสดุที่ชอบในการทำรังได้ ประกอบกับวัสดุที่ใช้รองรังไข่จะต้องหาง่าย ทนทาน และสามารถลดแรงงานในการทำความสะอาดไข่สกปรกได้ จึงอาจทำให้ใช้หญ้าเทียมเป็นวัสดุรองรังไข่ เพราะง่ายต่อการจัดการและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการนำวัสดุรองรังไข่ที่ได้จากธรรมชาติน้อยกว่า

สรุป

ไก่พื้นเมืองแสดงพฤติกรรมความชอบโดยเลือกวัสดุรองรังไข่จากแกลบ และหญ้าเทียมมากกว่าฟางข้าว และเปอร์เซ็นต์ของไข่สกปรกและไข่บุบร้าวของวัสดุรองรังไข่จากฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์มากกว่าวัสดุรองรังไข่จากแกลบ และหญ้าเทียม ดังนั้น แกลบและหญ้าเทียมสามารถใช้เป็นวัสดุรองรังไข่ได้ดี แต่การเลือกวัสดุรองรังไข่สำหรับไก่พื้นเมือง อาจจะต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นด้วย เช่น ขนาดของรังไข่ และความหนาวัสดุรองรังไข่ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณนายครรชิต ชมภูพันธ์ นักวิชาการสัตวบาล และฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ร่วมให้การสนับสนุนและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับงานทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์สัตว์ปีก. 2559. คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองกรมปศุสัตว์ ระบบปล่อยอิสระ และอินทรีย์. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- Anthony, N.B., Renner, P.A., Emmerson, D.A., Noble, D.O., Nestor, K.E. 1992. Comparison of the influence of nesting material on breakage and shell cleanliness of eggs from large and small-bodied lines of turkey. *Poult. Sci.* 71: 1785–1788.
- Appleby, M.C., Hogarth, G.S., Hughes, B.O. 1988. Nest box design and nesting material in a deep litter house for laying hens. *Br. Poult. Sci.* 29: 215–222.
- Appleby, M.C., SMITH, S.F. 1991. Design of nest boxes for laying cages. *Br. Poult. Sci.* 32: 667–678.
- Baumans, V. 2005. Environmental enrichment for laboratory rodents and rabbits: Requirements of rodents, rabbits and research. *ILAR. J.* 46: 162–170.
- Clausena, T., Riber, A.B. 2012. Effect of heterogeneity of nest boxes on occurrence of gregarious nesting in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 142: 168–175. doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.005
- Duncan, I.J.H., Kite, V.G. 1989. Nest site selection and nest-building behaviour in domestic fowl. *Anim. Behav.* 37: 215–231.
- Fossum, O., Jansson, D.S., Etterlin, P.E., Vagsholm, I. 2009. Causes of mortality in laying hens in different housing systems in 2001 to 2004. *Acta. Vet. Scand.* 51: 1–9.
- Guinebretiere, M., Huneau-Salaun, A., Huonnic, D., Michel, V. 2012. Cage hygiene, laying location, and egg quality: The effects of linings and litter provision in furnished cages for laying hens. *Poult. Sci.* 91: 808–816. doi.org/ 10.3382/ps.2011-01881
- Huneau-Salaun, A., Guinebretiere, M., Taktak, A., Huonnic, D., Michel, V. 2011. Furnished cages for laying hens: Study of the effects of group size and litter provision on laying location, zoo technical performance, and egg quality. *J. Anim. Sci.* 5: 911–917.
- Kikuchi, A., Uetake, K., Tanaka, T. 2018. Modification of furnished cages from conventional cages for laying hens: establishing social order, behavioral changes, and use of resources after introduction. *Anim. Behav. Manage.* 54: 123–133.
- Moroki, Y., Tanaka, T. 2016. A pecking device as an environmental enrichment for caged laying hens. *J. Anim. Sci.* 87: 1055–1062.
- Petherick, J.C., Seawright, E., Waddington, D. 1993. Influence of quantity of litter on nest box selection and nesting behaviour of domestic hens. *Br. Poult. Sci.* 34: 857–872.
- Struelens, E., Tuytens, F.A.M., Janssen, A., Leroy, T., Audoorn, L., Vranken, E. 2005. Design of laying nests in furnished cages: Influence of nesting material, nest box position and seclusion. *Br. Poult. Sci.* 46: 9–15.

- Struelens, E., Van Nuffel, A., Tuytens, F.A.M., Audoorn, L., Vranken, E., Zoons, J., Berckmans, D., Odberg, F., Van Dongen, S., Sonck, B. 2008. Influence of nest seclusion and nesting material on pre-laying behaviour of laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112: 106–119.
- Valkonen, E., Venalainen, E., Rossow, L., Valaja, J. 2010. Effects of calcium diet supplements on egg strength in conventional and furnished cages, and effects of 2 different nest floor materials. *Poult. Sci.* 89: 2307–2316.
- Wall, H., Tauson, R., Sorgjerd, S. 2008. Bacterial contamination of eggshells in furnished and conventional cages. *J. Appl. Poult. Res.* 17: 11–16.
- Wall, H., Tauson, R. 2013. Nest lining in small group furnished cages for laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 474–484.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์
(Subject: Veterinary)

ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)

Isolation and cryopreservation of embryonic cells from local Thai chicken

Suparat Chaipipat^{a,b}, Yanika Piyasanti^d, Kornkanok Sritabtim^d, Sukumal Prukudom^c, Rungthiwa Sinsiri^e,
Kannika Siripattarapravat^{a,b,d,e,*}

^aCenter for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^bCenter of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/MHESI), Bangkok 10900, Thailand

^cDepartment of Anatomy, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^dDepartment of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^eVeterinary Diagnostic Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Bangkok Campus, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kannika.si@ku.th

Abstract

Maintaining living specimens in the form of cell culture from various animal species promotes sustainable uses of animal bioresources in biotechnology and conservation. An *in vitro* culture system applicable to local species does not only enrich the diversity of species in the cell bank collection, but also suits the demand and scientific questions addressed to specific breeds and localities. Korat chicken is a recent crossbred chicken strain derived from Thai indigenous Leung Hang Khao chicken. The strain was developed for the purpose of promoting small-scale broiler farms, mainly in the Northeast province. Raising Korat chicken is economically thriving and is projected as an alternative, sustainable career for local farmers. Meat quality and performance traits of Korat chicken have been widely investigated, but studies on *in vitro* cell culture have never been reported. Here, we demonstrated the isolation, proliferation, and cryopreservation for embryonic cells of Korat chicken. We optimized techniques favoring isolation and proliferation of fibroblasts from embryos at day 4–7. In total, twenty-nine isolates were derived and 79.3% of them proliferated *in vitro* which allowed 137 cryovials of frozen cells to be preserved. Cryopreserved cells had high viability after freeze-thawing process and resumed proliferation for several passages. In conclusion, our devised protocol is simple and effective for isolation and culture of embryonic fibroblast-like cells from Korat chicken. Potential applications of embryonic cell lines derived are diverse, including viral propagation, recombinant protein expression, pharmacological testing, and cell reprogramming. To empower the *in vitro* cell culture methods in genetic banking and advanced reproduction of valuable chicken breeds, further studies on deriving other cell types are essential, such as stem cells or reproductive cells.

Keywords: Avian, Cell isolation, Frozen cells, Korat chicken, Primary culture

Introduction

Poultry is the most produced and consumed meat globally. Poultry consumption per capita has been increasing during 2018–2020 and is projected to be rising in 2030, in contrast to the decrease of beef consumption that has declined since 2007 (OECD/FAO 2021). Korat chicken, a crossbred line of indigenous chicken, is well received by consumers due to its firm meat texture and good flavor. Initiatives on genetic improvement and breed development of indigenous chicken for production and consumption are of importance to increase the economic value of local chicken production (Sopa 2021). Studies on Korat chicken has been largely focused on production and meat properties to improve the breed's genetics and deliver marketable meat characteristics (Maliwan et al. 2018; Poompramun et al. 2021; Sinpru et al. 2021). However, cell isolation and culture from Korat chicken has not been described. Animal cell culture provides an *in vitro* access to the animal genome that can be unraveled, manipulated, and propagated. Applications of chicken cell culture in economically important strains include viral propagation, recombinant protein expression, vaccine development, drug screening, and *in vitro* meat production.

Currently, a limited variety of chicken fibroblast cell line is available commercially. Isolating primary cultures or developing cell lines from indigenous chicken offer cell-based platform directly relevant to investigating biological phenomenon in specific strains, and therefore complement the used of standardized cell lines. The objective of this study was to develop a protocol for isolating, culture, and cryopreservation of embryonic fibroblasts from Korat chicken.

Materials and Methods

Fertilized eggs and incubation

Freshly collected, fertilized eggs of Korat chicken were purchased from the farm of the Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima and transported to the laboratory by car at ambient temperature. Eggs were cleaned and disinfected with 70% ethyl alcohol before the incubation. Eggs were incubated in digital-controlled incubator (model SIS 72 AE, Siam Incubator Systems) at 38.5°C in humidified conditions and were subjected to automatic turning every 1 hr. Incubation periods used to obtain different embryonic stages is summarized in Table 1. Chicken embryonic stages was defined according to normal tables of Hamburger-Hamilton (Hamburger and Hamilton 1992).

Cell isolation and culture

Once the incubation completed, egg was swabbed with 70% ethyl alcohol and cracked onto a sterile plastic Petri dish to expose an embryo. Tissue collection and dissociation method are summarized in Table 2. Briefly, day-2 embryo was exsanguinated and dissected from the vitelline membrane and yolk using sterile surgical blade and hypodermic needles, washed multiple times in DPBS containing 1% (v:v) of 100× antibiotic-antimycotic (Gibco) to remove residual yolk. For older embryos (day 4 to day 7), embryos were euthanized by

decapitation before subjected to washing and tissue collection. Complete KAv-1 culture medium supplemented with 5% fetal bovine serum (Cytiva) and 5% chicken serum (Sigma) was used in cell isolation and culture (Kuwana et al. 1996), in general 1 mL of complete culture medium was used to suspend dissociated tissue in isolation process. Mechanical dissociation methods involve fine dissection using sterile surgical blades and trituration and additional use of 40- μ m or 100- μ m cell strainer (Falcon) in group 4–5. Enzymatic digestion was performed in group 4–5 by incubating tissue suspension with 200 U of type-I collagenase (Gibco) per sample for 30 minutes at 37°C. Tissue suspension was seeded into a solid closure 25 cm² flask (Nunc™ EasYFlask™) and maintained at 37°C in a cell culture incubator. A flask was tilt and seeding area was limited to a quarter of surface area of the flask during the first week; one mL of complete medium was added every day afterward to expand culture area until day 6–7 where cells migrated and occupied the whole surface area. Culture medium was replenished every 2 days and routine subculture was performed when cells reach 80–90% confluence. Cells were then split for proliferation in the next passage. Cells were subsequently cryopreserved when homogenous cell population was observed, and that isolates were actively proliferated *in vitro*.

Cryopreservation

Cells were dissociated from culture vessels by rinsing in DPBS at room temperature and incubating with 1 mL of TrypLE™ dissociation reagent (Thermo Fisher Scientific) at 37°C for 5–6 minutes in a cell culture incubator. Lifted cells were collected in a 15-mL conical tube and complete culture medium was used to stop the activity of TrypLE™. Cell suspension was centrifuge 200×g for 5 min at 20°C and supernatant was aspirated. Freezing medium contains 10% dimethyl sulfoxide (Hybri-Max™, Sigma) and fetal bovine serum (Cytiva). One mL of freezing medium was slowly added and mixed with cell pellet. Cell suspension was gently agitated and transferred into a cryovial. Vial was quickly inserted to a cooled freezing chamber pre-filled with isopropanol, which was immediately stored at -80°C overnight. Cryovial was subsequently transferred to a liquid nitrogen refrigerator for long-term preservation. In thawing process, cryovial was retrieved from liquid nitrogen and briefly warmed at 37°C in a laboratory water bath. Cell suspension with a small, visible frozen chunk was transferred, dropwise, into a microcentrifuge tube containing 10 mL of culture medium and centrifuged 200×g for 5 min at 20°C. Supernatant was carefully removed, and cell pellet was resuspended culture medium before seeding into a new culture flask. Proportion of live/dead cells after freeze-thaw was determined using trypan blue exclusion test.

Table 1 Incubation periods and chicken embryonic stages used in the present study

Incubation period (hr)	Embryonic day (stage)	No. of embryos
48	2 (14–15)	6
96	4 (23)	2
144	6 (29–30)	11
168	7 (30–31)	15

Table 2 Tissue collection for cell isolation used in the present study

Group	Embryonic day (stage)	Tissue/site of collection	Dissociation method	No. of embryos per isolate
1	2 (14–15)	Posterior part excluding somites	Mechanical	6
2	4 (23)	Skin	Mechanical	1
3	6 (29–30)	Skin	Mechanical	1
4	6 (29–30)	Whole embryo excluding head and viscera	Mechanical, enzymatic	1
5	7 (30–31)	Skin	Mechanical, enzymatic (with cell straining)	1

Results and Discussion

The isolation efficiency and cryopreservation rates are summarized in Table 3. In total, twenty-nine isolates were derived, of which 96.5% (28/29) were established from individual embryo and 3.5% (1/29) were from pooled embryos. In group 1, the choice of tissue collection method was based on that of isolation of feeder cell lines from embryos of Japanese quail previously developed by our group (Sritabtim et al. 2019). However, we found that adherent cells were of epithelial-like morphology and numerous colonies of primary germ cells (PGCs) also proliferated and attached loosely on adherent cell layer (Fig. 1A). The findings were unexpected for isolating fibroblasts but also feasible for avian PGC isolation. Complete KAv-1 medium is suitable for culturing avian cells, especially chicken PGCs (Kuwana et al. 1996; Naito et al., 2015), and that pheasant PGCs can be isolated from the whole embryo proper during similar stages as these investigated in the present study (Chaipipat et al. 2021). Therefore, it is likely that tissue PGCs of chicken can be isolated from posterior part of embryo, however the isolation and culture of tissue PGCs from embryo of Japanese quail has not been described to date. Adherent cells in group 1 proliferated only for 3 passages before entering cellular senescence. We concluded that this method is unsuitable for developing homogenous fibroblast lines and alternative methods were pursued.

Tissue collection from older embryos (day 4–7) was therefore investigated; collection of skin tissue from older embryos at the sites where PGCs are unlikely to be localized (cervical and limbs) might increase the

chance of isolating fibroblasts. Isolating cells from older embryos allows initiating primary cultures from individual embryos with minimal starting tissues. In group 2, proliferation of PGCs was not observed in all isolates and mainly fibroblast-like cells were proliferating. Although two isolates (100%, 2/2) can be cultured for 9 passages and cryopreserved, slow growth and unhealthy cell morphology were noticeable at passage 6. In group 3, five isolates (100%, 5/5) proliferated and were cryopreserved, however 60% (3/5) cannot be cultured beyond 5 passages. The rest were cultured for 9–10 passages and no sign of cellular senescence was observed. In group 4, eight isolates were proliferated; four isolates were derived by collagenase digestion and the rest were derived by mechanical tissue dissociation (each of 2 isolates further went through either 40- μ m and 100- μ m cell strainer while the other 2 did not). More single cells were isolated from primary cultures derived by collagenase digestion and cell straining method and they initially proliferated more rapidly than those subjected to one-step mechanical digestion. However, they proliferated shortly *in vitro* and cannot be cultured beyond 4 passages. Even though isolates of the latter group initially consisted of cell explants from mixed population, more uniformity was achieved—stellate-shape cells typical of fibroblasts were the majority in cultures—and they can be cultured for longer period, typically 9–10 passages (Fig 1B). In group 5, the efficiency of proliferation was 53.8% (7/13), the lowest among those of previous groups, but the longest proliferating culture was derived by using this method. Three isolates were derived by collagenase digestion of skin tissue but only 1 line was able to proliferate and was cryopreserved. This isolate displayed typical morphology of fibroblast and was cultured for 24 passages (Fig 1C). Viable cells were recovered at 93% after one-week cryopreservation and continued proliferation for further 11 passages. On the other hand, ten isolates were derived by mechanical digestion and 6 of them were able to proliferate and were cryopreserved; two of them only lasted for 4 passages while the rest could be cultured for 8–10 passages.

In conclusion, consistent isolation of chicken embryonic fibroblast can be achieved from primary cultures derived from embryos at day 4–7. Single cell isolation was more noticeable when collagenase treatment or cell straining was used in isolation process, in which it promotes rapid cell plating and proliferation in early period. However, mechanical dissociation was also effective, and morphology of cultured cells derived by both methods was indistinguishable. Under our conditions, healthy cultures were isolated from embryos at day 6–7, which required only a small amount of skin tissue to establish each primary culture. More rigorous cell expansion can be achieved during the first week of culture by using a day-6 whole embryo excluding head and viscera as a tissue source.

Table 3 Culture and cryopreservation of chicken embryonic cells

Group	No. of embryos per isolate	No. of isolates	No. of cryopreserved lines	(%)	No. of cryopreserved vials
1	6	1	1	100	5
2	1	2	2	100	8
3	1	5	5	100	49
4	1	8	8	100	36
5	1	13	7	53.8	39
Total	-	29	23	79.3	137



Fig. 1 Morphology of embryonic cells isolated from posterior part of day-2 embryos, arrows denote colonies of PGCs (A); from day-6 embryo using mechanical tissue dissociation (B); and from day-7 embryo using collagenase tissue digestion and cell straining (C). Scale bars = 100 μ m

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

This study was financially supported by the National Research Council, Thailand through the Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization), the Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, and by the Center of Excellence on Agricultural Biotechnology, Office of the Permanent Secretary, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation (AG-BIO/MHESI), and the Center for Advanced Studies for Agriculture and Food, Kasetsart University Institute for Advanced Studies, Kasetsart University—CASAF/NRU-KU.

References

Chaipipat, S., Prukudom, S., Sritabtim, K., et al. 2021. Primordial germ cells isolated from individual embryos of red junglefowl and indigenous pheasants of Thailand. *Theriogenology* 165: 59–68.

- Hamburger, V., Hamilton, H.L. 1992. A series of normal stages in the development of the chick embryo. *Dev. Dynam.* 195: 231–272.
- Kuwana, T., Hashimoto, K., Nakanishi, A., Yasuda, Y., Tajima, A., Naito, M. 1996. Long-term culture of avian embryonic cells in vitro. *Int. J. Dev. Biol.* 40: 1061–1064.
- Maliwan, P., Khempaka, S., Molee, W., Schonewille, J.T. 2018. Effect of energy density of diet on growth performance of Thai indigenous (50% crossbred) Korat chickens from hatch to 42 days of age. *Trop. Anim. Health Prod.* 50: 1835–1841.
- Naito, M., Harumi, T., Kuwana, T. 2015. Long-term culture of chicken primordial germ cells isolated from embryonic blood and production of germline chimaeric chickens. *Anim. Reprod. Sci.* 153: 50–61.
- OECD/FAO. 2021. OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2029. FAO. Rome/OECD Publishing. Paris, France, pp. 163–174.
- Poompramun, C., Molee, W., Thumanu, K., Molee, A. 2021. The significant influence of residual feed intake on flavor precursors and biomolecules in slow-growing Korat chicken meat. *Anim. Biosci.* 34: 1684–1694.
- Sopa, D. 2021. Improvement of Thai chicken production for improved living standards. *The Liberal Arts Journal, Mahidol University.* 4: 118–144. [in Thai]
- Sinpru, P., Riou, C., Kubota, S., Poompramun, C., Molee, W., Molee, A. 2021. Jejunal transcriptomic profiling for differences in feed conversion ratio in Slow-Growing chickens. *Animals (Basel).* 11: 2606.
- Sritabtim, K., Prukudom, S., Chaipipat, S., Piantham, C., Sinsiri, R., Siripattaraprat, K. 2019. Isolation and characterization of feeder lines from *Coturnix japonica* embryos (Japanese quail). The 2nd International Conference on Native Chicken (ICONC 2019). Suranaree University of Technology, Thailand, p. 148.

สาขาสัตวแพทยศาสตร์
(Subject: Veterinary)

ภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)

ผลของการฉีดมีลอกซิแคมต่อค่าโลหิตวิทยา และค่าเคมีคลินิกในนกก้นกล้าไทย: การศึกษาเบื้องต้น Effects of Therapeutic meloxicam injection on blood parameters of Thai raptors: A preliminary study

ยสินทร เดชอภิรัตน์กุล, รติวรรณ สิทธิบุตร, รวีวรรณ พลอยพันธ์, ไชยยันต์ เกษรดอกบัว*

Yasinthorn Dechampiratkul, Ratiwan Sidthibutr, Raveewan Ploypan, Chaiyan Kasorndorkbua*

ห้องปฏิบัติการวิจัยนกก้นกล้าและเวชศาสตร์อนุรักษ์ ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Laboratory of Raptor Research and Conservation Medicine, Department of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart university, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: chaiyan.k@ku.th

บทคัดย่อ

นกก้นกล้า 16 ตัว ได้รับการฉีดมีลอกซิแคม ปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่กล้ามเนื้ออก เพื่อประเมินผลระยะสั้นของการให้ยาลดอักเสบมีลอกซิแคมต่อสุขภาพของนกก้นกล้า โดยเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ น้ำหนัก, คะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย, อุณหภูมิ, ความอยากอาหาร, ลักษณะมูล และพฤติกรรม รวมไปถึงค่าโลหิตวิทยา และค่าเคมีคลินิกในเลือด ก่อนและหลังการฉีดยาไปแล้ว 1 วัน พบว่านกก้นกล้าทั้งหมดไม่แสดงอาการป่วยหลังได้รับยา และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของข้อมูลพื้นฐานเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังได้รับยา ในส่วนค่าโลหิตวิทยาและค่าเคมีคลินิก พบว่าค่า PCV, plasma protein, hemoglobin concentration, จำนวนเกล็ดเลือด, ปริมาณโปรตีนรวม และปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดลดลง ในขณะที่ปริมาณเอนไซม์ AST และ CK เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับยามีลอกซิแคม แต่ปริมาณเอนไซม์ ALP ไม่แตกต่าง บ่งชี้ว่ายามีลอกซิแคม ขนาดดังกล่าว ไม่น่าจะก่อให้เกิดความเสียหายในระยะเฉียบพลันของตับและไต

คำสำคัญ: ค่าเคมีคลินิก, ค่าโลหิตวิทยา, นกก้นกล้า, มีลอกซิแคม, ยาลดอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์

Abstract

The present study evaluates the short-term effects of therapeutic meloxicam injection on blood profiles in raptors. Sixteen raptors were received a single dose of 2 mg/kg meloxicam intramuscularly and evaluated for clinical signs, body weight, body condition score, body temperature, appetite, fecal appearance, behavior, hematologic and biochemistry profiles before and one day after meloxicam injection. Abnormal signs were not observed in all raptors. For hematologic and biochemical profiles, means of PCV, plasma protein, thrombocyte count and medians of hemoglobin concentration, total protein and uric acid were decreased. Medians of AST and CK levels were increased after meloxicam injection, whereas ALP levels did not differ. The results suggest that Meloxicam injection at an intramuscular dose of 2 mg/kg would not cause acute negative effects on the raptor's liver and kidney.

Keywords: Biochemistry, Hematologic profile, Meloxicam, NSAID, Raptors

คำนำ

ยาลดการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (Nonsteroidal anti-inflammatory drug, NSAID) เป็นกลุ่มยา ที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการรักษานกนักล้าที่ได้รับบาดเจ็บ ตัวอย่างยาที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ มีลอคซิแคม (meloxicam), คีโตโพรเฟน (ketoprofen) และ คาร์โพรเฟน (carprofen) เป็นต้น ยาออกฤทธิ์รักษา โดยการขัดขวางการจับกันระหว่าง arachidonic acid และ เอนไซม์ cyclooxygenases (COX) ส่งผลให้ thromboxane A₂ ไม่สามารถเปลี่ยนรูปเป็น thromboxane B₂ และ prostaglandin (PGs) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการอักเสบ (Suleyman et al., 2007; Cole et al., 2009) ผลข้างเคียงที่พบได้บ่อยจากการได้รับยา NSAID ในนก คือ ความเป็นพิษต่อไตซึ่งแตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มักจะเกิดความเป็นพิษต่อระบบย่อยอาหารเป็นหลัก โดยความเป็นพิษต่อไตที่เกิดขึ้นคาดว่ามีความเกี่ยวข้องกับการควบคุม renal portal valves โดย prostaglandin มีผลเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือดให้ออกจากรenal cortex ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณ proximal convoluted tubule เกิดการตายจากการขาดเลือด ไน้มนำให้ปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดมีค่าสูงขึ้น (Naidoo et al., 2008)

มีลอคซิแคมเป็นยาที่ออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ COX-2 แบบจำเพาะ โดยคาดว่าจะลดความเป็นพิษต่อทางเดินอาหาร และไม่ส่งผลให้เกิดการเกาะกลุ่มกันของเกล็ดเลือด เมื่อเปรียบเทียบกับยา NSAID ชนิดอื่น ที่ออกฤทธิ์แบบไม่จำเพาะ อย่างไรก็ตามความเป็นพิษต่อไตคาดว่าไม่แตกต่างกับยา NSAID ที่ออกฤทธิ์แบบจำเพาะกับเอนไซม์ COX-1 (Stichtenoth and Frölich, 2003)

ในปัจจุบัน การศึกษาความเป็นพิษของมีลอคซิแคมในนกนักล้า หรือนกกล้าเหยื่อในเวลากลางวันของประเทศไทย 55 ชนิด อาทิ เหยี่ยว นกอินทรี และอีแร้ง (ไชยยันต์ และคณะ, 2551) รวมทั้งนกนักล้าในเวลากลางคืน ได้แก่ นกเค้า นกแสก ยังไม่มีการศึกษาแม้แต่น้อย จึงไม่มีข้อมูลที่จะสรุปได้ว่า การใช้มีลอคซิแคมจะส่งผลกระทบต่อตับและไต อันเป็นอวัยวะสำคัญต่อสุขภาพของนกนักล้าไทยที่เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง ใกล้สูญพันธุ์เหล่านี้ มากน้อยเพียงใด เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษของมีลอคซิแคมในนกนักล้ายังมีการศึกษาเพียงชนิดพันธุ์ในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ ซึ่งการตอบสนองต่อมีลอคซิแคมในนกนักล้าแต่ละชนิด และแต่ละพื้นที่การกระจายพันธุ์ อาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษของมีลอคซิแคมในนกนักล้าของประเทศไทยเพิ่มเติม โดยการประเมินความเป็นพิษของมีลอคซิแคมในนกนักล้าเมื่อได้รับยาในปริมาณที่สูง โดยการเปรียบเทียบค่าโลหิตวิทยา, ค่าเคมีคลินิกในเลือด และลักษณะทางสัณฐานของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิด ทั้งก่อนและหลังได้รับยา ซึ่งการศึกษาจะขยายผลไปสู่การสร้างฐานข้อมูลทางโลหิตวิทยา ในนกนักล้าที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ เพื่อตอบสนองต่อแผนงานที่จะสังเคราะห์องค์ความรู้เพื่อช่วยการบริหารจัดการอนุรักษ์และฟื้นฟูประชากรนกนักล้าภายในประเทศไทยได้อย่างยั่งยืน ในส่วนงานจัดการสุขภาพสัตว์ป่าในถิ่นอาศัย และ นอกถิ่นอาศัย (*In situ* and *Ex situ* conservation)

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่าง

นกนักล้าที่เข้ากระบวนการฟื้นฟูสุขภาพ จนพร้อมปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ หรือบางตัวได้รับการรักษา กลับมาสุขภาพแข็งแรง แต่พิการแล้วปล่อยคืนธรรมชาติไม่ได้ จำนวน 16 ตัว ในหน่วยฟื้นฟูนกกล้าเหยื่อ การศึกษานี้ได้รับอนุญาตจาก คณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่หนังสืออนุญาต ACKU64-Vet052 พ.ศ. 2564 ประกอบด้วย นกแสก 5 ตัว, เค้าใหญ่พันธุ์สุมาตรา 2 ตัว, เหยี่ยวแดง 4 ตัว, เหยี่ยวนกเขาชิวครา 2 ตัว, เหยี่ยวนกเขาหงอน 1 ตัว, เหยี่ยวดำท้องขาว 1 ตัว และ นกอินทรีทุ่งหญ้าสเตปป์ 1 ตัว บันทึกข้อมูลพื้นฐาน

ได้แก่ น้ำหนัก, คะแนนความสมบูรณ์ร่างกาย, อุณหภูมิ, ความอยากอาหาร, ลักษณะมูล และพฤติกรรม เก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำบริเวณคอ (Jugular vein) ปริมาตรไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ของนกนักร้องในหน่วยฟีนฟูล่าเหยื่อฯ โดยแบ่งใส่ในหลอดเก็บเลือด 2 หลอด คือ หลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด EDTA 1 หลอด และหลอดหลอดเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด 1 หลอด โดยหลอดเลือด EDTA จะนำไปตรวจค่าโลหิตวิทยาตามวิธีของ เจลลิว (2548) โดยค่าที่ตรวจได้แก่ ร้อยละค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume: PCV, %), ค่าความเข้มข้นของโปรตีนในพลาสมา (plasma protein: PP) , g/dL, ปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin concentration: Hb), g/dL, จำนวนเม็ดเลือดแดง (red blood cell: RBC) , $\times 10^6/\mu\text{L}$, จำนวนเม็ดเลือดขาวโดยรวม (white blood cell: WBC), $\times 10^3/\mu\text{L}$, จำนวน heterophil (Het, $\times 10^3/\mu\text{L}$), จำนวน eosinophil (Eo, $\times 10^3/\mu\text{L}$), จำนวน basophil (Baso, $\times 10^3/\mu\text{L}$), จำนวน lymphocyte (Lym, $\times 10^3/\mu\text{L}$), จำนวน monocyte (Mono, $\times 10^3/\mu\text{L}$), จำนวนเกล็ดเลือด (thrombocyte, %WBC) และ fibrinogen (mg/dL) และหลอดเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดจะนำไปตรวจค่าเคมีคลินิก ได้แก่ ปริมาณกรดยูริก (Uric acid, mg/dL), albumin (Alb, U/L), ปริมาณโปรตีนรวม (total protein: TP), gm%, เอนไซม์ creatinine kinase (CK, U/L), aspartate transaminase (AST, U/L) และ alkaline phosphatase (ALP, U/L) โดยใช้เครื่องตรวจอัตโนมัติ (iLab 650 และ VetTest Chemistry Analyzer) หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดแล้วจึงฉีดมีลอคซีแคม (Metacam™, ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาณ 2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ซึ่งเป็นปริมาณที่แนะนำตาม Carpenter and Marion (2018) เข้าที่กล้ามเนื้ออกของนกนักร้อง ภายหลังจากให้ยาไปแล้ว 24 ชั่วโมง เก็บบันทึกข้อมูลพื้นฐานข้างต้น รวมทั้งเก็บตัวอย่างเลือดโดยใช้หลอดเลือด และหลอดเลือดที่ไม่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดซ้ำอีกครั้ง เพื่อนำไปตรวจค่าต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลผลกระทบต่อสุขภาพ, ค่าโลหิตวิทยา และค่าเคมีคลินิก ทั้งก่อนและหลังได้รับยา

การเตรียมแผ่นฟิล์มเลือด และการวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์

นำตัวอย่างเลือดที่ยังไม่แข็งตัว หยดลงบนสไลด์กระจก และไถด้วยกระจกไถสไลด์ (spreader) จนได้ชั้นฟิล์มเม็ดเลือด ทำซ้ำ 3-4 แผ่นในแต่ละตัวอย่าง จากนั้นตากโดยใช้พัดลมเป่าให้แห้งอย่างรวดเร็วที่สุด แล้วนำไปย้อมด้วยสีย้อม Wright's stain เป็นเวลา 5 นาที ต่อมานำสไลด์จุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ 3 นาที และล้างด้วยน้ำไหลผ่าน 30 วินาที จากนั้นจึงตรวจดูรูปร่างของเม็ดเลือดแดง, นับแยกชนิดของเม็ดเลือดขาว และนับจำนวนเกล็ดเลือด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธีของ เจลลิว (2548)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าเลือดที่ได้จากการตรวจทุกค่า รวมถึงข้อมูลพื้นฐาน จากนกนักร้องในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 ตัวทั้งก่อนและหลังฉีดมีลอคซีแคม จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน รวมทั้งหาความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ามัธยฐานของค่าเลือดในนกนักร้องก่อนและหลังฉีดมีลอคซีแคม โดยใช้ Paired t-test หรือ Wilcoxon Signed Rank test ในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม Excel ส่วนเสริม Real Statistics Resource Pack software (Release 7.6). Copyright (2013–2021) Charles Zaiantz. www.real-statistics.com. ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

ภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม นกทั้งหมดไม่ได้แสดงอาการป่วย รวมถึงน้ำหนักและอุณหภูมิ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังปรากฏใน Table 1. ($p < 0.05$) นกทุกตัวมีลักษณะมูมู และความอยากอาหารปกติตลอดการทดลอง ยกเว้นในนกแรกที่มีความอยากอาหารลดลงเล็กน้อย

ในส่วนของคุณค่าโลหิตวิทยา พบว่าคุณค่าเฉลี่ยของ PCV, plasma protein, ปริมาณเกล็ดเลือด (thrombocyte) รวมถึงค่ามัธยฐานของ hemoglobin concentration ภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม ไปแล้ว 1 วัน ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับมีลอคซิแคม ดังปรากฏใน Table 2. ($p < 0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดเลือดแดง, เม็ดเลือดขาว, eosinophil รวมไปถึง ค่ามัธยฐานของจำนวน heterophil, lymphocyte, basophil, monocyte และ fibrinogen ภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม ไปแล้ว 1 วัน ไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับมีลอคซิแคม

สำหรับค่าเคมีคลินิกพบว่าภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคมไปแล้ว 24 ชั่วโมง ค่ามัธยฐานของ total protein และ uric acid ลดลง ส่วนค่ามัธยฐานของเอนไซม์ AST และ CK เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับมีลอคซิแคม ดัง Table 2 ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณเอนไซม์ ALP ไม่มีความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับมีลอคซิแคม

Table 1 Body weight and body temperature (mean±SD) of raptors, before and after meloxicam (2 mg/kg) intramuscular injection ($n = 16$)

	Pre-injection	24 hours post-injection	unit
Body weight	700.3±658.7	687.5±641.4	g
Body temperature	41.2±0.7	41.3±1.2	Celsius

Table 2 Hematological and biochemistry profiles (mean±SD (median)) of raptors, before and after meloxicam (2 mg/kg) intramuscular injection ($n = 16$)

	Pre-injection	24 hours post-injection	unit
PCV	44.3±6.0 (46.5)	41.3±5.9 (41.5) ^a	%
PP	4.8±0.9 (4.9)	4.4±0.5 (4.4) ^a	g/dL
Hb	12.2±1.2 (12.2)	11.6±1.4 (12.1) ^a	g/dL
RBC	3.3±0.9 (3.4)	3.2±1.0 (3.2)	×10 ⁶ /μL
WBC	3.6±2.5 (2.7)	4.3±2.7 (3.9)	×10 ³ /μL
Het	2.6±2.1 (1.6)	3.2±2.4 (2.7)	×10 ³ /μL
Lym	0.5±0.4 (0.3)	0.6±0.7 (0.3)	×10 ³ /μL
Eo	0.4±0.2 (0.3)	0.4±0.2 (0.4)	×10 ³ /μL
Baso	0.1±0.1 (0.1)	0.1±0.1 (0.1)	×10 ³ /μL
Mono	0.0±0.0 (0)	0.0±0.0 (0)	×10 ³ /μL
Thrombocyte	241.9±55.5 (227)	198.9±55.8 (188.5) ^a	%WBC
Fibrinogen	312.5±192.8 (200)	325±177.0 (200)	mg/dL
TP	3.8±1.0 (3.7)	3.4±0.5 (3.4) ^a	gm%
Alb	1.5±0.2 (1.5)	1.4±0.2 (1.5)	gm%
AST	254.4±172.7 (192)	989.8±2394.8 (414) ^a	U/L
ALP	36.3±21.4 (32)	32.8±19.3 (29)	U/L
CK	852.6±647.1 (587)	3681.8±4376.1 (1519.5) ^a	U/L
Uric acid	14.3±6.6 (13.2)	8.3±5.1 (6.8) ^a	mg/dL

^apost-injection values are significantly different from pre-injection values ($p < 0.05$)

สรุป

ภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม นกทั้งหมดไม่แสดงอาการป่วยที่อาจจะเกิดจากความเป็นพิษในระยะเฉียบพลัน ต่อทางเดินอาหาร ตับและไต เช่น ความอยากอาหารลดลง, ถ่ายเหลว และมีเลือดออกในมูล ในส่วนของค่าโลหิตวิทยา พบว่าค่า PCV และ PP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม ไปแล้ว 1 วัน ซึ่งอาจจะเกิดจากการสูญเสียเลือดจากการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามปริมาณเลือดที่ได้ทำการเก็บ คือ ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) เป็นปริมาณที่ปลอดภัยสำหรับนกนกก่า ในส่วนของค่าเคมีคลินิก พบว่าปริมาณเอนไซม์ AST และ CK ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้นพร้อมกัน โดยไม่มีภาวะสูงขึ้นของเอนไซม์ชนิดอื่นที่น่าจะพบในภาวะบาดเจ็บของเซลล์ตับและท่อน้ำดี ได้แก่ ALP และไม่พบการลดลงของปริมาณอัลบูมินในเลือด ดังนั้นภาวะสูงขึ้นของเอนไซม์ AST และ CK จึงน่าจะเกิดจากความเสียหายของเซลล์กล้ามเนื้ออกที่เป็นผลมาจากการฉีดยามีลอคซิแคม มากกว่าความเสียหายของเซลล์ตับ (Branson et al., 1994) จากยามีลอคซิแคม เนื่องจากในเซลล์กล้ามเนื้อลายสามารถพบเอนไซม์ AST และ CK ได้เช่นกัน ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาด้วยการฉีดมีลอคซิแคมเข้าทางกล้ามเนื้อในนกกระทาญี่ปุ่น (Sinclair et al., 2012) ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณกรดยูริคในกระแสเลือดที่ลดลงภายหลังจากได้รับมีลอคซิแคม อาจเป็นผลมาจากการลดอาหารของนกในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเวลานานถึง 48 ชั่วโมง ทำให้มีการเผาผลาญโปรตีนในร่างกายของนกลดลง และอาจบ่งชี้ว่า ระดับของมีลอคซิแคมที่ฉีดให้กับนก ไม่ส่งผลเสียหายต่อการทำงานของไตในระยะเฉียบพลัน แม้ได้รับมีลอคซิแคม ซึ่งเป็น NSAID ที่มีความเสี่ยงทำให้เกิดความเป็นพิษต่อไต (Summa et al., 2017) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่ายาลดอักเสบมีลอคซิแคมในระดับ 2 มก./กก. มีแนวโน้มที่จะไม่ก่อความเป็นพิษในระยะเฉียบพลันต่อตับและไตของนกนกก่า ชนิดพันธุ์ที่ศึกษา

การศึกษาเบื้องต้นครั้งนี้ เป็นแนวทางในการศึกษาความเป็นพิษของยามีลอคซิแคม ซึ่งเป็นยาลดการอักเสบกลุ่ม NSAID สำหรับนกนกก่าในชนิดพันธุ์ที่ยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน ซึ่งการตอบสนองต่อยาในนกชนิดพันธุ์ต่างๆ อาจมีความแตกต่างกัน (Hussain et al., 2008) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชนิดพันธุ์ใกล้สูญพันธุ์ ที่ควรได้รับการศึกษาเป็นอันดับต้นๆ เพราะเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองของประเทศไทย นอกจากนี้งานวิจัยที่ศึกษาถึงผลกระทบระยะยาวต่อนกนกก่าของ NSAID ยังมีน้อยมาก ดังนั้นเพื่อให้ผลการศึกษาสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างนกนกก่าในชนิดพันธุ์ใกล้สูญพันธุ์ และควรทำการศึกษาถึงผลกระทบระยะยาวต่ออวัยวะที่สำคัญ ได้แก่ ตับและไตเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนวิจัยสร้างสรรค์สืบสานรอยศาสตร์พระราชชาติปีที่ 4 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรในหน่วยฟีนฟูกล่าเหยื่อ โรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และกองทุนวิจัยนกก่าเพื่อการอนุรักษ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนโครงการฟีนฟูกล่าเหยื่อเพื่อปล่อยคืนธรรมชาติ

เอกสารอ้างอิง

เฉลียว ศาลากิจ. 2548. โลหิตวิทยาทางสัตวแพทย์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ ภาควิชาพยาธิวิทยา. กรุงเทพฯ.

ไชยยันต์ เกษรดอกบัว, ชัยวัฒน์ ชินอุปราวัฒน์, ชูเกียรติ นวลศรี. 2551. คู่มือเหยี่ยวและนกอินทรี. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ.

Branson, W.R., Greg, J.H., Linda, R. 1994. Avian Medicine: Principles and Application. Wingers Pub. Iorida, FL, USA.

Carpenter, J.W., Marion, C.J. 2018. Exotic Animal Formulary. 2018, 5th ed. Elsevier Saunders. Missouri, MS, USA.

Cole, G.A., Paul-Murphy, J., Krugner-Higby, L., Klauer, J.M., Medlin, S.E., Keuler, N.S., Sladky, K.K. 2009. Analgesic effects of intramuscular administration of meloxicam in Hispaniolan parrots (*Amazona ventralis*) with experimentally induced arthritis. Am. J. Vet. Res. 70: 1471–1476.

Hussain, I., Khan, M.Z., Khan, A., Javed, I., Saleemi, M.K. 2008. Toxicological effects of diclofenac in four avian species. Avian Pathol. 37: 315–321. doi: 10.1080/03079450802056439

Lacasse, C., Gamble, K., Boothe, D. 2013. Pharmacokinetics of a Single Dose of Intravenous and Oral Meloxicam in Red-tailed Hawks (*Buteo jamaicensis*) and Great Horned Owls (*Bubo virginianus*). J. Avian Med. Surg. 27: 204–210. doi: 10.1647/2012-044

Miller, K., Hill, N., Carrasco, S., Patterson, M. 2019. Pharmacokinetics and Safety of Intramuscular Meloxicam in Zebra Finches (*Taeniopygia guttata*). J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci. 58: 589–593.

Naidoo, V., Wolter, K., Cromarty, A.D., Bartels, P., Bekker, L., McGaw, L., Taggart, M.A., Cuthbert, R., Swan, G.E. 2008. The pharmacokinetics of meloxicam in vultures. J. Vet. Pharmacol. Ther. 31: 128–134.

Scott, D. 2016. Raptor Medicine, Surgery, and Rehabilitation, 2nd ed. Wallingford, CPI Group (UK) Ltd. Oxfordshire, UK.

Sinclair, K.M., Church, M.E., Farver, T.B., Lowenstine, L.J., Owens, S.D., Paul-Murphy, J., 2012. Effects of meloxicam on hematologic and plasma biochemical analysis variables and results of histologic examination of tissue specimens of Japanese quail (*Coturnix japonica*). Am. J. Vet. Res. 73: 1720–1727. doi: 10.2460/ajvr.73.11.1720

Stichtenoth, D.O., Frölich, J.C. 2003. The second generation of COX-2 inhibitors: What advantages do the newest offer? Drugs 63: 33–45.

Suleyman, H., Demircan, B., Karagoz, Y. 2007. Anti-inflammatory and side effects of cyclooxygenase inhibitors. Pharmacol. Rep. 59: 247–258.

Summa, N., Guzman, D., Larrat, S., Troncy, E., Bird, D., Lair, S., Fitzgerald, G. 2017. Evaluation of high dosages of oral meloxicam in American kestrels (*Falco sparverius*). J. Avian Med. Surg. 31: 108–116. doi: 10.1647/2015-150.

Zaiontz, C. 2020. Real Statistics Using Excel. <http://www.real-statistics.com>, 5 December 2021.

การผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน ApxII จาก *E. coli* เพื่อใช้ในการทดสอบหาภูมิคุ้มกันต่อ ที่อกซินของ *Actinobacillus pleuropneumoniae* ในซีรัมสุกร

Recombinant ApxII protein produced from *E. coli* to detect antibody against *Actinobacillus pleuropneumoniae* toxin in pig serum

พลอยภัสสร หอมกลิ่นแก้ว^{a,*}, อูมาพร อินทะจร^a, ปรีดา เลิศวัชรระสารกุล^b, สิริลักษณ์ จาละ^c

Ploypassorn Homklinkaew^{a,*}, Aumaporn Intajorn^a, Preeda Lertwatcharasarakul^b, Siriluk Jala^c

^aคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

^bภาควิชาพยาธิวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cงานชันสูตรโรคสัตว์ กำแพงแสน ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการทางสัตวแพทย์ คณะสัตวแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

^aFaculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

^bDepartment of Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cKamphaengsaen Veterinary Diagnostic Center, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: Ploypassorn.h@ku.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้ทำการเพิ่มจำนวนยีน *apxIIA* ของเชื้อ *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP) และโคลนยีนเข้าพลาสมิด pQE31 เพื่อผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีนสำหรับการตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อที่อกซิน ApxII ในซีรัมสุกร จากผลการตรวจสอบด้วย SDS-PAGE พบโปรตีนเป้าหมายขนาดประมาณ 55 kDa ผลิตเมื่อกระตุ้นด้วย IPTG ที่ความเข้มข้น 0.1–1 mM และหลังกระตุ้น 1 ชั่วโมงเมื่อนำโปรตีนที่ผลิตไปทำให้บริสุทธิ์และทดสอบความเป็นแอนติเจนด้วยวิธี Western Blot พบว่าสามารถทำปฏิกิริยาอย่างจำเพาะกับ anti-histidine antibody และซีรัมสุกรที่ให้ผลลบต่อ APP โดยไม่ทำปฏิกิริยากับซีรัมสุกรที่ให้ผลลบต่อ APP

คำสำคัญ: *Actinobacillus pleuropneumoniae*, ApxII ที่อกซิน, รีคอมบิแนนท์โปรตีน

Abstract

apxIIA gene of *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP) was amplified and cloned into pQE31 vector for producing recombinant protein for detecting antibody against ApxII toxin in pig serum. SDS-PAGE showed the approximately 55 kDa target protein size at least 1 hr after 0.1-1 mM IPTG added. The recombinant ApxII protein was purified and tested for the antigenicity by Western blot. Positive protein bands were recognized by anti-histidine antibody and serum of the APP infected pigs. The protein band was not found in serum of APP negative pigs.

Keywords: *Actinobacillus pleuropneumoniae*, ApxII toxin, Recombinant protein

คำนำ

Actinobacillus pleuropneumoniae (APP) คือเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคปอดและเยื่อหุ้มปอดอักเสบ (porcine pleuropneumonia) ซึ่งเป็นโรคทางระบบหายใจที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในปศุสัตว์การเลี้ยงสุกรทั่วโลก ทั้งในด้านสุขภาพสัตว์และมูลค่าทางเศรษฐกิจ APP จำแนกออกเป็น 2 ไบโอดีตามความต้องการ nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) ในการเจริญเติบโต ปัจจุบันสามารถจำแนกเชื้อตาม Capsular polysaccharide แบ่งออกได้อย่างน้อย 18 ซีโรไทป์ ซึ่งทุกซีโรไทป์สามารถก่อโรคในสุกรทุกช่วงอายุ แต่อาการทางคลินิกมักแสดงออกในสุกรขุนอายุมากกว่า 12 สัปดาห์ (Bossé et al., 2018) และพบว่าอาการทางคลินิคนั้นขึ้นอยู่กับอายุ ภูมิคุ้มกัน สภาพแวดล้อม และปริมาณเชื้อที่ได้รับ ซึ่งสามารถพบได้ทั้งการแสดงอาการแบบเฉียบพลัน เรื้อรัง และไม่แสดงอาการทางคลินิก (subclinical infection) สุกรที่รอดชีวิตจากการติดเชื้อแบบเฉียบพลัน และกลุ่มที่ติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการ (Subclinical infection) มักจะกลายเป็นพาหะของโรคและแพร่เชื้อภายในฝูง ทำให้เกิดการระบาดซ้ำในฟาร์ม

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของเชื้อ APP ประกอบด้วยหลายปัจจัย แต่พบว่ามักเกี่ยวข้องกับ Apx toxin ซึ่งเป็น exotoxin ในกลุ่ม repeat-in-toxin (RTX) family และเป็นปัจจัยหลักในการเกิดรอยโรคที่ปอด เนื่องจากไปทำลาย alveolar epithelial cells, endothelial cells, red blood cells, neutrophils และ macrophages (Frey, 1995; Bossé et al., 2002) Apx toxin ปัจจุบันพบ 4 ชนิด คือ ApxI, ApxII, ApxIII และ ApxIV. Apx toxin มีการสร้างต่างกันในแต่ละซีโรไทป์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความรุนแรงของเชื้อ โดย ApxI พบในซีโรไทป์ 1, 5, 9, 10, 11, 14 และ 16 ApxII พบในทุกซีโรไทป์ ยกเว้นซีโรไทป์ 10 และ 14 ApxIII พบในซีโรไทป์ 2, 3, 4, 6, 8 และ 15 ส่วน ApxIV พบว่าจะถูกสร้างในทุกซีโรไทป์แต่ไม่สร้างในสถานะ *in vitro* (Frey, 1995; Schaller et al., 1999; Sárközi et al., 2015)

ประเทศไทยมีการพบ APP ตั้งแต่ปีค.ศ. 1990 (Neramitmansook et al., 1990) จากนั้นได้มีการรายงานว่าพบ seropositive ต่อ APP ซีโรไทป์ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 และ 12 (Assavacheep et al., 2003) ปัจจุบันมีการทำวัคซีนเพื่อควบคุมโรคนี้ ซึ่งรูปแบบในการทำวัคซีนมีด้วยกัน 3 รูปแบบคือ Bacterins (killed whole bacteria) เป็นวัคซีนที่สามารถควบคุมโรคได้ในเชื้อซีโรไทป์เดียวกัน แต่ถ้าเป็นเชื้อต่างซีโรไทป์กันจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคต่ำ ส่วน Subunit vaccine (purified toxin) และ Mixed vaccine (killed whole bacteria and purified toxin) เป็นวัคซีนที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค ในเชื้อต่างซีโรไทป์ได้ดีกว่าวัคซีนในรูปแบบ Bacterins (Ramjeet et al., 2008) อย่างไรก็ตามการทำการวัคซีนสามารถควบคุมโรคได้แต่ไม่ได้ป้องกันการติดเชื้อ ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อ APP ได้ จึงต้องทราบภูมิคุ้มกันภายในฝูง ทั้งจากกลุ่มสุกรที่ติดเชื้อแต่ไม่แสดงอาการ (subclinical infection) หรือในกลุ่มที่ป่วยเรื้อรัง รวมถึงภูมิคุ้มกันที่เกิดจากการทำวัคซีน เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการระบาดของเชื้อ APP

วิธีการตรวจหาภูมิคุ้มกันนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งพบว่าเทคนิค ELISA เป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย เนื่องจากสามารถเลือกส่วนของแอนติเจนที่จะใช้ในการทดสอบได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เช่น ใช้ Capsular polysaccharide เป็นแอนติเจนในการตรวจหาภูมิคุ้มกันที่จำเพาะต่อซีโรไทป์ (Inzana and Fenwick, 2001) หรือการใช้ส่วนของ ApxI, ApxII และ ApxIII มาเป็นแอนติเจน เพื่อตรวจหาภูมิคุ้มกันที่จำเพาะต่อท็อกซิน (Jung et al., 2019) รวมถึงการตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อ ApxIV เพื่อหาความชุกของ APP ในฟาร์ม (Dreyfus et al., 2004) เป็นต้น

ยีน *apxIIA* เป็นยีนหลักในการผลิตท็อกซิน ApxII ซึ่งพบในทุกซีโรไทป์ที่มีการรายงานในประเทศไทย และเป็นโปรตีนส่วนสำคัญที่ถูกนำมาพัฒนาวัคซีน ดังนั้นจึงสามารถพบภูมิคุ้มกันต่อ ApxII ได้ทั้งในสุกรที่เคยติดเชื้อ และสุกรที่ทำวัคซีนชนิด subunit หรือ mixed vaccine ในการศึกษานี้ได้ผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน ApxII ของเชื้อ APP จากเชื้อ *E. coli* เพื่อใช้เป็นแอนติเจนสำหรับตรวจสอบหาภูมิคุ้มกันต่อท็อกซิน ApxII ของเชื้อ APP ในซีโรสุกร

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างในการศึกษา

ตัวอย่างเนื้อเยื่อติดเชื้อ APP และตัวอย่างซีรัมสุกรที่ใช้ในการศึกษาได้จากตัวอย่างส่งตรวจที่หน่วยงานชั้นสูตรโรคสัตว์ กำแพงแสน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยตัวอย่างเนื้อเยื่อมีการยืนยันซีโรไทป์ของเชื้อด้วยการทำ PCR ส่วนตัวอย่างซีรัมมีการตรวจหาระดับภูมิคุ้มกันต่อโรค APP ด้วยชุดตรวจทางการค้า IDEXX APP-ApxIV Ab Test (IDEXX, USA)

การออกแบบไพรเมอร์

เปรียบเทียบลำดับเบสของยีน *apxIIA* ด้วยโปรแกรม BioEdit v7.2.5 จากนั้นทำการออกแบบไพรเมอร์จากบริเวณที่ conserved โดยนำข้อมูลลำดับเบสมาจาก GenBank database ประกอบด้วย accession number: LR134515 CP030753 LS483358 CP029003 CP022715 LC034187 KJ919959 X61111 LC128430 LC033895 CP026009 M30602 CP000687 LN908249 GQ369733 CP001091 CP000569 AY736188 AY232288 และ AF363362 โดยเพิ่ม recognition site ของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI (GGATCC) ที่ปลาย 5' ของ forward primer และ *Hind*III (AAGCTT) ที่ปลาย 5' ของ reverse primer

Table 1 sequences of new design primers using in the study

Name	Oligonucleotide sequence	Gene	Product size (bp)
<i>apxIIA-F</i>	5'-GCCGAAGGATCCGCAACACCAGTCCTACGATTC-3'	1,518-1,538	1,177
<i>apxIIA-R</i>	5'-GCCGAAAAGCTTCTTTGGATAATGCTTCTGCAGAG-3'	2,673-2,695	

ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (PCR)

ดีเอ็นเอที่สกัดจากตัวอย่างเนื้อเยื่อติดเชื้อ APP ถูกใช้เพิ่มขึ้นยืนเป้าหมายด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่ออกแบบขึ้นใหม่ การเตรียมปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส ใช้ Thermo Scientific DreamTaq green PCR master mix (2x) (ThermoFisher Scientific, USA) โดยกำหนดอุณหภูมิและเวลาดังนี้ 95°C 3 นาทีหนึ่งรอบ 95°C 15 วินาที, 60°C 30 วินาที และ 72°C 30 วินาที เป็นจำนวน 35 รอบ และที่ 72°C 5 นาทีจึงสิ้นสุดปฏิกิริยา จากนั้นนำผลที่ได้มาตรวจด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis และนำส่วนที่เหลือไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยชุดสกัด Favoprep™ GEL/PCR purification minikit (Favogen Biotech, Taiwan)

การโคลนยีน

ชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการทำ PCR ด้วยไพรเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นและผ่านการทำให้บริสุทธิ์ถูกนำไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bam*HI และ *Hind*III (ThermoFisher Scientific, USA) ที่ 37°C เป็นเวลา 60 นาที ตรวจสอบด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis ตัดแถบดีเอ็นเอในตำแหน่งที่ต้องการและทำให้บริสุทธิ์ด้วย Favoprep™ GEL/PCR purification mini kit (Favogen Biotech, Taiwan) จากนั้นจึงเชื่อมเข้า pQE31 (Qiagen, Germany) และนำไป

transform เข้า competent *E.coli* สายพันธุ์ *M15* ทำการตรวจสอบหาโคลนที่มีขึ้นยืนด้วยการทำ PCR และส่งยืนยันผลด้วยการวิเคราะห์ลำดับเบส (nucleotide sequencing) โดยวิธี sanger sequencing

การกระตุ้นโปรตีน

โคลนของ *E.coli* ที่มียีน *apxIIA* ถูกนำมาเลี้ยงใน Luria-Bertani broth (LB) ที่เติมยาปฏิชีวนะ Ampicillin ปริมาณ 100 µg/ml ที่ 37°C ข้ามคืนจากนั้นนำมา subculture ที่อัตราส่วน 1:50 v/v ในอาหารเลี้ยงเชื้อ LB ซึ่งมีปริมาณ Ampicillin ความเข้มข้น 100 µg/ml ที่ 37°C 3 ชั่วโมง จากนั้นเติม IPTG ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0, 0.01, 0.1, และ 1mM) รวมถึงเวลาต่างๆ (0, 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง) ที่ใช้ในการกระตุ้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นโปรตีน

การทำให้โปรตีนบริสุทธิ์

หลังการกระตุ้นโปรตีนด้วย 1mM IPTG ที่ 37°C 4 ชั่วโมง นำแบคทีเรียไปปั่นตกตะกอน 9,500 rpm ที่ 4°C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทดสอบการละลายได้ของโปรตีนโดยนำตะกอนมาย่อยด้วย lysozyme (1 mg/ml) และนำไป sonication ด้วยเครื่อง Omni-Ruptor 4000 (PerkinElmer, UK) ที่ความถี่ 30 pulse 1 นาที ทั้งหมด 3 รอบ นำไปปั่นเหวี่ยงและนำตะกอนมาทำ Urea partial purification เพื่อล้างโปรตีนของเชื้อ *E.coli* ออกให้ได้มากที่สุดด้วยยูเรียที่ความเข้มข้น 1M, 2M, 4M, 6M และ 8M นำไป sonication ที่ความถี่ 30 pulse 1 นาที ทั้งหมด 3 รอบ จนไม่เห็นตะกอนหลังนำไปปั่นเหวี่ยง เก็บตะกอนและส่วนใสของแต่ละขั้นตอนมาตรวจสอบด้วย 12% SDS-PAGE จากนั้นทำโปรตีนให้บริสุทธิ์ด้วยเครื่อง ÄKTA start™ (GE-Healthcare, UK) โดยใช้หลักการ affinity column นำโปรตีนวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง NanoDrop™1000 spectrophotometer (ThermoFisher Scientific, USA)

SDS-PAGE และ Western blot

นำโปรตีนที่ผลิตขึ้นมาตรวจสอบด้วย 12% SDS-PAGE จากนั้นย้อมด้วย Coomassie Blue เจลส่วนหนึ่งที่ไม่ได้ย้อมสีจะใช้สำหรับทำ western blot โดยย้ายโปรตีนจากเจลลง nitrocellulose membrane ด้วยเครื่อง semidry blot (Bio-Rad, USA) นำ nitrocellulose membrane เดิมด้วย Blocking buffer บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นย้ายแผ่น membrane ไปใส่ 6x-His Tag monoclonal antibody (ThermoFisher Scientific, USA) เจือจางที่ 1:3,000 หรือ ซีรัมสุกเจือจางที่ 1:250 บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำ membrane มาล้างด้วย PBST 3 ครั้ง จากนั้นจึงนำไปเติม secondary antibodies ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:1,000 ใช้ goat anti-mouse IgG conjugate HRP กรณีที่ใช้ 6x-His Tag monoclonal antibody หรือ goat anti-swine IgG conjugate HRP (KPL, USA) กรณีที่ใช้ซีรัมสุก บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาจึงนำ membrane ไปล้างด้วย PBST 3 ครั้ง และเติม TMB membrane peroxidase substrate (KPL, USA) อ่านผลแถบสีที่ปรากฏขึ้น

ผลและวิจารณ์การทดลอง

การผลิต ApxII รีคอมบิแนนท์โปรตีนและการทำให้โปรตีนบริสุทธิ์

ทำการโคลนยีน *apxIIA* ที่ได้จากการทำ PCR เข้าสู่เวกเตอร์ pQE31 และ transformation เข้าสู่เชื้อ *E. coli* โดยมีการยืนยันผลความถูกต้องของโคลนด้วยการทำ PCR และการวิเคราะห์ลำดับเบส ทำการทดสอบหาความเข้มข้นของ IPTG และระยะเวลาที่เหมาะสมของการกระตุ้นการผลิตโปรตีน และตรวจสอบด้วย 12% SDS-PAGE พบแถบโปรตีน

ขนาดประมาณ 55 kDa หลังกระตุ้นที่ 4 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.1–1 mM (Fig. 1A) เมื่อกระตุ้นด้วย IPTG ที่ความเข้มข้น 1 mM พบแถบโปรตีนเป้าหมายตั้งแต่ 1 ชั่วโมงหลังจากการกระตุ้น (Fig. 1B). นำโปรตีนที่กระตุ้นได้ทดสอบการละลายได้ของโปรตีน พบว่า เมื่อผนังเซลล์ของ *E. coli* ถูกย่อยด้วย Lysozyme โปรตีนยังคงอยู่ในตะกอนไม่สามารถละลายออกมาได้ แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่ผลิตได้เป็นโปรตีนแบบไม่ละลายน้ำ (Insoluble protein) (Fig. 2A). จึงนำตะกอน ทำ Urea partial purification พบว่าตะกอนของแบคทีเรียละลายหมดไปหลังเติมยูเรียที่ความเข้มข้น 2M นำตะกอนและ ส่วนใส ไปตรวจสอบด้วย 12% SDS-PAGE พบว่าโปรตีนขนาด 55 kDa ละลายอยู่ในส่วนใสที่ 1 และ 2M ยูเรียแต่พบว่าที่ 2M ยูเรีย โปรตีนที่ต้องการมีปริมาณน้อย (Fig. 2B) จึงเลือกส่วนใส ที่ 1M ยูเรียซึ่งมีโปรตีนที่ต้องการปริมาณมากกว่า ไปทำการบริสุทธิ์ต่อกับด้วย เครื่อง AKTA start™ (GE-Healthcare; UK) (Fig. 3A) เมื่อนำโปรตีนหลังทำให้บริสุทธิ์ไปวัดด้วยเครื่อง NanoDrop™1000 spectrophotometer ได้โปรตีนความเข้มข้น 0.3 mg/mL.

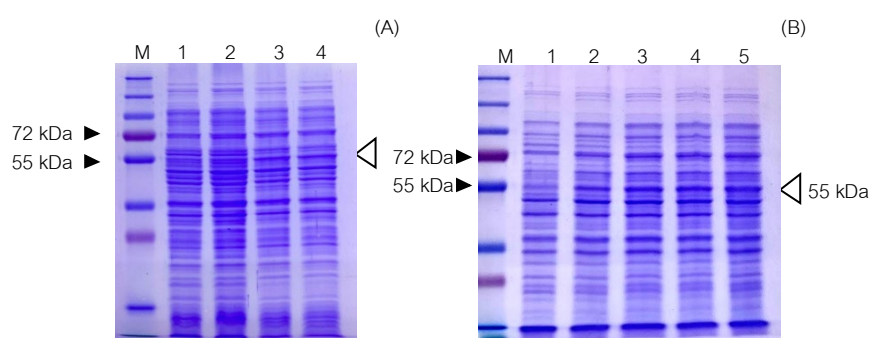


Fig. 1 12% SDS-PAGE separated recombinant ApxII proteins induce with different IPTG concentration (A) and induction time (B). M represents protein marker (ThermoFisher Scientific, USA) Number 1-4 in gel A are 0, 0.01, 0.1, and 1 mM IPTG. Number 1-5 in gel B are 0, 1, 2, 3, and 4 hr after added 1 mM IPTG. White arrow head represents ApxII protein band at 55 kDa

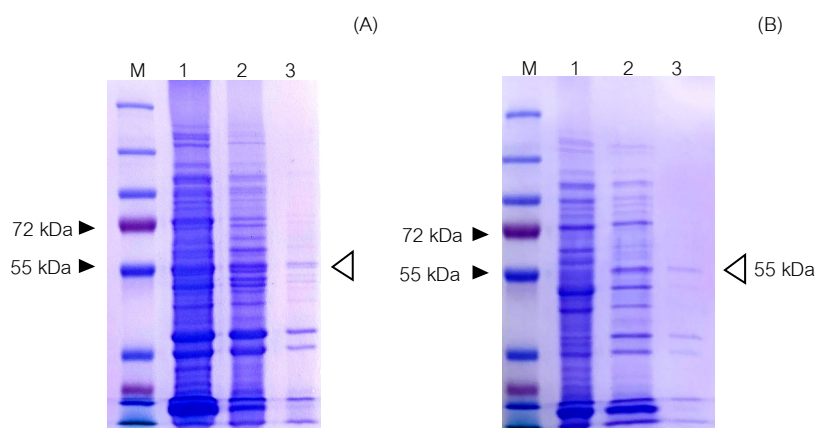


Fig. 2 12% SDS-PAGE shows protein patterns from pellet (A) and supernatant (B) in each step of ApxII protein purification. M represents protein marker (ThermoFisher Scientific, USA). Number 1-3 are lysozyme, 1M and 2M urea. White arrow head represents ApxII protein band at 55 kDa

การทดสอบกับแอนติบอดีด้วยเทคนิค Western blot

ผลการทดสอบ western Blot โดยตรวจหา Histidine-tag ซึ่งใช้เป็น marker ของรีคอมบิแนนท์โปรตีนที่ผลิตขึ้นด้วย anti-histidine antibody พบแถบโปรตีนขนาด 55 kDa เพียงแถบเดียว (Fig. 3B) และจากการทดสอบด้วยซีรัมสุกรที่ให้ผลบวกต่อ APP จากชุดตรวจทดสอบทางการค้า และซีรัมสุกรที่ให้ผลลบต่อ APP ผล western blot พบแถบโปรตีนขนาด 55 kDa ในซีรัมสุกรที่ให้ผลบวกต่อ APP จากชุดตรวจทดสอบทางการค้า (Fig. 3C) และไม่พบแถบโปรตีนในซีรัมสุกรที่ให้ผลลบต่อ APP (Fig. 3D) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ารีคอมบิแนนท์โปรตีนที่ผลิตขึ้นมีความจำเพาะกับซีรัมสุกรที่ให้ผลบวกต่อ APP จากชุดตรวจทดสอบทางการค้า

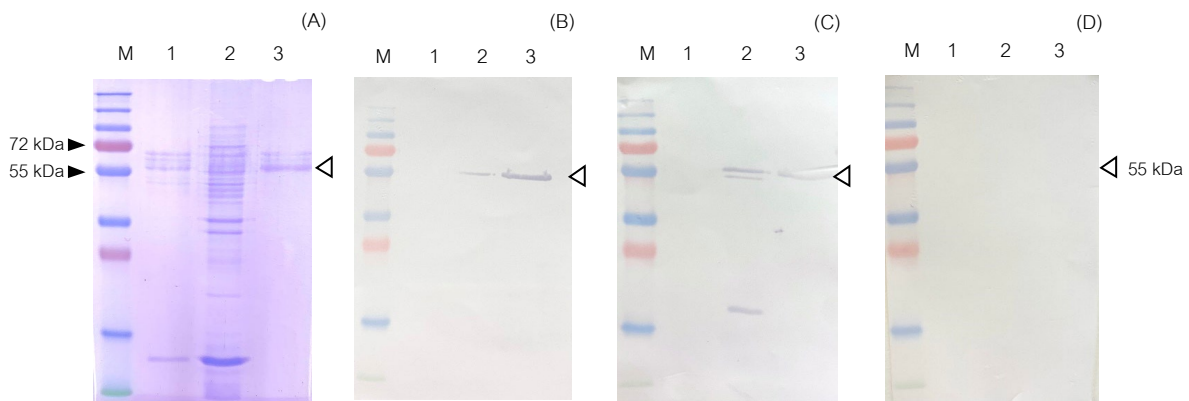


Fig. 3 12% SDS-PAGE shows protein patterns (A) Western Blot of 6 x-His Tag monoclonal antibody to recombinant ApxII (B) Western Blot of positive APP pig serum (C) and negative APP pig serum (D) to recombinant ApxII proteins. M represents protein marker (ThermoFisher Scientific, USA). Number 1–3 are pQE31 vector, supernatant of 1M urea purified protein and affinity column purified protein. White arrow head represents ApxII protein band at 55kDa

ยีน *apxIIA* มีขนาด 2,871 base pairs โดยตำแหน่งที่เลือกนำผลิตเป็นรีคอมบิแนนท์โปรตีนเป็นส่วนที่เป็น epitope และเป็นโครงสร้างโปรตีนที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic region) และด้วยขนาดประมาณหนึ่งพันเบสเป็นขนาดที่เหมาะสมในการโคลนเข้าเวกเตอร์และ express ในระบบ *E. coli* จากผลของ 12% SDS-PAGE และ Western Blot แสดงให้เห็นว่าการทำให้โปรตีนบริสุทธิ์เป็นสิ่งสำคัญ การใช้ Urea Partial Purification นั้นไม่สามารถล้างโปรตีนของ *E. coli* ได้หมด หากสุกรเคยสัมผัสเชื้อ *E. coli* ก็สามารถพบภูมิคุ้มกันต่อโปรตีนของเชื้อ *E. coli* ได้ จาก Fig. 3C จึงมีการทำปฏิกิริยาแบบไม่จำเพาะเกิดขึ้นที่โปรตีนอื่นๆ ที่ไม่ใช่รีคอมบิแนนท์โปรตีนที่ผลิตขึ้น ซึ่งหากนำโปรตีนนี้ไปเป็นแอนติเจนสำหรับ ELISA จะทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาแบบไม่จำเพาะ และเกิดผลบวกหลงได้ ดังนั้นจึงนำโปรตีนผ่าน affinity column purification เพื่อให้ได้โปรตีนที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้น

การทดสอบหาภูมิคุ้มกันต่อ ApxII toxin นั้นสามารถบอกถึงประสิทธิภาพการทำวัคซีน หรือระดับภูมิคุ้มกันต่อ APP ได้ อย่างไรก็ตามสามารถพบภูมิคุ้มกันต่อ ApxI, ApxII, ApxIII ในสุกรที่ไม่เคยติดเชื้อ APP ได้จาก Cross immunity ต่อ less pathogenicity *Actinobacillus* เช่น *Actinobacillus rossii* ซึ่งมียีนที่ผลิตที่อกซิม ApxI และ ApxII และ *A. suis* (ที่มียีนที่อกซิม ApxII และ ApxIII) (Schaller et al., 2000) หรือในสุกรที่เคยติดเชื้อ *E. coli* หรือ กลุ่ม *Pasteurella spp.* (Jansen et al., 1993; Frey and Kuhnert, 2002) ซึ่งจากการนำลำดับเบสส่วนของที่อกซิม ApxII ที่ใช้ในการศึกษานี้ไป

Blast ในฐานข้อมูล GenBank database พบว่ามีความคล้ายคลึงกับ ยีน apxIIa จาก *Actinobacillus rossii* และ *A. suis* เช่นกัน ในการศึกษาต่อจากนี้ ทางผู้วิจัยจะทดสอบความจำเพาะของรีคอมบิแนนท์โปรตีนที่ผลิตขึ้นเพิ่มเติม อีกทั้งจะผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีนส่วนของท็อกซิน ApxIV เพื่อใช้ในการทดสอบภูมิคุ้มกันต่อ APP ในซีรัมสุกรไปควบคู่กัน ซึ่ง ApxIV นั้นพบภูมิคุ้มกันได้เฉพาะในสุกรที่ติดเชื้อ APP เท่านั้น (Dreyfus et al., 2004) ดังนั้นจะทำให้ชุดทดสอบที่จะผลิตขึ้นนอกจากจะสามารถตรวจภูมิคุ้มกันของสุกรต่อเชื้อ APP ได้แล้ว จะยังสามารถจำแนกภูมิคุ้มกันที่เกิดจากการทำวัคซีนชนิด Subunit หรือ Mixed และจากการติดเชื้อตามธรรมชาติได้อีกด้วย

สรุป

ในการศึกษานี้ได้ทำการออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีนท็อกซิน ApxII และสามารถนำไปผลิตเป็นรีคอมบิแนนท์โปรตีน ApxII toxin ที่มีขนาด 55 kDa โปรตีนที่ผลิตขึ้นได้นี้สามารถทำปฏิกิริยาอย่างจำเพาะกับซีรัมสุกรที่ให้ผลบวกต่อ APP ได้ จึงสามารถนำไปใช้เพื่อผลิตชุดทดสอบหาภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ APP ในซีรัมสุกรได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- Assavacheep, P., Persson, M., Luengyosuechakul, S., Watanaphansak, S., Laohasinnarong, D., Pungkhun, P., Wallgren, P. 2003. Actinobacillus pleuropneumoniae in Thai pig herds. Prevalence of serum antibodies and relation to performance. J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health 50: 390–395.
- Bossé, J.T., Janson, H., Sheehan, B.J., Beddek, A.J., Rycroft, A.N., Kroll, J.S., Langford, P.R. 2002. Actinobacillus pleuropneumoniae: Pathobiology and pathogenesis of infection. Microbes Infect. 4: 225–235.
- Bossé, J.T., Li, Y., Sárközi, R., et al. 2018. Proposal of serovars 17 and 18 of *Actinobacillus pleuropneumoniae* based on serological and genotypic analysis. Vet. Microbiol. 217: 1–6.
- Dreyfus, A., Schaller, A., Nivollet, S., et al. 2004. Use of recombinant ApxIV in serodiagnosis of Actinobacillus pleuropneumoniae infections, development and prevalidation of the ApxIV ELISA. Vet. Microbiol. 99: 227–238.
- Frey, J. 1995. Virulence in Actinobacillus pleuropneumoniae and RTX toxins. Trends Microbiol. 3: 257–261.
- Frey, J., Kuhnert, P. 2002. RTX toxins in Pasteurellaceae. Int. J. Med. Microbiol. 292: 149–158.
- Inzana, T.J., Fenwick, B. 2001. Serologic detection of Actinobacillus pleuropneumoniae in swine by capsular polysaccharide-biotin-streptavidin enzyme-linked immunosorbent assay. J. Clin. Microbiol. 39: 1279–1282.
- Jansen, R., Briare, J., Kamp, E.M., Gielkens, A.L., Smits, M.A. 1993. Cloning and characterization of the *Actinobacillus pleuropneumoniae*-RTX-toxin III (ApxIII) gene. Infect. Immun. 61: 947–954.

- Jung, M., Won, H., Shin, M.K., Oh, M.W., Shim, S., Yoon, I., Yoo, H.S. 2019. Development of *Actinobacillus pleuropneumoniae* ApxI, ApxII, and ApxIII-specific ELISA methods for evaluation of vaccine efficiency. J. Vet. Sci. 20: e2.
- Neramitmansook, W., Vayuchote, C., Minden, P., Sinlapasith. R. 1990. Serotyping of *Haemophilus pleuropneumoniae* isolates in Thailand. Thai Journal of Veterinary Medicine 20: 367–372.
- Ramjeet, M., Deslandes, V., Gouré, J., Jacques, M. 2008. *Actinobacillus pleuropneumoniae* vaccines: From bacterins to new insights into vaccination strategies. Anim. Health Res. Rev. 9: 25–45.
- Sárközi, R., Makrai, L., Fodor, L. 2015. Identification of a proposed new serovar of *Actinobacillus Pleuropneumoniae*: Serovar 16. Acta Vet. Hung. 63: 444–450.
- Schaller, A., Kuhn, R., Kuhnert, P., Nicolet, J., Anderson, T.J., MacInnes, J.I., Segers, R.P.A.M., Frey, J. 1999. Characterization of apxIVA, a new RTX determinant of *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Microbiology (Reading) 145: 2105–2116.
- Schaller, A., Kuhnert, P., Puente-Redondo, V.A. de la., Nicolet, J., Frey, J. 2000. Apx toxins in Pasteurellaceae species from animals. Vet. Microbiol. 74: 365–376.

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อความไวยาต้านจุลชีพของเชื้อ *Pseudomonas* spp. จากปัสสาวะและบาดแผลของสุนัขและแมว

Factors related to antimicrobial susceptibility of *Pseudomonas* spp. from wound and urine of dogs and cats

รัชภูมิ นาคชัง^a, ชัญญมณฑิ จิราทรอภิวรรักษ์^a, ชนิศรา รอดปรีชา^a, ธนาพร ช้วยพยุง^a, จันทิมา พฤกษการ^b, สุปภาดา คณานัน^c, ปฐมาพร เอมะวิศิษฎ์^{b,*}

Rachapum Nakchang^a, Chanyamon Jiratonapivat^a, Chanisara Rodpreecha^a, Thanaporn Chuaypayung^a, Chantima Pruksakorn^b, Suppada Kananub^c, Patamabhorn Amavisit^{b,*}

^aนิสิตชั้นปีที่ 6 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

^aThe 6th Year veterinary student, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Microbiology and Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cDepartment of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Nakorn Pathom 73140, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fvetpaa@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เชื้อ *Pseudomonas* spp. จากปัสสาวะและบาดแผลของสุนัขและแมวที่รักษาในโรงพยาบาลสัตว์ ถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของที่มาของตัวอย่าง ความไวยาต้านจุลชีพ และยาที่ใช้รักษา เชื้อมากกว่า 90% คือยา amoxicillin-clavulanate cephalexin และ sulfa-trimetroprim เชื้อจากปัสสาวะมีโอกาสดื้อยากลุ่ม fluoroquinolones และ gentamicin มากกว่าเชื้อจากบาดแผล 2-2.7 เท่า และพบว่าแมวที่อายุเพิ่มทุก 1 ปี มีโอกาสดื้อยา กลุ่ม fluoroquinolones เพิ่ม 0.1 เท่า พบการดื้อยาสูงมากในยาที่ใช้รักษาประจำ ดังนั้นการเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาดังกล่าวด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลสม่ำเสมอ จำเป็นสำหรับกำหนดนโยบายการใช้ยาสมเหตุผลในโรงพยาบาลให้เป็นปัจจุบัน

คำสำคัญ: *Pseudomonas* spp., การดื้อยาด้านจุลชีพ, บาดแผล, ปัสสาวะ, แมว, สุนัข

Abstract

Pseudomonas spp isolated from urine and wound of dog and cat patients of Animal Hospital, were analyzed the relation of the isolate sources, antimicrobial susceptibility and antimicrobial treatment. More than 90% of the isolates were resistant to amoxicillin-clavulanate, cephalexin and sulfa-trimetroprim. The probability of fluoroquinolones and gentamicin resistances of urine isolates was 2-2.7 times to the isolates from wound. The probability of resistances to fluoroquinolones, increased 0.1 time when cat grow every year. A number of antimicrobials frequently prescribed for treatment of bacterial infection presented very high resistant rates. Antimicrobial resistant surveillances should be analyzed routinely to update rational drug uses policy in the hospital.

Keywords: Antimicrobial resistances, Cat, Dog, *Pseudomonas* spp., Urine, Wound

คำนำ

การติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพเป็นปัญหาที่มีความสำคัญทั้งในคนและสัตว์ ส่งผลให้การรักษายากขึ้น ใช้เวลารักษาตัวในโรงพยาบาลนานขึ้น ค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มขึ้น และมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตสูงขึ้น หากมีการติดเชื้อในกระแสเลือด (Pea et al., 2015) เชื้อ *Pseudomonas* spp. เป็นเชื้อที่มีรายงานการดื้อยาทางคลินิก เป็นแบคทีเรียฉวยโอกาส (opportunistic pathogen) และก่อให้เกิดการติดเชื้อในสถานพยาบาล (nosocomial infection) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการดื้อยา ของเชื้อ *Pseudomonas* spp. ที่แยกได้จากสุนัขและแมวที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลสัตว์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียดื้อยาและ วางแผนการเลือกใช้อาาต้านจุลชีพที่เหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

เชื้อ *Pseudomonas* spp. ที่แยกได้จากตัวอย่างปัสสาวะและบาดแผลของสุนัขและแมว ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2561 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2562 ถูกนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแบบย้อนหลัง (retrospective study) โดยจำแนกตัวอย่างปัสสาวะตามวิธีการเก็บตัวอย่าง คือ การเจาะเก็บผ่านทางหน้าท้อง (cystocentesis) และการสวนเก็บปัสสาวะ (catheterization) ส่วนตัวอย่างบาดแผลจำแนกตามที่มาของตัวอย่าง คือ แผลผ่าตัด (surgical wound) ช่องหูอักเสบ (otitis) แผลถูกกัด (bite wound) และ โรคผิวหนังอักเสบ (pyoderma) สำหรับข้อมูลสัตว์ป่วยแยกเป็น ชนิดสัตว์ เพศ อายุ ข้อมูลประวัติการได้รับยาต้านจุลชีพ และผลความไวรับต่อยาต้านจุลชีพที่ตรวจโดยห้องปฏิบัติการจุลชีววินิจฉัย หน่วยชันสูตรโรคสัตว์ ตัดสินค่า Breakpoint ตามมาตรฐาน CLSI, (2008)

ข้อมูลถูกนำมาวิเคราะห์ (analytical statistics) ความสัมพันธ์ทางสถิติด้วย Chi-square test หรือ Fisher's exact test และ logistic regression โดยกำหนดระดับ นัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ และอธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มศึกษา และกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบความไวยาของเชื้อจากตัวอย่างปัสสาวะ 148 ตัวอย่าง และบาดแผล จำนวน 201 ตัวอย่าง พบว่า เชื้อมากกว่า 90% มีการดื้อยา cephalexin, amoxicillin-clavulanate และ sulfa-trimetroprim ทั้งสองกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการดื้อยาระหว่างตัวอย่างปัสสาวะและบาดแผล พบนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในยาบางชนิด คือมีโอกาสพบเชื้อดื้อยา gentamicin ในตัวอย่างปัสสาวะมากกว่าบาดแผล 2.6 เท่า ยา enrofloxacin 2 เท่า marbofloxacin 2.7 เท่า และ norfloxacin 2.2 เท่า ส่วนยา meropenem มีโอกาสเกิดการดื้อยาในปัสสาวะมากกว่าในบาดแผลถึง 3.5 เท่า (Table 1)

เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการดื้อยาต้านจุลชีพเฉพาะจากตัวอย่างปัสสาวะ พบว่าอายุของแมวมมีความสัมพันธ์กับการดื้อยาต้านจุลชีพอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ เมื่ออายุแมวเพิ่มขึ้น 1 ปี จะเพิ่มโอกาสในการติดเชื้อดื้อยาในทางเดินปัสสาวะมากขึ้น ในการศึกษานี้จะพบโอกาสดื้อยาเพิ่มขึ้น 0.1 เท่าในยา azithromycin gentamycin ciprofloxacin marbofloxacin norfloxacin และเพิ่มขึ้น 0.2 เท่าในยา meropenem แต่ไม่พบว่าปัจจัยด้านอายุของสุนัขมีความเกี่ยวข้องกับการพบเชื้อดื้อยา รวมถึงไม่พบว่าเพศและชนิดสัตว์ มีความสัมพันธ์กับการดื้อยาต้านจุลชีพ นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างของอัตราการดื้อยาจากตัวอย่างปัสสาวะด้วยวิธีการเก็บที่แตกต่างกัน ระหว่างการเจาะเก็บผ่านทางหน้าท้อง (55 ตัวอย่าง) และการสวนเก็บ (93 ตัวอย่าง) อาจเป็นเพราะเชื้อ *Pseudomonas* spp. ไม่ใช่เชื้อสาเหตุที่แท้จริง

ของการติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ อาจเป็นเพียงเชื้อปนเปื้อน หรือการติดเชื้อฉวยโอกาสซ้ำ ซึ่งมีโอกาสพบได้สูงในโรงพยาบาล ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่รวมข้อมูลการเก็บปัสสาวะแบบรองเก็บเพราะมีโอกาสการปนเปื้อนที่สูงเกินไป

Table 1 Antimicrobial resistant rates (%) of *Pseudomonas* spp. isolated from urines and wound samples of dog and cat patients of Kasetsart University animal hospital

Resistant isolates	urine (%)			wound (%)		
	Total (n = 148)	Dog (n = 94)	Cat (n = 54)	Total (n = 201)	Dog (n = 143)	Cat (n = 58)
aminoglycosides						
amikacin	12.06	13.48	9.62	7.73	8.66	5.56
gentamicin	27.03	25.53	29.63	12.44	11.19	15.52
penicillin						
amoxicillin-clavulanate	91.22	91.49	90.74	93.50	93.71	93.1
cephalosporins						
ceftriaxone	52.03	53.19	50	41.50	43.66	36.21
cephalexin	95.95	93.62	100	94.53	93.01	98.28
carbapenems						
imipenem	5.40	7.45	1.85	1.49	1.40	1.72
meropenem	14.19	13.83	14.81	4.48	4.20	5.17
tetracycline						
doxycycline	73.88	71.43	78	76.32	78.52	70.91
fluoroquinolones						
enrofloxacin	41.89	41.49	42.59	26.37	23.08	34.48
ciprofloxacin	30.41	27.66	35.19	14.63	14.69	15.52
marbofloxacin	34.68	34.57	34.88	16.36	33.33	21.57
norfloxacin	30.41	29.79	31.48	16.42	20	18.97
macrolide						
azithromycin	19.56	18.18	22	14.52	17.42	7.41
sulfonamide						
sulfa-trimethoprim	91.16	90.32	92.59	92.04	91.6	93.1

การศึกษาลักษณะความไวยาของเชื้อที่แยกได้จากทางเดินปัสสาวะ ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลยาที่ใช้รักษาจากประวัติสัตว์ป่วย พบว่ายาที่สั่งจ่ายประจำจะมีโอกาสคือยาที่สูง เช่น ยา amoxicillin-clavulanate ดังนั้นปัญหาการเพิ่มขึ้นของเชื้อดื้อยาต่อกลุ่มยาที่เลือกใช้ประจำ ทำให้โรงพยาบาลควรเก็บสถิติของการใช้ยาด้านจุลชีพและอัตราการดื้อยา เพื่อใช้ประเมินสถานการณ์รักษาโรคติดเชื้ออย่างสม่ำเสมอ มีรายงานของ Nelson (2011) แนะนำให้ในทุกกรณีของการรักษา

โรคติดเชื้อแบคทีเรียในระบบทางเดินปัสสาวะ ควรวินิจฉัยด้วยการเพาะเชื้อ (urine culture) ทั้งในเชิงคุณภาพ (qualitative) และปริมาณ (quantitative) เพื่อทราบเชื้อที่เป็นสาเหตุในการก่อโรค และผลความไวยาต้านจุลชีพจึงสามารถเพิ่มศักยภาพการเลือกใช้ยาในการรักษา และเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาได้อย่างเหมาะสม

สรุป

Pseudomonas spp. ที่แยกได้จากตัวอย่างปัสสาวะและบาดแผลของสุนัขและแมว ถูกเลือกใช้เพื่อเป็นเชื้อบ่งชี้ในการรวบรวมสถิติความไวรียาต้านจุลชีพ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการดื้อยา ที่มาของตัวอย่าง และชนิดของยาต้านจุลชีพที่ใช้รักษา ผลที่ได้เป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังเชื้อแบคทีเรียดื้อยาและวางแผนเลือกใช้ยาต้านจุลชีพให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณัญญาพัฒน์ บำรุงพันธุ์ นักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์วิจัยและบริการวิชาการทางสัตวแพทย์ สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- Clinical and Laboratory Standard 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. Pennsylvania, PA, USA.
- Nelson, L.L. 2011. Surgical site infections in small animal surgery. Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 41: 1041–1056. doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.05.010
- Pea, C., Cabot, G., Gómez-Zorrilla, S., et al. 2015. Influence of virulence genotype and resistance profile in the mortality of *Pseudomonas aeruginosa* bloodstream infections. Clin. Infect. Dis. 60: 539–548. doi.org/10.1093/cid/ciu866

กรณีศึกษา: การรักษาเต้านมขยายใหญ่ในแมวด้วยอะกลีพริสโตน**Aglepristone treatment in feline mammary gland hyperplasia: A case report****ชุ้นสุมน ลิ้มมานนท์^{a,b,*}, เกษกนก ศิริินฤมิตร^b****Chunsumon Limmanont^{a,b,*}, Kaitkanoke Sirinarimitr^b**^aภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^bศูนย์ระบบสืบพันธุ์ โรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900^aDepartment of Companion Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand^bTheriogenology Center, Kasetsart University Veterinary Teaching Hospital, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: l_chunsumon@hotmail.com

บทคัดย่อ

แมวเพศเมียยังไม่ทำหมัน พันธุ์ผสมสก๊อตทิชโฟลด์และอเมริกันช็อตแฮร์ อายุ 8 เดือน น้ำหนัก 3.4 กิโลกรัม เข้ารับการตรวจด้วยปัญหาเต้านมขยายขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วหลังการเป็นสัด ผลการตรวจร่างกายทั่วไปปกติ อุณหภูมิร่างกาย 103 องศาฟาเรนไฮต์ คลำตรวจช่องท้องปกติ ไม่พบตัวอ่อนและไม่พบความเจ็บปวด พบเต้านมทุกเต้าขยายขนาดและพบลักษณะการอักเสบ ไม่พบน้ำนมและสิ่งคัดหลั่งจากช่องคลอด ผลการตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมด้วยการตรวจอัลตราซาวด์พบว่าเนื้อเยื่อภายในเต้านมปกติ ไม่พบตัวอ่อนภายในมดลูก ค่าโลหิตวิทยาและเคมีโลหิตปกติ แมวได้รับการยืนยันคำวินิจฉัย Feline mammary gland hyperplasia และได้รับการรักษาด้วยยาอะกลีพริสโตน ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนัง ขนาด 10 มก./กก. วันที่ 1-4 ผลการรักษาพบว่าเต้านมลดขนาดลงอย่างชัดเจนภายใน 1 สัปดาห์ อะกลีพริสโตนออกฤทธิ์แย่งจับตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่เนื้อเยื่อเต้านมได้อย่างรวดเร็ว มีผลหยุดการเจริญของเนื้อเยื่อภายในเต้านมชนิด mammary gland hyperplasia และเต้านมยุบลง

คำสำคัญ: เต้านม, แมว, อะกลีพริสโตน**Abstract**

An eight-month old, 3.6 kg BW, intact mix Scottish Fold and American Shorthair queen showed clinical sign of mammary glands enlargement. History taking, the queen was in estrus a month prior to occurrence of the clinical signs. Core body temperature was 103°F. The fetal sacs were not found, and no abdominal cramp detected by abdominal palpation. All mammary glands were enlargement. There were no milk production and vaginal discharge. Using ultrasonography, mammary glands were unremarkable and the fetal sacs were not detected. The complete blood count and blood chemistry were in normal ranges. Feline mammary gland hyperplasia was the tentative diagnosis. Aglepristone was used in protocol 10 mg/kg, SC at day 1-4. Mammary glands were decreased in size within a week after treatment. Aglepristone action was rapid blocking of local progesterone receptors. So, the mammary gland hyperplasia was inhibited by a progesterone receptor blocker.

Keywords: Aglepristone, Feline, Mammary gland

คำนำ

เต้านมขยายใหญ่ในแมวเพศเมียเกิดได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ ภาวะเต้านมขยายใหญ่จากการตั้งท้องที่เปลี่ยนตามธรรมชาติของสรีระแม่แมวที่เตรียมเลี้ยงลูก ภาวะเต้านมขยายใหญ่ (mammary gland hyperplasia) เนื้องอกเต้านม (mammary gland tumor) (Nelson and Couto, 2014; Mayayo et al., 2018) โดยแต่ละสาเหตุมีความจำเพาะตามช่วงอายุและปัจจัยอื่นๆตามกลไกของแต่ละโรค การวินิจฉัยแยกโรคทำได้ ตั้งแต่ 1) การซักประวัติ อายุ สายพันธุ์ การทำหมัน ประวัติวงรอบสัด การผสม การให้ยาคุมกำเนิดกลุ่มฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ระยะเวลาการเกิดโรค 2) การคลำตรวจลักษณะเต้านม ขนาด ความแน่นของเต้านม การอักเสบ การพบเฉพาะเต้านมหรือร่วมกันหลายเต้านม และการตรวจต่อมน้ำเหลืองบริเวณใกล้เคียง 3) การตรวจวินิจฉัยทางคลินิก เช่น การตรวจเลือด การตรวจอัลตราซาวด์ลักษณะเนื้อเยื่อภายในเต้านม การตรวจฮอร์โมนเพศเพื่อยืนยันอิทธิพลของฮอร์โมนต่อเต้านม การตรวจเซลล์วิทยาโดยการทำ fine needle aspiration และการตรวจชิ้นเนื้อ (biopsy) (Jurka and Max, 2013; Mayayo et al., 2018)

เต้านมขยายใหญ่ mammary gland hyperplasia ซึ่งมีหลายคำที่ใช้เรียก เช่น feline mammary fibroepithelial hyperplasia หรือ fibroadenomatosis เป็นภาวะที่พบบ่อยในแมวเพศเมียอายุน้อยที่ยังไม่ได้ทำหมัน อาจพบได้ในแมวสายพันธุ์เมนคูน เปอร์เซีย สก็อตติชโฟลด์และอเมริกันช็อตแฮร์ สาเหตุเกิดร่วมกันได้หลายปัจจัยแต่พบว่าฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนเป็นปัจจัยสำคัญของการเจริญเนื้อเยื่อเต้านม ลักษณะที่พบมีความเด่นชัดของเต้านมที่ขยายขนาดอย่างรวดเร็วในช่วง 2-5 สัปดาห์ อาจพบเพียงบางเต้าหรือพบทั้งหมดทุกเต้า เต้าที่มักพบบ่อยและมีการขยายตัวมากคือเต้านมคู่สุดท้าย เต้านมขยายใหญ่ mammary gland hyperplasia พบในระยะไดเอสตรัสที่มีระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนสูงซึ่งเกิดได้ทั้งในแมวที่ตั้งท้อง (pregnancy) และไม่ตั้งท้อง (pseudopregnancy) นอกจากนั้นยังพบรายงานในรายที่ได้รับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจากภายนอก (exogenous progesterone) ที่ใช้เพื่อการคุมกำเนิด (Mayayo et al., 2018)

การขยายของเต้านมจะลดลงสัมพันธ์ตามระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ที่มักลดลงหลังที่คอร์ปัสลูเทียมสลายตัวลงหรือแมวพ้นระยะไดเอสตรัส ยกเว้นว่าแมวท้องจะยังคงมีการขยายต่อตามสรีระเต้านมหลังคลอด การรักษาประกอบด้วย การระงับการสร้างหรือการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ได้แก่ การพ้นระยะไดเอสตรัสตามธรรมชาติ การผ่าตัดทำหมัน (ovariohysterectomy) ในบางตัวที่เต้านมขยายใหญ่มากอาจเลือกเป็นการผ่าตัดทำหมันตำแหน่งข้างลำตัวด้านซ้าย (left flank) และการใช้ยากลุ่มต้านตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (progesterone receptor blocker) (Mayayo et al., 2018) นอกจากนั้นอาจมีการรักษาตามอาการที่เกิดร่วมได้ เช่น ยาบรรเทาปวด ยาลดการอักเสบ ยาปฏิชีวนะกรณีที่เกิดการติดเชื้อแทรกซ้อนของเต้านมที่ขยายเร็วและเกิดการปริแตก การดูแลใส่ปลอกคอหรือเสื้อกันเลีย และการประคบเย็นเพื่อลดการอักเสบหรือการประคบอุ่นเพื่อเพิ่มการไหลเวียนของเลือด (Mayayo et al., 2018) อย่างไรก็ตามก่อนการรักษาควรตรวจยืนยันว่าแมวไม่ได้ตั้งท้อง เนื่องจากทางเลือกในการรักษามีผลต่อระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในร่างกายที่จะทำให้ระงับการตั้งท้องด้วยเช่นกัน (Jurka and Max, 2013)

ปัจจุบันพบว่าแมวมีภาวะเต้านมขยายใหญ่ ชนิด mammary gland hyperplasia มากขึ้น การรักษาโดยการผ่าตัดทำหมันอาจไม่เหมาะกับแมวที่ต้องเป็นแม่พันธุ์ กรณีเคสศึกษานี้แนะนำให้ใช้ยากลุ่มต้านตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (progesterone receptor blocker) เป็นอีกทางเลือกที่ดีและให้ผลการรักษาที่อย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

การชักประวัติ

แมวเพศเมียยังไม่ทำหมัน พันธุ์ผสมสก๊อตทิกซ์โฟลด์และอเมริกันช็อตแฮร์ อายุ 8 เดือน น้ำหนัก 3.4 กิโลกรัม เข้ารับการตรวจที่ศูนย์ระบบสืบพันธุ์ โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ 27 กรกฎาคม 2563 ด้วยปัญหาเต้านมขยายขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วหลังการเป็นสัด จากการชักประวัติเพิ่มเติม แมวเลี้ยงคู่กับแมวตัวเมียอีก 1 ตัว เลี้ยงภายในห้องเป็นระบบปิด ได้รับการทำวัคซีนและโปรแกรมสุขภาพครบและสม่ำเสมอ พบพฤติกรรมการเป็นสัดช่วงเดือนมิถุนายน 2563 ไม่เคยได้รับการฉีดยาคุมกำเนิด และไม่เคยได้รับการผสม กินอาหารได้ปกติ

การตรวจร่างกาย

ผลการตรวจร่างกายทั่วไปปกติ อุณหภูมิร่างกาย 103 องศาฟาเรนไฮต์ คลำตรวจช่องท้องปกติ ไม่พบตัวอ่อนและไม่พบความเจ็บปวด พบเต้านมทุกเต้าขยายขนาด โดยเต้านมคู่อันดับที่ 1-3 ทั้งสองข้าง เป็นลักษณะก้อนกลมเรียบ ประมาณ 2 ซม. และเต้านมคู่อันดับที่ 4 (เต้านมสุดท้าย) ทั้งข้างซ้ายและขวามีขนาดใหญ่จนชิดติดกันและพบลักษณะการอักเสบ ไม่พบน้ำนม แสดงอาการเจ็บเมื่อคลำตรวจบริเวณเต้านมที่ขยายใหญ่เต้านมที่ 4 และไม่พบสิ่งคัดหลั่งหลังจากช่องคลอด ประเมินความเจ็บปวด (pain score) = 1 (McReynolds, 2019)

จากผลการตรวจเบื้องต้นคำวินิจฉัยแยกโรคจากปัญหาเต้านมขยายขนาดใหญ่ ได้แก่ ภาวะเต้านมขยายใหญ่จากการตั้งท้อง, ภาวะเต้านมขยายใหญ่ (mammary gland hyperplasia), เนื้องอกเต้านม (mammary gland tumor), และปัญหาอื่นๆ เช่น ก้อนฝี (abscess), ก้อนสิ่งแปลกปลอม (foreign body), การคั่งเลือด (hematoma), ก้อนเนื้อที่ผิวหนัง (skin tumor)

การตรวจทางคลินิก

ผลการตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมด้วยการตรวจอัลตราซาวด์ (เครื่องอัลตราซาวด์ GE™ LOQICE9 ความถี่ 9-13 เมกะเฮิรตซ์) ที่เต้านมและช่องท้องดังแสดงใน Figs. 1A-1B และ Fig. 2 ตามลำดับ และเจาะเก็บเลือดจากเส้นเลือดขาหน้า (cephalic vein) เพื่อส่งตรวจค่าโลหิตวิทยาและเคมีโลหิตที่แสดงใน Tables 1-2

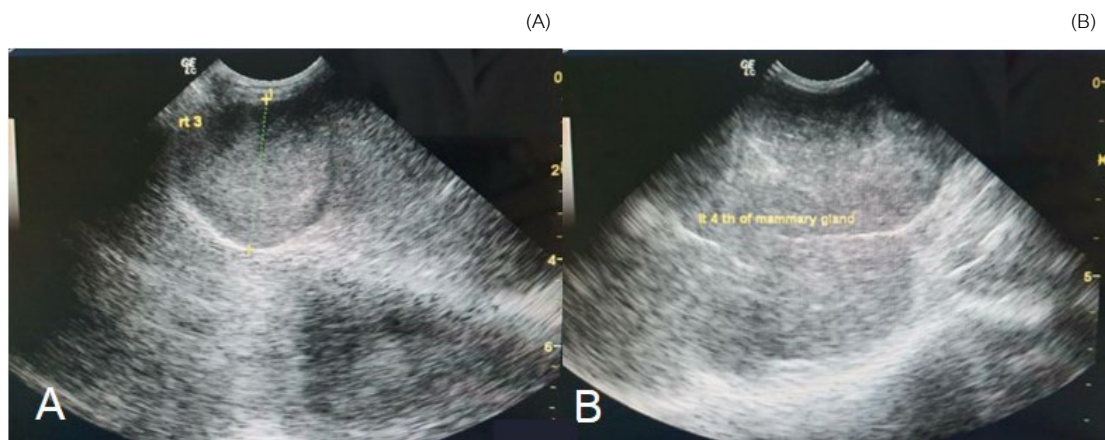


Fig. 1 Ultrasonography finding; Homogeneous echogenicity of the right 3rd (A); and the left 4th (B) of mammary glands parenchyma. Both mammary glands are enlarged



Fig. 2 Transabdominal ultrasonography finding; Small tubular organ is below the urinary bladder at caudal abdomen (arrow). There is no demonstration of fetal sac

Table 1 Hematology results from Auto-Hematology Analysis Synmex™ model XN-10 SN: 37935

Parameter	Result	Unit	Ref. ranges in adult cat
RBC	9.70	10^6 / μ L	4.6-10.2
HGB	12.5	g/dL	10-15
HCT	34.4	%	30-45
MCV	35.46	fL	39-55
MCH	12.89		11.8-1
MCHC	36.34	g/dL	30-36
WBC	8.990	10^3 / μ L	5.50-19.50
Neutrophil	5.124	10^3 / μ L	3.12-12.58
Lymphocyte	1.978	10^3 / μ L	0.73-7.86
Monocyte	0.09	10^3 / μ L	0.07-1.36
Eosinophil	1.708	10^3 / μ L	0.06-1.93
Basophil	0.09	10^3 / μ L	0.00-0.12
Platelet	371	10^3 / μ L	100-518
Reticulocyte	0.16	%	0-1
RDW	19.90		
Absolute reticulocyte count	1.55		
Blood morphology	Crenation		

Table 2 Blood chemistry profiles from ILab™ 650

Blood Chemistry	Result	Unit	Ref. ranges in adult cat
BUN	20	mg/dL	15-34
Creatinine	1.22	mg/dL	0.8-2.4
ALT	42	U/L	12-130

จากผลตรวจอัลตราซาวด์เนื้อเยื่อภายในเต้านมที่ขยายใหญ่ไม่พบลักษณะความผิดปกติของถุงน้ำหรือฝี มดลูกขนาดปกติ ไม่พบถุงตัวอ่อน ผลความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ พบรูปร่างเซลล์ crenation บ่งบอกถึงภาวะขาดน้ำได้ ค่าเคมีโลหิตปกติ

การวินิจฉัย

จากผลการตรวจเพิ่มเติมจึงยืนยันคำวินิจฉัยแมวมีปัญหาเต้านมขยายใหญ่ ชนิด mammary gland hyperplasia และแมวไม่ได้อยู่ในช่วงของการตั้งท้อง ภาวะดังกล่าวมักมีปัจจัยหลักจากระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่สูงขึ้นหลังแมวเกิดการตกไข่ สัตวแพทย์ให้ทางเลือกการรักษาเพื่อลดผลของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนต่อเต้านม ดังนี้ 1) สังเกตอาการต่อเนื่องเมื่อแมวพ้นระยะไดเอสตรัสเต้านมจะลดขนาดลง แต่อาจเกิดภาวะเต้านมอักเสบร่วมกับเป็นแผลแตกที่เต้านม 2) ผ่าตัดทำหมันนำรังไข่และมดลูกออก (ovariohysterectomy) เพื่อลดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน โดยเปิดตำแหน่งด้านข้างฝั่งซ้ายของลำตัว 3) การใช้ยากลุ่มต้านตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Gogny and Fiéni, 2016)

แนวทางการรักษา

เจ้าของเลือกเป็นการรักษาแบบที่ 1 สัตวแพทย์จึงให้ยาลดการอักเสบ Tolfenamic acid 60 มก. (Tolfidine™) ขนาดยา 4 มก./ก.ก. วันละครั้ง ต่อเนื่อง 4 วัน ร่วมกับแนะนำให้การประคบเย็นลดการอักเสบสลับกับการประคบร้อนให้เลือดกลับมาไหลเวียนได้ดีและใส่เสื้อป้องกันการเลียเต้านม

สามวันหลังการรักษา (วันที่ 30 กรกฎาคม 2563) แมวได้กลับมาตรวจติดตามอาการ พบความเปลี่ยนแปลงของน้ำนมที่เพิ่มขึ้นประมาณ 700 กรัม (น้ำนม 4.16 ก.ก.) และเต้านมที่ขยายขนาดมากขึ้น โดยที่เจ้าของแมวสามารถบ้วนยาลดอักเสบ ประคบเต้านมและใส่เสื้อกันเลียเต้านมได้ตามคำแนะนำทุกประการ ผลการตรวจร่างกายพบเต้านมทุกเต้าขยายใหญ่ เต้าที่ขยายขนาดอย่างชัดเจนคือเต้านมคู่ 4 ขนาด 2 เต้าวัดรวม 7 ซม. เต้านมมีลักษณะร้อน บวม แดง และเจ็บขณะตรวจคลำ ตรวจระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจากเลือดได้ 7.35 นก./มล. จากลักษณะเต้านมที่ขยายขนาดอย่างรวดเร็วและสร้างความไม่สบายตัว เจ้าของปรับเลือกการรักษาโดยการใช้ยาอะกิลพิริสโตนที่เป็นยากลุ่มต้านตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Alizine™) โดยให้ยาขนาด 10 มก./กก. ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนังวันละ 1 ครั้ง โดยฉีดในวันที่ 1, 2, 3 และ 4 ร่วมกับให้ยาปฏิชีวนะ Amoxicillin-Clavulanic acid (Clavamox™) ขนาดยา 15 มก./กก. บ้วนวันละ 2 เวลา กินติดต่อกัน 7 วัน และ ยาลดการอักเสบ Tolfenamic acid 60 มก. (Tolfidine™) ขนาดยา 4 มก./กก. บ้วนวันละ 1 ครั้ง กินติดต่อกัน 4 วัน

ผลและวิจารณ์ผลการรักษา

ผลการรักษาภาวะเต้านมขยายใหญ่ Mammary gland hyperplasia ด้วยยาอะกิลพิริสโตน พบว่าเต้านมลดขนาดลงและบรรเทาอาการปวดและไม่สบายตัวได้อย่างชัดเจน โดยลักษณะและขนาดเต้านมในวันที่ 1, 2, 3, 4 (Fig. 3)

และ 7 วัน ของการรักษา (Fig. 4) ด้วยอะกลีพริสโตน โดยพบเต้านมลดขนาดลงอย่างต่อเนื่อง ผลเซลล์เยื่อบุช่องคลอดบ่งบอกว่าอยู่ในระยะไดเอสตรัส โดยมีระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนเท่ากับ 26.17 นก./มล.



Fig. 3 Comparison of mammary glands' characteristic and size on days 1, 2, 3 and 4 of feline mammary gland hyperplasia during aglepristone treatment



Fig. 4 Mammary glands' characteristic and size after 7 days of feline mammary gland hyperplasia treatment by aglepristone

เต้านมขยายใหญ่เกิดได้จากหลายปัจจัยและมีการแยกวินิจฉัยได้หลายโรค ดังนั้นการเก็บข้อมูลจากการซักประวัติที่ละเอียดครบถ้วน ตลอดจนการตรวจวินิจฉัยเพิ่มเติมเพื่อได้การยืนยันคำวินิจฉัยก่อนการรักษาเพื่อให้การรักษาถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เต้านมขยายใหญ่ชนิด mammary gland hyperplasia พบมากในแมวอายุน้อย ช่วงเป็นสัดรอบแรกๆ หลังสัดหากแมวเข้าสู่ระยะไดเอสตรัสเต้านมจะได้รับการยับยั้งจากฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน นำแปลกแม้ว่าแมวจะเป็นสัตว์ชนิดที่ต้องได้รับการกระตุ้นให้เกิดการตกไข่จากการผสม (induced ovulation) ในปัจจุบันพบว่าแมวบางส่วนสามารถตกไข่ได้ตามธรรมชาติ (spontaneous ovulation) ซึ่งทำให้แมวเข้าสู่ระยะไดเอสตรัสได้แม้ไม่มีประวัติการได้รับการผสมมาก่อน กรณีตัวอย่างสัตว์ป่วยนี้เป็นตัวอย่างแมวสาวที่เกิดการตกไข่เอง (spontaneous ovulation) อย่างไรก็ดี

ก่อนเลือกการรักษาควรจะต้องยืนยันว่าแมวไม่ได้ตั้งท้อง เนื่องจากผลการรักษามักมีผลต่อการระงับอิทธิพลของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่เป็นทั้งปัจจัยหลักของเต้านมที่เจริญเร็วและยังเป็นฮอร์โมนที่ดำรงการตั้งท้อง ซึ่งหากขาดไปมีผลต่อการแท้งลูกได้

ขบวนการเกิดเต้านมขยายใหญ่แบบ mammary gland hyperplasia ปัจจัยหลักจากความไวของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนต่อ local growth hormone ของเต้านม ทำให้มีผลในการเจริญของเซลล์เต้านมอย่างรวดเร็วและสัมพันธ์กับอาการทางคลินิกที่พบว่าเต้านมขยายขนาดอย่างรวดเร็ว ซึ่งต่างกับการเจริญของเซลล์เนื้ออกที่ระยะแรกมักเจริญช้าสังเกตไม่ชัดเจนและมักพบในกลุ่มแมวอายุมากและไม่จำเพาะต่อระยะที่มีอิทธิพลจากฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Mayayo et al., 2018)

นอกจากนั้นแล้วในกรณีศึกษาที่ไม่ตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะและยาลดอักเสบกลุ่มที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDs) เนื่องจากการขยายขนาดอย่างรวดเร็วของเต้านมนั้นไม่ได้มาจากการอักเสบและการติดเชื้อ แต่เป็นรูปแบบการเจริญของ mammary gland hyperplasia จึงเห็นสมควรว่าควรรักษาด้วยการลดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน น่าจะเป็นวิธีที่ดีกว่า กรณีที่ไม่มีอะกลีฟริสโตน อาจแนะนำการทำหมันเพื่อตัดรังไข่ออกที่เป็นแหล่งการสร้างฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อจำกัดในแมวที่เป็นแม่พันธุ์และยังต้องการตั้งท้องในรอบถัดไปหลังรักษาเต้านมหายแล้ว นอกจากนี้การเสื่อมสลายตามธรรมชาติของคอร์ติซอลเทียมในร่างกายใช้เวลาประมาณ 45 วัน หากการลดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนตามธรรมชาติอาจจะต้องแจ้งข้อมูลการเจริญของเต้านมหรือภาวะแทรกซ้อนที่เต้านมเกิดแผลปริ การติดเชื้อและอักเสบตามมาได้ เนื่องจากผลต่อเต้านมยุบตัวใช้เวลาหลายสัปดาห์และตอบสนองหลากหลายในแมวแต่ละตัว

การใช้อะกลีฟริสโตนในการรักษาเต้านมขยายใหญ่มีหลายวิธีการ ได้แก่ 1) ให้ยาขนาด 10 มก./กก. ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนัง วันที่ 1, 2 และ 7 และซ้ำทุกสัปดาห์ นาน 4-6 สัปดาห์จนกว่าเต้านมจะลดขนาดลง 2) ให้ยาขนาด 20 มก./กก. ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนัง ทุกสัปดาห์ นาน 4-6 สัปดาห์จนกว่าเต้านมจะลดขนาดลง และ 3) ให้ยาขนาด 10 มก./กก. ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนัง วันที่ 1, 2, 3, 4 และ 9 และสังเกตอาการ (Virbac, 2010; Gogny and Fiéni, 2016) ในกรณีศึกษาที่เลือกใช้ แบบที่ 3 เนื่องจากเต้านมมีการเจริญใหญ่ขึ้นอย่างรวดเร็วและเจ้าของสัตว์ให้ความร่วมมือในการพาแมวตรวจรักษาอย่างต่อเนื่องทุกวัน และผลการรักษาชัดเจนในวันที่ 7 ทำให้ไม่ได้มีการฉีดยาต่อในวันที่ 9 นอกจากนี้กรณีการศึกษานี้ได้แสดงผลการใช้อะกลีฟริสโตนไม่มีผลต่อการลดระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนหลังการรักษาแต่มีผลหลักต่อการขาดวางตัวรับฮอร์โมนในระดับเซลล์ที่เซลล์เต้านมเป็นหลัก (Payan, 2013; Gogny and Fiéni, 2016)

แม้ว่าการรักษาด้วยอะกลีฟริสโตนเป็นทางเลือกที่ดีต่อการรักษาเต้านมขยายใหญ่แบบ mammary gland hyperplasia ในรายที่ยังไม่อยากทำหมันหรือต้องการให้แมวเป็นแม่พันธุ์ อย่างไรก็ตามการกลับสัดและเกิดระยะไดเอสตรัสในระยะสัดถัดไปก็อาจกลับเกิดปัญหาเดิมได้เช่นเดียวกัน ในแมวที่มีอาการขยายใหญ่ที่รุนแรงมากหลังการรักษาเต้านมแล้วมักได้รับคำแนะนำให้ผ่าตัดทำหมันเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคซ้ำ

สรุป

การรักษาด้วยยาอะกลีฟริสโตน ฉีดเข้าชั้นใต้ผิวหนัง ขนาด 10 มก./กก. วันที่ 1-4 ผลการรักษาพบว่าเต้านมลดขนาดลงอย่างชัดเจนภายใน 1 สัปดาห์ อะกลีฟริสโตนออกฤทธิ์แย่งจับตัวรับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนที่เนื้อเยื่อเต้านมได้อย่างรวดเร็ว มีผลหยุดการเจริญของเนื้อเยื่อภายในเต้านม mammary gland hyperplasia ทำให้ขนาดเต้านมยุบลง

กิตติกรรมประกาศ

เจ้าของสัตว์และสัตว์ป่วยให้ความร่วมมือการรักษาและเฝ้าอำนวยภาพสัตว์ป่วย คลินิกบ้านขึ้นรักรักษาสัตว์
เื้อเพื่อข้อมูลบางส่วนระหว่างการรักษา สพ.ญ. ภัคสุภา ปลีหะจินดา, สพ.ญ. วิภาสิฐนี หวันหมัด,
สป.ญ. กวิสรา จันทร์ดา, สพ.ญ.จิตติกานต์ คูดิษฐาเลิศ และ สพ.ญ.พีรยา ชพานนท์ ผู้ช่วยรวบรวมข้อมูลกรณีศึกษา
ขณะที่ศึกษาสัตวแพทยศาสตรบัณฑิต ชั้นปีที่ 6 คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ
น.ส. จิตติมาภรณ์ จันทศิลา ผู้ช่วยอ่านพิสูจน์อักษรของบทความ

เอกสารอ้างอิง

- Gogny, A., Fiéni, F. 2016. Aglepristone: A review on its clinical use in animals. *Theriogenology* 85: 555–566.
- Görlinger, S., Kooistra, H., van den Broek, A., Okkens, A. 2002. Treatment of fibroadenomatous hyperplasia in cats with aglépristone. *J. Vet. Intern. Med.* 16: 710–713.
- Jurka, P., Max, A. 2013. Treatment of fibroadenomatosis in 14 cats with aglepristone– changes in blood parameters and follow-up. *Vet. Rec.* 165: 657–660.
- Mayayo, S.L., Bo, S., Pisu, M.C. 2018. Mammary fibroadenomatous hyperplasia in a male cat. *JFMS Open Rep.* 4: 2055116918760155.
- McReynolds, T. 2019. New Feline Pain Scale Interprets Pain from Cats' Facial Expressions. <https://www.aaha.org/publications/newstat/articles/2019-092/new-feline-pain-scale-interprets-pain-from-cats-facial-expressions/#:~:text=A%20score%20of%200%20means,in%20pain%20and%20needs%20analgesia>, 21 January 2021.
- Nelson, R.W., Couto, C.G. 2014. *Small Animal Internal Medicine*. Elsevier/Mosby. Missouri, MO, USA.
- Payan-Carreira, R. 2013. Feline Mammary Fibroepithelial Hyperplasia: A Clinical Approach. *Insights from Veterinary Medicine*. IntechOpen. London, UK.
- Virbac Animal Health. 2010. Aglepristone Scientific Update 2010.

สาขาประมง
(Subject: Fisheries)

ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)

การศึกษาเบื้องต้นการเลี้ยงปลากะพงแดง (*Lutjanus argentimaculatus*) ในบ่อดินเพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกัน (เลี้ยงแบบเดี่ยว และแบบผสมผสาน)

Preliminary study on red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) rearing for broodstock production at different culture system (Monoculture and Polyculture)

อนรรักษ์ สุขดารา*, รุ่งทิวา คนสันทัด, วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม

Anurak sookdara*, Rungtiwa konsantad, Wasana Arkronrat, Vuttichai Oniam

สถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระจับปี่ 77000

Klongwan Fisheries Research Station, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: anurak.so@ku.th

บทคัดย่อ

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงแดง (*Lutjanus argentimaculatus*) ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกัน 2 รูปแบบ คือ เลี้ยงแบบเดี่ยว และเลี้ยงแบบผสมผสาน โดยปล่อยปลาที่อัตรา 200 ตัว/ไร่ เลี้ยงนาน 150 วัน ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวลำตัวและน้ำหนักตัวของปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงเดี่ยวสูงกว่าของปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงแบบผสมผสานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง นอกจากนี้ผลการศึกษาคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองของบ่อเลี้ยงเดี่ยว และแบบผสมผสาน พบว่า ค่าความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นด่างของน้ำ มีความแตกต่างกัน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปลากะพงแดงที่เลี้ยงแบบเดี่ยวมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเลี้ยงแบบผสมผสาน หรือมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงเพื่อการผลิตพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, การเลี้ยง, ปลากะพงแดง

Abstract

Study on the growth rate of red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) with two different culture systems, namely; monoculture and polyculture, at a fish density of 200 fish/1,600 m² for 150 days. The results showed that growth rate (body length and body weight) of red snapper in the former pond was significantly higher than in the latter pond. In addition, the results of water quality in this study showed that water salinity, temperature, pH, ammonia and nitrite did not significantly differ between both ponds among monoculture and polyculture ponds. But the dissolved oxygen and alkalinity contents were different between groups. This study indicated that raised in monoculture system had better growth rates than in polyculture system. It's suitable for rearing to breeder production in the further.

Keywords: Growth, Rearing, Red snapper

บทนำ

ปลากะพงแดงหรือปลากะพงแดงป่าชายเลน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Lutjanus argentimaculatus*) เป็นปลากินเนื้อมีรูปร่างและลำตัวแบน พบชุกชุมในบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย และชายฝั่งมหาสมุทรอินเดีย (พูนสิน และสุพจน์ 2520) สามารถพบปลากะพงแดงได้ทั่วไปตั้งแต่เขตน้ำกร่อย จนกระทั่งตอนปลายของแม่น้ำที่มีอิทธิพลของน้ำทะเล เมื่อเจริญเติบโตจะอพยพไปยังบริเวณแนวปะการังน้ำลึก และสามารถพบได้ที่ระดับน้ำลึกกว่า 100 เมตร (Allen, 1985) เป็นปลาทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิคมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย แต่ปริมาณที่จับได้จากธรรมชาติยังมีน้อย ปริมาณไม่แน่นอนตลาดมีความต้องการสูง การเพาะเลี้ยงปลากะพงแดงจึงมีบทบาทในการแก้ปัญหาการขาดแคลนได้ (ธานินทร์, 2539) แต่ปัจจุบันมีความต้องการปลากะพงแดงขนาดใหญ่มากขึ้นในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (Anderson and Allen, 2001) การหาพันธุ์ปลากะพงแดงเกือบทั้งหมดได้มาจากการจับจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งหมด (Chou and Lee, 1997) การจับปลากะพงแดงตามฤดูกาลเพียงอย่างเดียวส่งผลให้เกิดความไม่ยั่งยืน ทำให้ประชากรปลากะพงแดงตามธรรมชาติมีจำนวนประชากรลดลงจากการจับเพียงอย่างเดียว (Doi et al., 1997) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการพัฒนาแนวทางการเพาะเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อบริหารจัดการทรัพยากรในธรรมชาติและลดอัตราการจับปลากะพงแดงในธรรมชาติ (Vo and James, 2017)

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงปลากะพงแดงในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จมากเท่าที่ควร การหาลูกพันธุ์ปลากะพงแดงเพื่อนำมาเลี้ยงให้เป็นปลาที่มีขนาดที่ตลาดต้องการต้องอาศัยการจับจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกันกับการจับปลากะพงแดงขนาดใหญ่ในเขตน้ำลึก แต่เนื่องจากการผลิตพ่อแม่พันธุ์ปลากะพงแดงค่อนข้างใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงค่อนข้างนานซึ่งอาจใช้เวลา 2-3 ปี (Coniza et al., 2012) ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในเชิงวิชาการสำหรับต่อยอดขยายผลไปถึงการบริหารจัดการการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดินเพื่อผลิตเป็นพ่อแม่พันธุ์ การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของการเลี้ยงปลากะพงแดงในรูปแบบการเลี้ยงแบบชนิดเดียว (Monoculture) และแบบผสมผสาน (Polyculture) เพื่อเป็นแนวทางในการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดินสำหรับผลิตพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงแดงที่เลี้ยงในบ่อดินแบบเดี่ยวและแบบผสมผสาน

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงแดง (*Lutjanus argentimaculatus*) ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกันโดยแบ่งรูปแบบการเลี้ยงออกเป็น 2 รูปแบบ คือ เลี้ยงแบบเดี่ยว (Monoculture) และเลี้ยงแบบผสมผสาน (Polyculture) ปล่อยปลาที่อัตรา 200 ตัว/ไร่ เลี้ยงนาน 150 วัน บันทึกผลอัตราการเจริญเติบโตทุก 15 วัน โดยสุ่มซึ่งวัดตัวอย่างปลาครั้งละ 20 ตัว ($n = 20$)

การเตรียมบ่อทดลอง

เตรียมบ่อดินขนาด 1 ไร่ จำนวน 2 บ่อ โดยทำการสูบน้ำออกจนแห้ง แล้วโรยปูนขาว 30 กิโลกรัม/ไร่ ตากบ่อทิ้งไว้ 5-7 วัน กั้นคอกภายในบ่อขนาดประมาณ 5×10 ตารางเมตร แล้วเติมน้ำลงบ่อประมาณ 30 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ประมาณ 1 สัปดาห์ จึงเติมน้ำลงบ่อจนเต็ม จากนั้นติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบใบพัดตีน้ำบ่อทดลองละ 1 เครื่อง

วิธีการดำเนินงาน

นำพันธุ์ปลากะพงแดงที่รวบรวมจากธรรมชาติโดยชาวประมงพื้นบ้านในพื้นที่จังหวัดระนอง มาพักภายในโรงเพาะฟักของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 3 วัน เพื่อปรับสภาพปลาก่อนปล่อยลงเลี้ยงในบ่อทดลอง โดยช่วงแรกจะปล่อยปลาลงในคอกที่กั้นไว้ภายในบ่อทดลองทั้ง 2 บ่อ (บ่อละ 200 ตัว) เพื่อฝึกให้มีพฤติกรรมและความเคยชินกับจุดที่ให้อาหารประจำ โดยบ่อเลี้ยงแบบเดี่ยวจะมีเฉพาะปลากะพงแดง ส่วนบ่อเลี้ยงแบบผสมผสานจะเลี้ยงปลากะพงแดงร่วมกับปูทะเล (*Scylla spp.*) จำนวน 800 ตัว

การให้อาหารปลากะพงแดงในบ่อทดลองจะให้ปลาเปิดสัด ที่อัตราประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 1 มื้อ เวลาประมาณ 9.00 น. โดยในช่วง 15 วันแรก เลี้ยงปลาในคอก จากนั้นเปิดคอกปล่อยปลาในคอกออกสู่อบ่อเลี้ยง เลี้ยงนาน 150 วัน สุ่มประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลากะพงแดงที่เลี้ยงจำนวน 20 ตัว ทุก 15 วัน โดยเก็บข้อมูล ความยาวทั้งหมดของปลา (total length) วัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ไม่บรรทัด และสายวัดความยาวตามลำดับ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของปลาที่เพิ่มขึ้น) และชั่งน้ำหนักตัวปลา (body weight) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง (SUNFORD รุ่น KAH5000S)

ระหว่างการเลี้ยงเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในบ่อทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง (50%) และวิเคราะห์คุณภาพน้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ด้วยเครื่องมือ และวิธีการดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity refractometer (Primatech) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และอุณหภูมิของน้ำวัดด้วย DO meter (YSI 550A) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำวัดด้วย pH meter (Cyber Scan pH 11) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 200 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และความเป็นต่างภายในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐานของ APHA et al. (2017) ได้แก่ Koroleff's indophenol blue method, Colorimetric method และ Titration method ตามลำดับ สำหรับการวัดการดูดกลืนคลื่นแสงในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำวัดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (i5 uv-vis Hanon Spectrophotometer)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลที่ได้ด้วยวิธี Independent sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์และประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows (version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)

ผลการศึกษา

จากการศึกษาการเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินที่รูปแบบการเลี้ยงแบบชนิดเดี่ยวและแบบผสมผสาน โดยปล่อยปลาที่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 22.81 ± 2.38 และ 21.71 ± 4.67 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 170.67 ± 55.14 และ 167.46 ± 79.50 กรัม ตามลำดับ เลี้ยงนาน 150 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวและน้ำหนักตัวของปลากะพงแดงที่เลี้ยงในบ่อดินแบบเลี้ยงเดี่ยวสูงกว่าปลาที่เลี้ยงแบบผสมผสานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่ที่ระยะเวลาการเลี้ยง 15 วัน ขึ้นไป ดังแสดงใน Fig. 1 และ Table 1

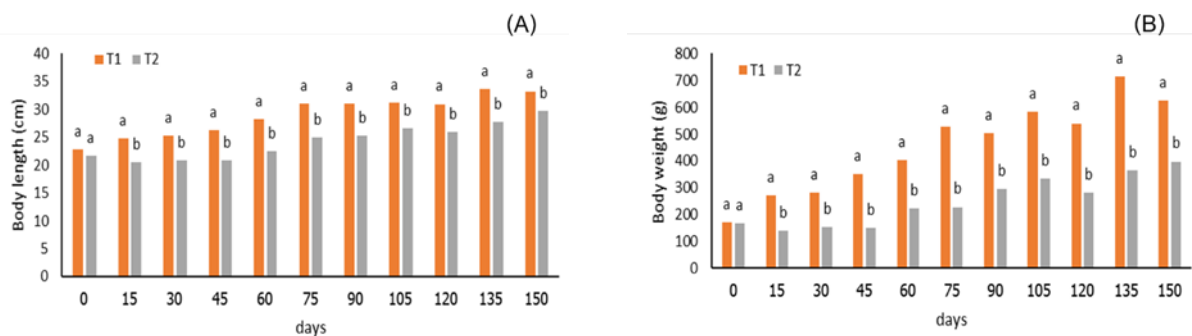


Fig. 1 Growth of red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) in monoculture (T1) and polyculture (T2) at 150 days: (A) body length; (B) body weight of red snapper in earthen ponds

Table 1 Growth of red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) in monoculture (T1) and polyculture (T2) at 150 days

Days	Average body length (cm)		Average body weight (g)	
	T1	T2	T1	T2
0	22.81±2.38 ^a	21.71±4.67 ^a	170.67±55.14 ^a	167.46±79.50 ^a
15	24.80±2.46 ^a	20.54±2.66 ^b	271.69±72.43 ^a	138.57±50.36 ^b
30	25.26±2.08 ^a	20.88±3.04 ^b	281.51±77.96 ^a	152.24±58.49 ^b
45	26.27±3.41 ^a	20.89±2.20 ^b	349.71±113.83 ^a	149.39±53.71 ^b
60	28.26±3.05 ^a	22.44±2.71 ^b	401.99±122.52 ^a	221.86±74.64 ^b
75	31.01±2.15 ^a	24.93±2.36 ^b	527.47±114.30 ^a	227.89±83.81 ^b
90	31.00±2.74 ^a	25.27±3.29 ^b	502.26±132.31 ^a	296.10±124.36 ^b
105	31.15±2.16 ^a	26.60±3.69 ^b	583.22±135.14 ^a	333.50±104.65 ^b
120	30.94±2.75 ^a	25.89±2.89 ^b	539.47±149.86 ^a	281.78±96.00 ^b
135	33.59±2.53 ^a	27.73±2.96 ^b	714.58±161.04 ^a	365.03±104.60 ^b
150	33.25±3.10 ^a	29.76±2.13 ^b	624.13±175.84 ^a	397.69±94.38 ^b

Note: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

ผลของคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินแบบชนิดเดี่ยวและแบบผสมผสาน ที่ระยะเวลาในการเลี้ยง 150 วัน เมื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า คุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดินแบบเดี่ยวและแบบผสมผสานมีค่าความเค็มของน้ำ 35.20 ± 1.91 และ 34.68 ± 2.24 ppt อุณหภูมิ 30.61 ± 1.27 และ 30.45 ± 1.13 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 8.75 ± 0.21 และ 8.76 ± 0.18 ปริมาณแอมโมเนียรวม 0.09 ± 0.12 และ 0.08 ± 0.130 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนโตรเจน 0.00 ± 0.04 และ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 35.20 ± 1.91 และ 34.68 ± 2.24 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเป็นด่างของน้ำ 128.42 ± 30.19 และ 153.48 ± 27.52 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Water quality of red snapper red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) in monoculture (T1) and polyculture (T2) at 150 days

Water qualities	Tretment	
	T1	T2
Salinity (ppt)	35.20±1.91 ^a	34.68±2.24 ^a
DO (mg/l)	3.75±0.77 ^b	4.33±1.01 ^a
Temp. (°C)	30.61±1.27 ^a	30.45±1.13 ^a
pH	8.75±0.21 ^a	8.76±0.18 ^a
Ammonia (mg/l)	0.09±0.12 ^a	0.08±0.13 ^a
Nitrite (mg/l)	0.00±0.04 ^a	0.00±0.00 ^a
Alkalinity (mg/l)	128.42±30.19 ^b	153.48±27.52 ^a

Note: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาการเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินแบบชนิดเดี่ยวและแบบผสมผสาน เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงระยะเวลา 150 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตด้านความยาวลำตัวและน้ำหนักตัวเริ่มต้นของปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงเดี่ยวและบ่อเลี้ยงผสมผสาน ในช่วงเริ่มต้นสามารถเลือกปล่อยปลาลงเลี้ยงในบ่อได้ทั้งสองรูปแบบ ($p > 0.05$) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การเจริญเติบโตของปลากะพงแดงหลังปล่อยลงเลี้ยงในบ่อเลี้ยงเดี่ยวมีการเจริญเติบโตด้านความยาวลำตัวและน้ำหนักตัว ในช่วงเวลาทุก 15 วัน มีการเจริญเติบโตดีกว่า บ่อเลี้ยงแบบผสมผสาน เนื่องจากบ่อเลี้ยงแบบผสมได้ปล่อยปลากะพงแดงที่มีขนาดเล็กกว่าปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงเดี่ยว และถูกสัตว์น้ำชนิดอื่นภายในบ่อแย่งอาหาร ทำให้การเจริญเติบโตของปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงแบบผสมเจริญเติบโตได้ค่อนข้างน้อยกว่าบ่อเลี้ยงเดี่ยว ($p < 0.05$) ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Monwar et al. (2013) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวร่วมกับปลานิล ในอัตรา 1:4, 1:5 และ 1:6 ในบ่อดินบริเวณชายฝั่ง และไม่ให้อาหาร พบว่าปลากะพงขาวมีขนาดที่หลากหลายเนื่องจากปริมาณปลานิลไม่เพียงพอสำหรับเป็นอาหารของปลากะพงขาว ส่วนชุดการทดลองที่เลี้ยงร่วมกับปลานิลและให้อาหารทุกวัน เหมือนปลากะพงขาวแบบเลี้ยงเดี่ยว แต่มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดน้อยกว่า เนื่องจากปลากะพงขาวแบบเลี้ยงเดี่ยว ได้รับอาหารปลาทะเลที่มีโปรตีนสูง 47.5% ซึ่งตรงกับความต้องการของปลากะพงขาว จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการตายสูงกว่า Wechakama et al. (2012) การเลี้ยงปลากะพงขาวร่วมกับการเลี้ยงปลานิล มีอัตราความหนาแน่นเท่ากับ 1.8 ตัว/ตารางเมตร จะได้ผลผลิตมากกว่าการเลี้ยงปลากะพงขาวแบบเดี่ยว ที่มีอัตราความหนาแน่นเพียง 1 ตัวต่อตารางเมตร ซึ่งการเลี้ยงปลาในอัตราที่หนาแน่นสูงจะเป็นการเพิ่มการแย่งอาหาร และแย่งพื้นที่ มีผลทำให้ปลาเกิดความเครียดเพิ่มขึ้น ใช้พลังงานมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง Ferderick et al. (2021) รายงานว่าความหนาแน่นในการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดิน จะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงแดง แต่อัตรารอดของปลากะพงแดงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงน้ำกร่อย Froese and Pauly (2019) สภาพแวดล้อมที่หนาแน่นของปลากะพงแดงที่มากขึ้นจนทำให้ปลาเกิดสภาวะเครียดและอาจทำให้ปลาเกิดพฤติกรรมก้าวร้าว อีกทั้งปลาที่มีขนาดเล็กกว่าจะไม่สามารถแย่งอาหารปลาที่มีขนาดใหญ่กว่าจึงส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลากะพงแดง Barton (2002) รายงานว่าการกินอาหารของปลากะพงมีปริมาณการกินที่ลดลงจากปลาที่

มีขนาดเล็ก เนื่องจากพฤติกรรมก้าวร้าวของปลาที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ความหนาแน่น 1 ตัวต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร และปลา 3 ตัวต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร ส่งผลให้การกินอาหารของปลากะพงแดงที่มีขนาดใหญ่กินอาหารมากขึ้น

นอกจากนี้ ผลของคุณภาพน้ำระหว่างการทดลองเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินแบบเดี่ยวและแบบผสมผสาน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นต่างของน้ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำเนื่องจากคุณภาพน้ำแต่ละค่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สอดคล้องกับ ฝ่ายคุณภาพน้ำ (2534) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง บางช่วงอาจมีการผันแปรของสภาพอากาศ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและความเป็นต่างของน้ำมีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปผลได้ว่า อัตราการเจริญเติบโตในด้านความยาวลำตัวและน้ำหนักตัวของปลากะพงแดงในช่วงเริ่มต้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงแดงสามารถเลือกปล่อยปลากะพงแดงลงเลี้ยงในบ่อดินได้ทั้งสองรูปแบบ แต่ระยะเวลาในการเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงเดี่ยวจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าปลากะพงแดงในบ่อเลี้ยงแบบผสมผสาน เนื่องจากว่าการเลี้ยงแบบเดี่ยว ปลาไม่ถูกรบกวน และไม่ถูกแย่งอาหารจากสัตว์น้ำชนิดอื่นที่อยู่ในบ่อ เมื่อเทียบกับการเลี้ยงแบบผสมผสาน และคุณภาพน้ำในระหว่างการเลี้ยงปลากะพงแดงทั้งสองรูปแบบอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลากะพงแดง

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาและรายงานผลเรื่องอัตราการรอดตายของการเลี้ยงปลากะพงแดง ที่อายุการเลี้ยง 150 วัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าเป้าหมายของการเลี้ยงครั้งนี้ เลี้ยงเพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์ปลาในบ่อดินซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนาน ประมาณ 2 ปีขึ้นไป เช่นเดียวกับการเลี้ยงปลากะพงขาว เพื่อผลิตเป็นพ่อแม่พันธุ์ (ทวี และคณะ 2546; Coniza et al., 2012) ซึ่งการศึกษานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการพิจารณาว่าควรเลี้ยงปลากะพงแดงในบ่อดินรูปแบบไหน ระหว่างการเลี้ยงแบบเดี่ยวกับการเลี้ยงแบบผสมผสาน เพื่อเป็นต้นแบบในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปลากะพงแดงต่อไป ผู้วิจัยจึงมีการรายงานเพียงผลของรูปแบบการเลี้ยงต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลาเท่านั้น อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านอัตราการรอดตายของปลากะพงแดงที่เลี้ยงในบ่อดิน เป็นประเด็นวิจัยที่สำคัญและควรมีการศึกษาในลำดับต่อไป เพื่อความสมบูรณ์ขององค์ความรู้ด้านการเลี้ยงปลากะพงแดงเพื่อผลิตพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดิน

เอกสารอ้างอิง

ทวี จินตามัยกุล, โกวิทย์ เก้าเอี้ยน, ฉัตรชัย พลายละหาร. 2546. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์และการเพาะพันธุ์ปลากะพงแดง.

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 26/2546. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งพังงา, ชายฝั่ง, กรมประมง.

ธานินทร์ สิงห์ไกรวรรณ. 2539. การศึกษาเพื่อผลิตพันธุ์ปลากะพงแดงแบบกึ่งพัฒนาในบ่อดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่

56. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, กองประมง, กรมประมง.

ฝ่ายคุณภาพน้ำ. 2534. มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. ฝ่ายคุณภาพน้ำ, กองมาตรฐานคุณภาพน้ำสิ่งแวดล้อม,

สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

พูนสิน พานิชสุข, สุพจน์ จึงแย้มปิ่น. 2520. การเลี้ยงปลากะพงแดงน้ำกร่อย. สถานีประมงทะเลจังหวัดสงขลา, กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง.

Allen, G.R. 1985. *Lujanus argentimaculatus* (Forsskal, 1775). In: FAO species catalogue, Vol. 6 Snappers of the world. pp. 58–60.

- Anderson, W.D., Allen, G.R. 2001. FOA species identification guide for fishery purposes. In: Carpenter, K.E. and Niem, V.H. (Eds.). The living marine resources of The Western Central Pacific – Bonyfishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 2791–3380.
- APHA, AWWA, WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Barton, B.A. 2002. Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integ. Comp. Biol.* 42(3): 517–525.
- Chou, R., Lee, H.G. 1997. Commercial marine fish farming in Singapore. *Aquac. Res.* 28: 767–776.
- Coniza, E.B., Catacutan, M.R., Caballero, P.A. 2012. Grow-outculture mangrove red snapper (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal, 1775) in the ponds. In: Aquaculture Extension Manual no. 54. Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Doi, M., Ohon, A., Kohon, H., Teki, Y., Singhagraiwan, T. (1997). Development of feeding ability in red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) early larvae. *Fish. Sci.* 63: 845–853.
- Federick, B.M., Myleen L.M., Myla C.M., Marria M.M. 2021. Growth performance of the mangrove red snapper (*Lutjanus argentimaculatus*) in freshwater pond comparing low stocking densities and three feed types. *Philipp. J. Fish* 28(1): 1–17.
- Froese, R., Pauly D. 2019. Lutjanidae gill, 1896. In: World Register of Marine Species.
- Monwar, M.M., Saker, R.A., Das, N.G. 2013. Polyculture of sea bass with tilapia for the utilization of brown fields in the coastal areas of Cox's Bazar, Bangladesh. *Int. J. Fish. Aquacult.* 56(6): 104–109.
- Vo, V.C., James D.T. 2017. Recruitment and habitat ecology of juvenile mangrove red snapper (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal, 1775) in central Vietnam. *Int J. Fish. Aquat. Stud.* 5(6): 103–107.
- Weachakama, T., Oniam, V., Arkronrat, W., Orachuno, R. 2012. Cost-benefit analysis of seabass culture: Case study of seabass culture in Prachuap Khiri Khan Province. *Journal of Fisheries Technology Research* 6(1): 103–114.

การเลี้ยงแม่ปูทะเล (*Scylla spp.*) ไซในกระดองระยะที่ 2 ไปสู่ระยะที่ 4 ด้วยรูปแบบการเลี้ยงแบบเดี่ยวและรวม

Female mud crabs (*Scylla spp.*) rearing with inner ovary stage II to IV at individual and combined cultures

รุ่งทิwa คนสันต์^{a,*}, อนรรักษ์ สุขคารา^a, วาสนา อากรรัตน์^a, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม^a, จิตมา สุวรรณมาลา^b

Rungtiwa konsantad^{a,*}, Anurak sookdara^a, Wasana Arkronrat^a, Vuttichai Oniam^a, Jitima Suwanmala^b

^aสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระจับปี่ 77000

^bสาขาวิชาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

^aKlongwan Fisheries Resesrch Station, Faculty of Fishereies, Kasetsart University, Prachuap Khiri Khan 77000, Thailand

^bDepartment of Agricultural and Fishery Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: rungtiwa0014@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเลี้ยงแม่ปูทะเล (*Scylla spp.*) ที่มีไซในกระดองระยะที่ 2 ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกันเพื่อผลิตแม่ปูไซระยะที่ 4 รวมไปถึงศึกษาอัตราการรอดตาย และจำนวนวันของการพัฒนาการไซในกระดองของปูแม่ทะเล โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ เลี้ยงแม่ปูทะเลไซในกระดองในสภาพการเลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกกลม (T1) เลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตราความหนาแน่น 3 ตัวต่อตารางเมตร (T2) และเลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตรา 5 ตัวต่อตารางเมตร (T3) ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ เลี้ยงนาน 60 วัน ผลการศึกษาพบว่า จำนวนวันของแม่ปูทะเลที่มีการพัฒนาการของไซในกระดองจากระยะที่ 2 เป็นระยะที่ 4 (เฉลี่ย 21.00±10.14 – 52.40±16.77 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แม่ปูทะเลที่เลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกจะมีอัตราการรอดตาย (100±0.00 %) สูงกว่าที่เลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ทั้งสองชุดการทดลอง (53.33±18.26% และ 48.00±17.88% ตามลำดับ) ส่วนด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำระหว่างการศึกษาพบว่าจะไม่มีความแตกต่างกันทั้งสามชุดการทดลอง ($p > 0.05$) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเลี้ยงแม่ปูทะเลไซในกระดองแบบเลี้ยงเดี่ยวจะมีความเหมาะสมกว่าการเลี้ยงรวม และควรมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อปรับปรุงรูปแบบการเลี้ยงต่อไป

คำสำคัญ: การเลี้ยง, ไซในกระดอง, ปูทะเล

Abstract

The objectives of this study were to investigate the female crabs (*Scylla spp.*) culture with inner ovary stage II to produce ovary stage IV at different culture patterns including study on survival rate and day of ovary development of female mud crab. Three treatments used were female crab culture operation, i.e., individual female crab culture in plastic tank (T1), and female crab culture in concrete tanks at 3 (T2) and 5 (T3) crabs per m², for 60 days. Each treatment had 5 replications. The results showed that number of days of ovary development from stage II to stage IV of each female mud crabs (mean 21.00±10.14 – 52.40±16.77 days) were not significantly different ($p > 0.05$). The survival rate of female crab in T1 (100±0.00%) had significantly higher than in T2 (53.33±18.26%) and T3 (48.00±17.88%). In addition, growth and water quality of each treatment were not were not significantly different ($p > 0.05$). This study indicated that individual culture of inner ovary of female mud crab had suitable than combined female crab culture. and should be improve culture pattern to its develop in further.

Keywords: Culture, Inner ovary stage, Mud crab

คำนำ

ปูทะเล (*Scylla* spp.) เป็นสัตว์น้ำกลุ่ม Crustacean อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง แนวป่าชายเลน และเป็นชนิดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง สร้างอาชีพ และสร้างรายได้ได้ตลอดห่วงโซ่อุปทานโดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศเวียดนาม เมียนมาร์ อินโดนีเซีย เป็นต้น (Imjongjirak et al., 2009; Joyanta et al., 2020) สำหรับประเทศไทย ปูทะเลนิยมเลี้ยงกันมากในแถบจังหวัดตราด จันทบุรี ระนอง โดยอาศัยพันธุ์จากธรรมชาติแทบทั้งสิ้น แต่ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูทะเลจากธรรมชาติเพื่อจำหน่ายมากขึ้น รวมถึงแหล่งที่อยู่อาศัยของปูทะเลตามธรรมชาติเสื่อมโทรมลง ซึ่งดูได้จากรายงานผลผลิตปูทะเลที่จับได้จากธรรมชาติรวมถึงการเพาะเลี้ยงชายฝั่งในปี 2543 ยังมีมากถึง 6,900 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 492.4 ล้านบาท แต่มีการรายงานว่าผลผลิตปูทะเลจากการจับจากธรรมชาติ รวมถึงการผลผลิตชายฝั่งในปี 2556 พบปริมาณปูลดลงเหลือประมาณ 2,200 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 322.7 ล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร กรมประมง, 2560) จนส่งผลต่อปริมาณปูทะเลในธรรมชาติลดลงและความไม่แน่นอนของทรัพยากรปูทะเลในธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานเพาะเลี้ยงปูทะเลของประเทศไทย ทำให้ต้องมีการนำปูจากประเทศเพื่อนบ้านเข้ามาเพื่อใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้น (อนุวัฒน์ และคณะ, 2557; กรมประมง, 2564) นอกจากนี้ อีกหนึ่งปัญหาคอขวดที่สำคัญของการเลี้ยงปูทะเลในปัจจุบัน คือ การผลิตพ่อแม่พันธุ์ปูเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตลูกพันธุ์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (บรรจง, และบุญรัตน์, 2545; จิรนนท์ และจินตนา, 2553; ภัทราวดี และจิตติมา, 2562) ดังนั้น การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลจึงจำเป็นต้องเข้ามามีบทบาทมากขึ้นและควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

การผลิตพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลภายใต้ระบบโรงเพาะฟักก็ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริหารจัดการระบบ หรือรูปแบบการดำเนินการเลี้ยงแม่ปูให้มีการพัฒนาการของไข่อ่างสมบูรณ์ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการต้นน้ำของการเพาะเลี้ยงปูทะเลเชิงพาณิชย์ (กรมประมง, 2564) สิริวรรณ และมนตรี (2559) รายงานว่าปัญหาแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองที่จับขึ้นมาจากธรรมชาติมีจำนวนน้อย เนื่องจากวงจรชีวิตของแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองนั้นจะอยู่ในทะเลลึก จึงทำให้ยากต่อการจับแม่ปูทะเลไข่นอกกระดองเพื่อนำมาเพาะพันธุ์ และส่วนมากแม่ปูทะเลที่จับได้จากธรรมชาติเป็นปูไข่นอกกระดองระยะที่ 2-4 แทบทั้งสิ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเลี้ยงปูทะเลในบ่อดิน ที่มักพบแม่ปูไข่นอกกระดองระยะที่ 2-4 มากกว่าแม่ปูที่มีไข่นอกกระดอง (บรรจง และบุญรัตน์, 2545) ซึ่งบ่งบอกถึงทรัพยากรแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองยังพอมิให้ใช้ประโยชน์ หรือพอที่จะเลี้ยงปูทะเลในบ่อดินเพื่อให้ผลิตไข่นอกกระดองได้ อย่างไรก็ตาม การหาแนวทาง หรือวิธีการนำแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองระยะที่ 2-4 มาดำเนินการเลี้ยงเพื่อผลิตแม่ปูทะเลไข่นอกกระดองในปัจจุบันยังมีไม่มากนัก และยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร สิ่งนี้จึงเป็นประเด็นวิจัยสำคัญที่ควรพัฒนา ต่อยอดและขยายผลการดำเนินการต่อไป

โดยทั่วไปการรวบรวมแม่ปูทะเลที่มีไข่นอกกระดองจากแหล่งธรรมชาติเพื่อเลี้ยงขุนให้มีไข่นอกกระดองในซีเมนต์หรือบ่อดิน การเลี้ยงขุนต้องใช้เวลาอันจึงทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ จากการศึกษาสุรชาติ และเอกพงษ์ (2543) กล่าวว่าบ่อคอนกรีตที่มีทรายรองพื้นบ่อนั้นช่วยให้แม่ปูทะเล ระยะเพศชั้นที่ 3 มีไข่นอกกระดองมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อเลี้ยงแบบมีกะละมังใส่ทรายวางบนพื้นและที่ไม่มีทรายรองพื้น Islam et al. (2010) รายงานว่ารูปแบบการเลี้ยงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการของไข่นอกกระดองของแม่ปู *Scylla paramamosian* ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wu et al. (2020) ที่รายงานว่า ปัจจัยแวดล้อมจะมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของไข่นอกกระดองด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla* spp.) ไข่นอกกระดองระยะที่ 2 ไปสู่ระยะที่ 4 ด้วยรูปแบบการเลี้ยงต่างกันต่อจำนวนวันของการพัฒนาไข่นอกกระดองของปูทะเล อัตรารอดตาย และผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง ทั้งนี้ เพื่อนำไปสู่แนวทางการส่งเสริมให้แก่เกษตรกรที่สนใจ และใช้เป็นข้อมูลฐานในการเพาะเลี้ยงปูทะเลในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยเลี้ยงแม่ปูทะเล (*Scylla* spp.) ที่มีไข่ในกระดองระยะที่ 2 โดยใช้รูปแบบปัจจัยแวดล้อมของการเลี้ยงเป็นชุดทดลอง (Treatment) ได้แก่ เลี้ยงแม่ปูทะเลไข่ในกระดองในสภาพการเลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกกลม (T1) เลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตราความหนาแน่น 3 ตัวต่อตารางเมตร (T2) และเลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตรา 5 ตัวต่อตารางเมตร (T3) ชุดการทดลองละ 5 ซ้ำ (Replication)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำแม่พันธุ์ปูทะเล (*Scylla* spp.) ขนาดความกว้างกระดองประมาณ 6.0–6.5 เซนติเมตร ที่จับได้จากธรรมชาติ โดยชาวประมงในพื้นที่จังหวัดชุมพร มาปล่อยลงเลี้ยงในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ของสถานีวิจัยประมงคลองวาฬ ตำบลคลองวาฬ อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีการเตรียมบ่อและกั้นขอบบ่อด้วยการใช้แผ่นกระเบื้อง จากนั้นปล่อยปูที่อัตรา 0.5 ตัว/ตารางเมตร (800 ตัว/ไร่) เลี้ยงปูทะเลในบ่อดินด้วยปลาเบ็ดที่อัตราประมาณ 5%/น้ำหนักตัว/วัน โดยให้อาหารวันละ 1 มื้อ เวลาประมาณ 18.00 น. เลี้ยงนานประมาณ 180 วัน สุ่มจับแม่ปูทะเลที่มีไข่ในกระดองด้วยการใช้ลอบพับดักปู เพื่อนำแม่ปูทะเลที่มีไข่ในกระดองระยะที่ 2 มาดำเนินการศึกษาตามแผนการทดลองต่อไป โดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาระยะไข่ในกระดองตามวิธีการของ Wu et al. (2020)

วิธีดำเนินการ

ปล่อยแม่ปูทะเลลงเลี้ยงในถังพลาสติกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 42.5×48.0 เซนติเมตร ความจุของถัง 57 ลิตร ระดับน้ำสูง 37.5 เซนติเมตร ที่ปริมาตรน้ำ 40 ลิตร ความเค็มของน้ำทะเล 35–36 ppt (T1) และปล่อยแม่ปูทะเลลงเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร ที่อัตราปล่อย 3 ตัวต่อตารางเมตร (T2) และ 5 ตัวต่อตารางเมตร (T3) ทั้งนี้ พื้นถังและบ่อซีเมนต์จะใส่ทรายลงไปหนาประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นที่พักนอน (Fig. 1) ให้อากาศตลอดเวลา อาหารที่ใช้เลี้ยงแม่ปูทะเล คือ ปลาเบ็ดสด (ปลาข้างเหลือง *Selaroides* sp.) สลับกับหอยแมลงภู่สด (*Perna viridis*) ที่อัตราประมาณ 5%/น้ำหนักตัว/วัน โดยให้อาหารวันละ 1 มื้อ เวลาประมาณ 9.00 น. บันทึกผลการพัฒนาการของไข่ทุก 7 วัน เลี้ยงนาน 60 วัน

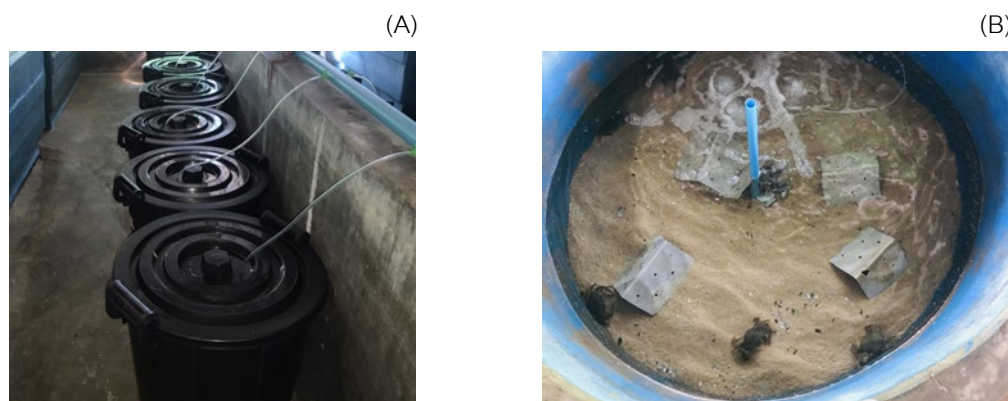


Fig. 1 Female mud crabs (*Scylla* spp.) culture with inner ovary stage II for ovary stage IV production: (A) individual female crab culture in plastic tank; (B) female crab culture in concrete tanks at 3 and 5 crabs per tank

ระหว่างการทดลองจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 100% และตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 7 วัน ด้วยเครื่องมือ และวิธีการ ดังนี้ ความเค็มของน้ำวัดด้วย Salinity Refractometer ยี่ห้อ Prima tech อุณหภูมิน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) วัดด้วย DO meter รุ่น YSI 550A ความเป็นกรด-ด่างของน้ำวัดโดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Cyber Scan pH 11 จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากถังเลี้ยงปูทะเลบรรจุลงขวดพลาสติกโดยมีปริมาตรประมาณ 250 มล. เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียรวมด้วยวิธี Indophenol blue method ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Colorimetric method และค่าความเป็นด่างด้วยวิธี Titration method ภายในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการของ APHA, AWWA, and WEF (2017) โดยวัดการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer รุ่น Spectro 2000 RS

การวิเคราะห์ผล

ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการของไขในกระดองจากระยะที่ 2 ถึงระยะที่ 4 (จำนวนวัน) และหาอัตราการรอดตายตาม Equation 1

$$\text{Survival rate (\%)} = \frac{\text{number of died female crab at the end of experiment}}{\text{total number of female crab initial}} \times 100 \quad (1)$$

นำข้อมูลของแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ และประมวลผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0 (Armonk, NY: IBM Corp.)

ผลและวิจารณ์ผลทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาการของไขในกระดองของแม่ปูทะเลที่ไม่มีไขในกระดองระยะที่ 2 ที่รูปแบบการเลี้ยงต่างกัน 3 รูปแบบทดลองระยะเวลา 60 วัน พบว่าแม่ปูทะเลของในแต่ละชุดการทดลองมีความกว้าง ความยาว และน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีระยะเวลาการพัฒนาการของไขในกระดองระยะที่ 2 เป็นระยะที่ 4 ไม่แตกต่างกัน

($p > 0.05$) (Table1) สำหรับแม่ปูทะเลที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์เมื่อทำการผสมจากปูเพศผู้แล้ว มีการพัฒนาของรังไข่จากรยะไข่อ่อนเป็นระยะไข่แก่ และพัฒนาต่อจนฟักเป็นระยะวัยอ่อน ในช่วงนี้แม่ปูทะเลจะไม่มีอาการลอกคราบ จึงทำให้แม่ปูไม่มีการเพิ่มขึ้นของขนาดความกว้างกระดอง ความยาวกระดอง และมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นน้ำหนักของรังไข่เท่านั้น (อาภรณ์ และคณะ, 2558) Islam et al. (2010) ได้ศึกษาการพัฒนาระยะไข่ปูขาวในเขตป่าชายเลน พบว่าปูเพศเมียที่ยังไม่สมบูรณ์นั้นมีจับปิ้งเป็นรูปตัวยูและมีรังไข่ระยะ 1 หรือ 2 ซึ่ง อาภรณ์ และคณะ (2558) รายงานว่าในช่วงระยะเวลา 60–90 วัน รังไข่สามารถพัฒนาจากรยะไข่อ่อนจนเป็นระยะไข่แก่ได้

ส่วนอัตราการรอดตายของแม่ปูทะเลที่เลี้ยงพบว่า แม่ปูทะเลชุด T1 มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดการทดลอง T2 และ T3 (Table1) เนื่องจากการเลี้ยงแม่ปูทะเลแบบเดี่ยวจะช่วยลดปัญหาการต่อสู้ และการกินกันเองของปูทะเลได้ ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของการตายของปูทะเลที่เลี้ยง ภัทรวดี และจิตติมา (2562) รายงานว่าการศึกษาศาเหตุการตายของปูทะเลที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปูทะเลในระหว่างการเลี้ยงในระยะเวลา 6 สัปดาห์ มี 2 สาเหตุด้วยกันคือ สาเหตุแรกเกิดจากการตายโดยธรรมชาติ สาเหตุที่สองคือการตายเพราะลอกคราบไม่ออก โดยวรวิมล และคณะ (2552) กล่าวว่าอาการลอกคราบไม่ออกของปูทะเลคือการที่ปูติดกระดองตาย ซึ่งมีสาเหตุมากจากการที่ปูได้รับอาหารไม่เพียงพอหรือกินอาหารที่ไม่มีคุณภาพ นอกจากนี้ วุฒิชัย (2554) รายงานว่า สาเหตุหลักของปูม้าที่ตายเกิดจากการกินกันเอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า แม่ปูทะเลที่เลี้ยงแบบรวม (ชุดการทดลอง T2 และ T3) มีอัตราการรอดตายสูงกว่าปูทะเลที่เลี้ยงแบบเดี่ยว (ชุดการทดลอง T1) โดยมีสาเหตุมาจากการกินกันเอง นอกจากนี้ Islam et al. (2010) รายงานว่ารูปแบบการเลี้ยงมีความสำคัญต่อการพัฒนาการของไข่ในกระดองของแม่ปู *Scylla paramamosian* และ Wu et al. (2020) รายงานว่าปัจจัยแวดล้อมจะมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของไข่แม่ปู *S. paramamosian* เช่นกัน ซึ่งตรงกันข้ามกับการศึกษาครั้งนี้ที่รูปแบบหรือปัจจัยแวดล้อมของการเลี้ยงไม่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการพัฒนาการของไข่ในกระดองระยะที่ 2 เป็นระยะที่ 4 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ปูทะเลที่ใช้ในการศึกษาส่วนใหญ่เป็นปูสกุล *S. olivacea* มากกว่าสกุล *S. paramamosian* ซึ่งปูทะเลสกุล *S. olivacea* เป็นสายพันธุ์ที่พบมากในประเทศไทย และมีแพร่หลายมากกว่าสายพันธุ์ *S. paramamosian* (บวรจ และบุญรัตน์, 2545) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเฉพาะเจาะจงถึงชนิดหรือสายพันธุ์ปูทะเลที่ใช้ศึกษา ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มทางเลือกในการผลิตแม่ปูทะเลของเกษตรกรต่อไป

Table 1 Average carapace width, carapace length, body weight, survival rate and cultured period of female mud crab (*Scylla* spp.) at different culture patterns

Items	T1	T2	T3	p-value
Carapace width (cm)	10.74±0.62 ^a	11.52±0.53 ^a	11.08±0.56 ^a	0.141
Carapace length (cm)	7.52±0.28 ^a	7.58±0.30 ^a	7.50±0.33 ^a	0.915
Body weight (g)	230.42±24.73 ^a	250.10±34.71 ^a	229.54±28.27 ^a	0.483
Cultured period (days)	52.40±16.77 ^a	21.00±10.14 ^a	44.20±26.09 ^a	0.550
Survival rate (%)	100.00±0.00 ^a	53.33±18.26 ^b	48.00±17.88 ^b	0.000

Note: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

นอกจากนี้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยของการเลี้ยงแม่ปูทะเลในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) และสำหรับคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงแม่ปูทะเลที่มีไข่ในกระดองแต่ละชุดการทดลองนั้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามคุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดย รัชฎา (2543) รายงานว่า

ระดับของความเค็มที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงแม่ปูทะเล เพื่อให้มีไข่นอกกระดองเท่ากับ 35 ppt ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bambang et al. (2019) ที่รายงานว่าคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงปูทะเลในถังพลาสติกแบบระบบน้ำหมุนเวียนจะ ช่วยปรับสภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตของปูทะเล ลดการต่อสู้ และการกินกันเองของปูได้ อีกทั้งยัง ช่วยประหยัดน้ำ และสะดวกต่อการทำงาน

Table 2 Average water quality of female mud crab (*Scylla* spp.) at different culture patterns

Parameters	T1	T2	T3	p-value
Salinity (ppt)	35.33±0.40 ^a	35.41±1.37 ^a	35.89±1.58 ^a	0.749
DO (mg/l)	4.06±0.22 ^a	4.13±0.55 ^a	3.98±0.22 ^a	0.802
Temperature (°C)	27.51±0.66 ^a	26.67±0.14 ^b	26.72±0.04 ^b	0.008
pH	8.27±0.14 ^a	8.35±0.26 ^a	8.48±0.03 ^a	0.208
Total ammonia (mg-N/l)	0.37±0.05 ^a	0.42±0.18 ^a	0.38±0.15 ^a	0.888
Nitrite (mg-N/l)	1.48±0.34 ^b	0.76±0.23 ^a	1.13±0.30 ^{ab}	0.009
Alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	137.20±7.09 ^b	154.61±4.17 ^a	155.11±6.99 ^a	0.001

Note: Means within a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

สรุป

การนำแม่ปูทะเลไข่นอกกระดองระยะที่ 2 ที่ได้จากบ่อเลี้ยงในบ่อดินมาเลี้ยงที่บ่อจัจฉลุ่มของการเลี้ยงต่างกัน ภายในระบบโรงเพาะฟักพบว่า ที่สภาพการเลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกกลม การเลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตราความหนาแน่น 3 ตัวต่อตารางเมตร และการเลี้ยงรวมในบ่อซีเมนต์ที่อัตรา 5 ตัวต่อตารางเมตร โดยระยะเวลาของแม่ปูทะเลที่มีการพัฒนาการของไข่นอกกระดองจากระยะที่ 2 เป็นระยะที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน (เฉลี่ย 21–52 วัน) แต่แม่ปูทะเลที่เลี้ยงสภาพการเลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกกลมจะมีอัตราการรอดตายสูง (100%) กว่าที่เลี้ยงในสภาพอื่นภายใต้การศึกษานี้ โดยรูปแบบการเลี้ยงในแต่ละรูปแบบไม่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหรือปรับปรุงรูปแบบการเลี้ยงแม่ปูทะเลไข่นอกกระดองที่สภาพการเลี้ยงเดี่ยวภายในถังพลาสติกกลมต่อไป เช่น เลี้ยงภายใต้ระบบน้ำหมุนเวียน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อการต่อยอดองค์ความรู้สู่รูปแบบหรือระบบการเลี้ยงที่สามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การพัฒนาตัวแบบเชิงธุรกิจการผลิตปูทะเลตลอดห่วงโซ่อุปทานโดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียเพื่อสร้างเป็นสินค้าเศรษฐกิจชนิดใหม่รองรับการเปลี่ยนแปลงและวิกฤตด้านเศรษฐกิจในจังหวัดปัตตานี” ที่สนับสนุนงบประมาณโดย หน่วยบริหารและจัดการทุนวิจัยและนวัตกรรมด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.)

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2564. คู่มือการเพาะเลี้ยงปูทะเล. <https://coastalqua.fisheries.go.th/ebook/Mudcrab-breeding-and-culture-handbook/mobile/index.html>, 20 พฤศจิกายน 2564.
- จิรพันธ์ อินทนาคม, จินตนา สและน้อย. 2553. ลักษณะที่ผิดและชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบในปูทะเลที่มีอาการออกท้องแดง. แก่นเกษตร 38: 361–372.
- บรรจง เทียนสงรัสมิ์, บุญรัตน์ ประชุมชาติ. 2545. ปูทะเล. โรงพิมพ์ดอกเบญจ. กรุงเทพฯ.

- ภัทราวดี ศรีมีเทียน, จิตติมา สุวรรณมาลา. 2562. ผลของเพศและน้ำหนักต่ออัตราการรอดตายของปูทะเล. วารสารเกษตร พระจอมเกล้า 37: 405–413.
- รัชฎา ขาวหนูนา. 2543. ระดับความเค็มที่เหมาะสมในการเลี้ยงปูทะเล (*Scylla* spp.) ให้มีไข่นอกกระดอง. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, สุราษฎร์ธานี.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม. 2554. การศึกษาสาเหตุการตายของการเลี้ยงปูม้าในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วรุฒิ เกิดปรากฏ, อภิรักษ์ สงรักษ์. 2554. การผลิตปูหินนิ่มโดยการกระตุ้นการลอกคราบ. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง 5: 66–75.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมประมง. 2560. http://www.1.fisheries.go.th/it-stat/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72, 12 มกราคม 2565.
- สิริวรรณ หนูแข่ง, มณฑกานติ ท้ามตัน. 2559. ผลของแหล่งไขมันที่เสริมในอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพแม่พันธุ์ปูทะเลไข่นอกกระดอง. กองวิจัยและพัฒนาชายฝั่ง กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สุราษฎร์ธานี.
- สุรชาติ ฉวีภักดิ์, เอกพงษ์ นาคะพงษ์. 2543. การเลี้ยงแม่พันธุ์ปูทะเลให้มีไข่นอกกระดองในบ่อคอนกรีตที่มีพื้นต่างกัน. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง, จันทบุรี.
- อาภรณ์ เทพพานิช, สิริวรรณ หนูแข่ง, ชีระยุทธ หนูแข่ง, สมศรี จันทร์ประสาท. 2558. การเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ปูทะเลจากลูกพันธุ์โรงเพาะฟัก. กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สุราษฎร์ธานี.
- อนุวัฒน์ รัตนโชติ, ทวีศักดิ์ ยังวนิชเศรษฐ์, สุภาพ ไพโรพนาพงศ์, ชฎา แดงวัฒนกุล. 2557. การเลี้ยงปูทะเล. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- APHA, AWWA, WEF. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Yulianto, B., Sunaryo, Taufiq, N., Djunaedi, A., Subagiyo, Santosa, A., Soegianto, A. 2019. Survival and Growth of mud crab (*Scylla serrata*) reared in crab bucket recirculating aquaculture system. Eco. Env. Cons. 25: 119–128.
- Imjongjirak, C., Amparyup, P., Tassanakajon, A., Sittipraneed, S. 2009. Molecular cloning and characterization of crustin from mud crab *Scylla paramamosain*. Mol. Biol. Rep. 36(5): 841–850. doi.org/10.1007/s11033-008-9253-0
- Islam, M.S., Kodama, K., Kurokura, H. 2010. Ovarian development of the mud crab *Scylla paramamosain* in a tropical mangrove swamps, Thailand. J. Sci. Res. 2: 380–389.
- Joyanta, B., Shikder, S., Wasim, S., Rashedul. I., Khandaker. 2020. Ecology and reproductive biology of mud crab *Scylla* spp. A study of commercial mud crab in Bangladesh. Int. J. Acad. Res. Dev. 2: 01–07.
- Wu, Q., Waiho, K., Huang, Z., Li, S., Zheng, H., Zhang, Y., Ikhwanuddin, M., Lin, F., Ma, H. 2020. Growth performance and biochemical composition dynamics of ovary, hepatopancreas and muscle tissues at different ovarian maturation stages of female mud crab, *Scylla paramamosain*. Aquaculture 515: 734560. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734560

ผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ระบบภูมิคุ้มกัน และความต้านทานการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในกุ้งขาวแวนนาไม
Effects of peppermint essential oil on the growth performance, immune responses and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

พัชราภรณ์ ธันวงศ์, ถิรวัดน์ รายรัตน์, อรุณทัย คีตะนนท์, พุศุชา พันธุ์สวัสดิ์, นิตี ชูเชิด*

Patcharaporn Thanwong, Tirawat Rairat, Arunothai Keetanon, Putsucha Phansawat, Niti Chuchird*

ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ffishntc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (peppermint essential oil, PEO) ต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย ระบบภูมิคุ้มกัน และความต้านทานการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ของกุ้งขาวแวนนาไมในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ให้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 กิน PEO ในอัตรา 0 (กลุ่มควบคุม), 400, 800, และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร วันละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 30 วัน แล้วบันทึกน้ำหนักตัว อัตราการรอดตาย และการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง ส่วนการทดลองที่ 2 นำกุ้งขาวแวนนาไมจากการทดลองที่ 1 มาทำให้ติดเชื้อแบคทีเรียโดยวิธีการแช่ด้วย *V. parahaemolyticus* ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL จากนั้นเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารชนิดเดิมเป็นเวลา 14 วัน แล้วบันทึกอัตราการรอดตายและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษาพบว่ากุ้งที่ได้รับ PEO ในอัตรา 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย การตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกัน และอัตราการรอดหลังแช่เชื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) บ่งชี้ว่า PEO สามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพของกุ้งได้

คำสำคัญ: กุ้งขาวแวนนาไม, น้ำมันหอมระเหย, ภูมิคุ้มกัน, วิบริโอ, สะระแหน่

Abstract

The study aimed to investigate the effects of peppermint essential oil (PEO) on the growth performance, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection in Pacific white shrimp. The study was divided into two experiments. In Experiment 1, the postlarvae 12 were fed on PEO at the rate of 0 (control), 400, 800, or 1,600 mg/kg feed four times daily for 30 days. The body weight, survival rate, and immune parameters were determined. In Experiment 2, the juvenile shrimp from Experiment 1 were challenged by immersion with *V. parahaemolyticus* (10^5 CFU/mL) and were fed with the same diets for another 14 days. The weight gain and survival rate were recorded. The results demonstrated that the shrimp which fed on PEO 800 and 1,600 mg/kg feed had significantly higher body weight, immune responses, and survival after immersion challenge than those of the control ($p < 0.05$), indicating that PEO could help improve the overall health status of the shrimp.

Keywords: Essential oil, Immunity, Pacific white shrimp, Peppermint, *Vibrio* spp.

คำนำ

การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งมีผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจากการเพาะเลี้ยงตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคม ถึง กันยายน 2564 เป็นจำนวน 186,752 ตัน (พัชรินทร์, 2564) ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทยเริ่มประสบปัญหามากขึ้นเนื่องจากการเลี้ยงแบบหนาแน่นสูง มีการให้อาหารในปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดการสะสมของสารอินทรีย์ในบ่อเลี้ยง และเกิดปัญหาการระบาดของโรคที่มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียกลุ่ม *Vibrio* spp.) โดยเฉพาะโรคตับวายเฉียบพลัน (Kumar et al., 2020) และโรคซัซิว (แก้วตา, 2558; Somboon et al., 2012) ทำให้ปริมาณผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมลดลง ในขณะที่เกษตรกรกลับมีต้นทุนการเลี้ยงที่สูงขึ้น จนทำให้เกิดการขาดทุน

เพื่อแก้ปัญหาโรคติดเชื้อแบคทีเรียและป้องกันปัญหาการใช้ยาปฏิชีวนะในระหว่างการเลี้ยง จนทำให้เกิดปัญหาขาดก้างในผลิตภัณฑ์กุ้ง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) การใช้สารสกัดจากสมุนไพรเพื่อเป็นทางเลือกในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำและป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ (Reverter et al., 2014) จึงมีความจำเป็น ที่ผ่านมามีรายงานว่าสารสกัดจากสมุนไพร เช่น กระเทียม (แก้วตา และคณะ, 2559; Chirawithayaboon et al., 2020) มะกรูด (ทัศนีย์, 2560) และพืช *Macleaya cordata* (Bussabong et al., 2021) มีฤทธิ์ในการเสริมสุขภาพในสัตว์น้ำได้ ในขณะที่สะระแหน่ หรือ peppermint (*Mentha × piperita*) เป็นหนึ่งในพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเนื่องจากมีสรรพคุณหลากหลาย เช่น มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านจุลชีพ ฯลฯ หาได้ค่อนข้างง่ายและราคาไม่สูงมาก โดยสารออกฤทธิ์หลักในสะระแหน่คือน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักได้แก่ menthol และ menthone (Reddy et al., 2019; Tafrihi et al., 2021) สะระแหน่ในรูปของผงแห้ง สารสกัดเอทานอล และน้ำมันหอมระเหย ได้ถูกนำมาศึกษาประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การเพิ่มภูมิคุ้มกัน และการป้องกันการเกิดโรคติดเชื้อแบคทีเรียในปลาหลายชนิด (Adel et al., 2015, 2016; Bhatnagar and Saluja, 2019; Padala et al., 2021, Talpur, 2014) ซึ่งผลการศึกษามากมายบ่งชี้ว่าสะระแหน่มีประสิทธิภาพที่ดีในการส่งเสริมสุขภาพของปลา รวมทั้งความสามารถในการต้านทานการติดเชื้อแบคทีเรียก่อโรคด้วย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติส่งเสริมสุขภาพและความต้านทานเชื้อก่อโรคของสะระแหน่ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม วจึนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (peppermint essential oil, PEO) ต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย ระบบภูมิคุ้มกัน และการป้องกันการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในห้องปฏิบัติการ โดยผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางในการนำ PEO ไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1: ผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ระบบภูมิคุ้มกัน ของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา

การทดลองผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่ (PEO) ที่มีต่อกุ้งขาวแวนนาไมในช่วงระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม 2564 ณ ศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน) กรุงเทพมหานคร วางแผนการทดลองแบบสุ่มทดลองโดยใช้กุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 (น้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 3 มิลลิกรัม) จากฟาร์มเอกชนมาเลี้ยงในน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ความเค็ม 25 พีพีที ทดลองโดยใช้ถังไฟเบอร์

กลาสขนาดความจุ 500 ลิตร จำนวน 16 ถัง แบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดละ 4 ถัง (มีกึ่งความหนาแน่น 100 ตัวต่อถัง) ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1: ชุดควบคุม (ให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% จากบริษัทเจริญโภคภัณฑ์)

ชุดการทดลองที่ 2: ให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

ชุดการทดลองที่ 3: ให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

ชุดการทดลองที่ 4: ให้อาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร

เตรียมสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสาระแน (PEO) เริ่มต้นจากการนำใบและยอดอ่อนของสาระแนที่ตากแห้งและบดละเอียดแล้วมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (hydrodistillation) เป็นเวลา 4 ชั่วโมงในอัตราส่วนสาระแน 100 กรัมต่อน้ำ 500 มิลลิลิตร ตามวิธีของ Reddy et al. (2019) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนทำการศึกษา นำสารสกัดดังกล่าวซึ่งอยู่ในรูปของเหลวมาคลุกผสมอาหารตามความเข้มข้นที่ระบุไว้ เคลือบด้วยน้ำมันปลาทูน่า และนำไปฝังลมให้แห้งก่อนนำมาให้กุ้งกิน เลี้ยงกุ้งขาวด้วยอาหารดังกล่าววันละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 30 วัน แล้วสุ่มกุ้งถึงละ 10 ตัวเพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละถังและนับอัตราการรอดของทุกกลุ่มการทดลอง ค่าคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษายู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม กล่าวคือค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเท่ากับ 6.60 ± 0.28 พีพีเอ็ม แอมโมเนีย 0.07 ± 0.02 พีพีเอ็ม pH 8.15 ± 0.17 และค่าความเป็นด่าง 134.00 ± 6.05 พีพีเอ็มของ CaCO_3

การศึกษาค้นคว้าผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของกุ้ง เริ่มจากการสุ่มกุ้งในแต่ละถังจำนวน 5 ตัวหลังจากเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารผสม PEO เป็นเวลา 30 วันมาแล้ว มาเจาะเลือดจากแ่งเลือดปริมาตรตัวละ 0.2 มิลลิลิตร ด้วยเข็มฉีดยาขนาด 25G ที่ภายในบรรจุสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (K-199 + 5% L-cysteine) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร นำเลือดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณของเม็ดเลือดรวม (total hemocyte count) กิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase (PO activity) และกิจกรรมการทำลายแบคทีเรียของน้ำเลือด (bactericidal activity) ตามวิธีของกิจการ และคณะ (2543) กิจกรรมของกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดกุ้ง (phagocytic activity) ตามวิธีของ Itami et al. (1944) และกิจกรรมของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD activity) โดยใช้ชุดทดสอบ SOD assay kit (Sigma-Aldrich)

การทดลองที่ 2: ผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสาระแนต่อความต้านทานการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ในกุ้งขาวแวนนาไมระยะ juvenile

เตรียมแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* สำหรับการทดลองทำให้อุ้งติดเชื้อ โดยการนำเชื้อที่แยกได้จากกุ้งขาวแวนนาไมที่เป็นโรคชี้ขาวมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptic soy agar (TSA) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นเชยเชื้อมาละลายในน้ำเกลือ 1.5% แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 0.6 ซึ่งจะมีปริมาณเชื้อ 10^8 CFU/mL

หลังจากสิ้นสุดการทดลองที่ 1 ทำการสุ่มกุ้งซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2-3 กรัม จากแต่ละถังของการทดลองที่ 1 มาจัดชุดการทดลองใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 5 ชุดทดลอง ชุดทดลองละ 4 ถัง มีจำนวนกุ้ง 30 ตัวต่อถัง ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1: ชุดควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อแบคทีเรีย (negative control)

ชุดการทดลองที่ 2: ชุดควบคุมที่ถูกใส่เชื้อแบคทีเรีย (positive control) ใส่เชื้อโดยวิธีการแช่สารละลายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL

ชุดการทดลองที่ 3: ชุดการทดลองด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และใส่เชื้อโดยวิธีการแพร่กระจายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL

ชุดการทดลองที่ 4: ชุดการทดลองด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และใส่เชื้อโดยวิธีการแพร่กระจายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL

ชุดการทดลองที่ 5: ชุดการทดลองด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 38% + PEO 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และใส่เชื้อโดยวิธีการแพร่กระจายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL

โดยกุ้งในชุดการทดลองที่ 2-5 จะถูกทำให้ติดเชื้อโดยวิธีการแช่ด้วยสารละลายแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ที่ความเข้มข้น 10^5 CFU/mL ในน้ำปริมาตร 200 ลิตร จากนั้นเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารชนิดเดิมเป็นเวลา 14 วัน ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาที่แช่เชื้อ 14 วัน บันทึกอัตราการรอดตายและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IBM SPSS Statistics version 27 software (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) โดยหาก $p < 0.05$ จะสรุปผลว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

หลังจากที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 ด้วยอาหารผสม PEO ในอัตรา 400, 800, และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นเวลา 30 วัน พบว่ากุ้งที่ได้รับ PEO 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 2.41 และ 2.49 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (2.23 กรัมต่อตัว) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามอัตราการรอดตายของกุ้งทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีอัตราการรอดประมาณ 80% (Table 1) สำหรับการศึกษาการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันพบว่า กุ้งที่ได้รับ PEO ที่ระดับความเข้มข้น 800 และ 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีปริมาณของเม็ดเลือดรวม กิจกรรมของกระบวนการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือด กิจกรรรมของเอนไซม์ phenoloxidase และ SOD และกิจกรรมการทำลายแบคทีเรียของน้ำเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 2)

Table 1 The survival rate and final body weight of Pacific white shrimp after feeding different concentrations of peppermint essential oil (PEO) for 30 days ($n = 4$)

Treatment	Survival rate (%)	Final body weight (g/shrimp)
Control group	78.75±3.20 ^a	2.23±0.06 ^a
PEO 400 mg/kg feed	79.00±3.65 ^a	2.26±0.05 ^a
PEO 800 mg/kg feed	80.50±1.73 ^a	2.41±0.13 ^b
PEO 1,600 mg/kg feed	82.75±2.06 ^a	2.49±0.08 ^b

Note: The data was presented as mean±SD. Means with different superscripts in a column are significantly different from each other ($p < 0.05$).

Table 2 Immune parameters of Pacific white shrimp after feeding different concentrations of peppermint essential oil (PEO) for 30 days ($n = 4$)

Treatment	Total hemocyte count ($\times 10^6$ cell/mL)	Phagocytic activity (%)	PO activity (unit/min/mg of protein)	SOD activity (% inhibition)	Bactericidal activity
Control	1.66 \pm 0.19 ^a	57.75 \pm 3.20 ^a	243.19 \pm 5.25 ^a	42.16 \pm 2.59 ^a	1:8
PEO 400 mg/kg feed	2.01 \pm 0.09 ^b	63.25 \pm 3.86 ^b	243.34 \pm 8.77 ^a	46.48 \pm 4.53 ^a	1:8
PEO 800 mg/kg feed	2.18 \pm 0.01 ^c	67.50 \pm 1.91 ^{bc}	254.00 \pm 3.97 ^b	58.43 \pm 1.70 ^b	1:16
PEO 1,600 mg/kg feed	2.21 \pm 0.02 ^c	68.25 \pm 1.50 ^c	254.71 \pm 3.97 ^b	58.56 \pm 1.97 ^b	1:16

Note: The data was presented as mean \pm SD. Means with different superscripts in a column are significantly different from each other ($p < 0.05$).

เมื่อนำกุ้งมาทดสอบความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* พบว่ากลุ่มที่ได้รับ PEO 1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีอัตราการรอดตาย (66%) และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (0.59 กรัม) สูงที่สุด และต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับ PEO 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งมีอัตราการรอดเท่ากับ 59% แต่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (0.35 กรัม) ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับ PEO 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (0.32 กรัม) และกลุ่มควบคุมที่ถูกทำให้ติดเชื้อ (positive control) (0.23 กรัม) นอกจากนั้นกุ้งทั้งสองกลุ่มนี้ (คือ positive control และ PEO 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) ยังมีอัตราการรอดต่ำที่สุดเพียง 48% เท่านั้น

Table 3 The survival rate and weight gain of Pacific white shrimp after feeding different concentrations of peppermint essential oil (PEO) and challenging with *Vibrio parahaemolyticus* for 14 days ($n = 4$)

Treatment	Survival rate (%)	Weight gain (g)
Negative control	100.00 \pm 0.00 ^a	0.88 \pm 0.21 ^a
Positive control	47.50 \pm 4.19 ^d	0.23 \pm 0.05 ^c
PEO 400 mg/kg feed	48.33 \pm 1.92 ^d	0.32 \pm 0.10 ^c
PEO 800 mg/kg feed	59.17 \pm 3.18 ^c	0.35 \pm 0.15 ^c
PEO 1,600 mg/kg feed	65.83 \pm 1.67 ^b	0.59 \pm 0.12 ^b

Note: The data was presented as mean \pm SD. Means with different superscripts in a column are significantly different from each other ($p < 0.05$).

โดยภาพรวมผลการศึกษานี้พบว่ากุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ PEO ในอัตรา 800–1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นเวลา 30 วัน มีการเจริญเติบโต การตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน และความสามารถในการต้านทานการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาในปลาหลายชนิด เช่น ปลายี่สกเทศ (Padala et al., 2021) ปลากะพงขาว (Talpur, 2014) ปลากะโห้หินเดี่ยว (Bhatnagar and Saluja, 2019) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Adel et al., 2016) และปลาแคสเปียนไวท์ฟิช (Adel et al., 2015) ผลของการส่งเสริมการ

เจริญเติบโตจากเนื่องมาจากการกระตุ้นความอยากอาหารของกุ้ง (Kawamura et al., 2019) ในขณะที่กลไกการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของสารออกฤทธิ์จากสระแห้งยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่การศึกษาในปลาพบว่าการเสริมสระแห้งในอาหารช่วยเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดขาว เพิ่มการทำงานของ lysozyme เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ respiratory burst และ phagocytosis ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Adel et al., 2015, 2016; Bhatnagar and Saluja, 2019; Talpur, 2014) อย่างไรก็ตามการให้อาหารผสม PEO ในปูม้าในอัตรา 0.05–1% เป็นเวลา 12 วันพบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตาย (Roslan et al., 2016) ส่วนการเสริมอาหารปลาเป็ดด้วย PEO 0.5–1.5% เป็นเวลา 30 วันก็ไม่พบว่าปลามีการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่ดีขึ้น แม้ว่าจะมีจำนวนโปรตีนกลุ่มปลิงไหลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม (Ribeiro et al., 2018) ทั้งนี้สาเหตุที่ประสิทธิภาพของสระแห้งในการส่งเสริมสุขภาพสัตว์น้ำมีความแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษาอาจเกิดจากความแตกต่างด้านชนิดสัตว์น้ำ แหล่งที่มาของสระแห้ง ขนาดที่ใช้ วิธีการเตรียมสารสกัดสระแห้ง และปริมาณหรือระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา เป็นต้น

สำหรับประสิทธิภาพในการต้านทานการติดเชื้อแบคทีเรีย นั้น มีรายงานว่าปลาที่สกปรกและปลากระโห็นเพียงที่กินอาหารผสมผงสระแห้ง 2% และ 0.4–0.6% ตามลำดับ มีอัตราการตายสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับเชื้อ *Aeromonas hydrophila* (Bhatnagar and Saluja, 2019; Padala et al., 2021) ในทำนองเดียวกัน ปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารผสมผงสระแห้ง 0.2–0.5% และถูกทำให้ติดเชื้อ *Vibrio harveyi* (Talpur, 2014) หรือปลาเรนโบว์เทราท์ที่ได้รับสารสกัดเอทานอลของสระแห้ง 1–3% และถูกทำให้ติดเชื้อ *Yersinia ruckeri* (Adel et al., 2016) ก็มีความสามารถในการต้านทานโรคได้ดีกว่าปลากลุ่มควบคุม ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยในกุ้งขาวแวนนาไมนี้ที่พบว่ากุ้งมีอัตราการตายจากเชื้อ *V. parahaemolyticus* มากกว่ากลุ่มควบคุมที่ถูกแช่เชื้อ สาเหตุที่ปลาและกุ้งมีความสามารถในการต้านทานโรคติดเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้นนั้น นอกจากจะเป็นผลมาจากการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่ดีขึ้นแล้ว ยังเป็นไปได้ว่าสารออกฤทธิ์หลักที่พบในสระแห้ง ได้แก่ menthol และ menthone ก็อาจมีส่วนช่วยเช่นกัน กล่าวคือสารเหล่านี้มีความสามารถในการรบกวนโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียจนทำให้เซลล์แบคทีเรียไม่สามารถรักษาสมดุลของของเหลวไว้ได้อีกต่อไป (Tafrihi et al., 2021) โดยทั้ง PEO, สาร menthol, และสาร menthone ต่างก็มีรายงานว่ามียุทธวิธียับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบในหลอดทดลอง (Iskan et al., 2002; Mahboubi and Kazempour, 2014; Reddy et al., 2019)

สรุปผล

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสระแห้ง (PEO) ในอัตรา 800–1,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารเป็นเวลา 30 วัน พบว่ากุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และมีการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้กุ้งยังมีความต้านทานต่อการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วยเมื่อพิจารณาจากอัตราการตายของกุ้งที่ได้รับเชื้อ การศึกษานี้บ่งชี้ว่าการเสริมอาหารกุ้งด้วย PEO ทำให้กุ้งมีสุขภาพโดยรวมดีขึ้น และสามารถช่วยป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียได้ดี ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงศักยภาพในการนำ PEO ไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระดับฟาร์มต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กิจการ ศุภมาตย์, อุษณีย์ เอกปนิธานพงศ์, Itami, T., จิราพร เกสรจันทร์. 2543. ระบบภูมิคุ้มกันโรคในกุ้งกุลาดำ เทคนิคในการศึกษาระบบภูมิคุ้มกันโรคและองค์ประกอบเลือดในกุ้งกุลาดำ. *สงขลานครินทร์ ปีที่ 22 (ฉบับพิเศษ): 567–580.*
- แก้วตา ลีเมง. 2558. การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคช้ำขาวในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี. *แก่นเกษตร 43 ฉบับพิเศษ 1: 581–587.*
- แก้วตา ลีเมง, จุฑาทันท์ นริญวัฒน์สุข, มณฑุทัย อินทวัฒน์. 2559. ผลของสารสกัดกระเทียมต่อการยับยั้งเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio harveyi*. *แก่นเกษตร 44 ฉบับพิเศษ 1: 650–655.*
- ทัศนีย์ นลวชัย. 2560. ประสิทธิภาพของมะกรูด (*Citrus hystrix*) ในการยับยั้งการเจริญเติบโต ของเชื้อ *Vibrio* spp. *แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1: 797–802.*
- พัชรินทร์ ลังกาปอน. 2564. สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ในช่วง 9 เดือนแรก ปี 2564. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. คู่มือการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (จีเอพี) สำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล (มกษ. 7401–2552). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
- Adel, M., Amiri, A.A., Zorriehzaha, J., Nematolahi, A., Esteban, M.Á. 2015. Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). *Fish. Shellfish. Immun. 45: 841–847.*
- Adel, M., Pourgholam, R., Zorriehzaha, J., Ghiasi, M. 2016. Hemato-Immunological and biochemical parameters, skin antibacterial activity, and survival in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following the diet supplemented with *Mentha piperita* against *Yersinia ruckeri*. *Fish Shellfish Immun. 55: 267–273.*
- Bhatnagar, A., Saluja, S. 2019. Synergistic effects of autochthonous probiotic bacterium and *Mentha piperita* diets in *Catla catla* (Hamilton, 1822) for enhanced growth and immune response. *Fish. Aquatic. Sci. 22: 16.*
- Bussabong, P., Rairat, T., Chuchird, N., Keetanon, A., Phansawat, P., Cherdkeattipol, K., Pichitkul, P., Kraitavin, W. 2021. Effects of isoquinoline alkaloids from *Macleaya cordata* on growth performance, survival, immune response, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *PLoS ONE 16(5): e0251343.*
- Chirawithayaboon, P., Areechon, N., Meunpol, O. 2020. Hepatopancreatic antioxidant enzyme activities and disease resistance of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diet supplemented with garlic (*Allium sativum*) extract. *Agr. Nat. Resour. 54: 377–386.*
- Iscan, G., Kirimer, N., Kurkcuoglu, M., Baser, K.H.C., Demirci, F. 2002. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *J. Agric. Food Chem. 50: 3943–3946.*
- Itami, T., Takahashi, Y., Tsuchihira, E., Igusa, H., Kondo, M. 1994. Enhancement of disease resistance of kuruma prawn *Penaeus japonicus* and increase in phagocytic activity of prawn hemocytes after oral administration of b-1,3-glucan (Schizophyllan). In: *The Third Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp. 375–378.*

- Kawamura, G., Yong, A.S.K., Au, H.L., Doison, A., Ooi, S.Y., Lim, L. 2019. Malaysian herbs as feeding attractants and enhancers for the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and the whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture 3(2): 57–67.
- Kumar, R., Ng, T.H., Wang, H.C. 2020. Acute hepatopancreatic necrosis disease in penaeid shrimp. Rev. Aquacult. 12(3): 1867–1880.
- Mahboubi, M., Kazempour, N. 2014. Chemical composition and antimicrobial activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil. Songklanakarin J. Sci. Technol. 36 (1): 83–87.
- Padala, D., Marakini, G.N., Valappil, A.K., Prabhakaran, P.L., Al, M.M.A., Srinivasiah, R.K. 2021. Effect of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth, survival, disease resistance and haematology on fingerlings of rohu (*Labeo rohita*). Aquacult. Res. 52: 2597–2705.
- Reddy, D.N., Al-Rajab, A.J., Sharma, M., Moses, M.M., Reddy, G.R., Albratty, M. 2019. Chemical constituents, *in vitro* antibacterial and antifungal activity of *Mentha x Piperita* L. (peppermint) essential oils. J. King. Saud. Univ. Sci. 31: 528–533.
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P. 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. Aquaculture 433: 50–61.
- Ribeiro, S.C., Malheiros, D.F., Guiloizki, I.C., Majolo, C., Chaves, F.C.M., Chagas, E.C., de Assis, H.C.S., Tavares-Dias, M., Yoshioka, E. T. O. 2018. Antioxidants effects and resistance against pathogens of *Colossoma macropomum* (Serassalmidae) fed *Mentha piperita* essential oil. Aquaculture 490: 29–34.
- Roslan, S., Taher, S., Ehteshamei, F., Arshad, A., Romano, N. 2016. Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) essential oil on survival, growth, cannibalism and hepatopancreatic histology of *Portunus pelagicus* juveniles. J. Environ. Biol. 37: 785–790.
- Somboon, M., Purivirojkul, W., Limsuwan, C., Chuchird, N. 2012. Effect of *Vibrio* spp. in white feces infected shrimp in Chanthaburi, Thailand. KU. Res. Fish. Bull. 36(1): 7–15.
- Tafrihi, M., Imran, M., Tufail, T., Gondal, T.A., Caruso, G., Sharma, S., Sharma, R., Atanassova, M., Atanassov, L., Fokou, P.V.T., Pezzani, R. 2021. The wonderful activities of the genus *Mentha*: Not only antioxidant properties. Molecules 26: 1118.
- Talpur, A.D. 2014. *Mentha piperita* (Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harveyi* infection. Aquaculture 420–421: 71–78.

ผลของการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอน *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1974) โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก

Effect of the synthetic hormone LHRHa in the breeding of butter fish *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1974) broodstocks raised in small closed circulating water systems

เดชปรีชา กำข่ม, ชินदनัย ลีเจียะ, จอมสุดา ดวงวงษา*

Detpeechea Kasum, Chindanai Leejia, Jomsuda Duangwongsa*

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: daungwongsa2000@gmail.com

บทคัดย่อ

ผลของฮอร์โมนสังเคราะห์ Luteinizing Hormone Releasing Hormone analogue (LHRHa) ความเข้มข้นแตกต่างกันในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอน โดยฉีด LHRHa แม่พันธุ์ความเข้มข้น 0, 15, 20 และ 25 ในพ่อพันธุ์ 10 µg/kg ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ Domperidone (DOM) 5 mg/kg ปล่อยปลาผสมแบบธรรมชาติพบว่าแม่พันธุ์ชุดควบคุมและ LHRHa 15 µg/kg ไม่มีการตกไข่ ส่วนแม่พันธุ์ที่ฉีด 20 และ 25 µg/kg มีอัตราการตกไข่ 100% หลังฉีด 10.54–11.30 ชม. โดยมีจำนวนไข่เฉลี่ย 28,539.47±496.42 และ 28,951±933.64 ฟองต่อแม่ อัตราการปฏิสนธิเฉลี่ย 32.00±15.13 และ 63.33±3.67% อัตราการฟักเฉลี่ย 27.95±11.76 และ 76.05±2.35% และอัตราการรอดตายเฉลี่ย 16.67±9.62 และ 77.22±11.43% ตามลำดับ ผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แม่พันธุ์ทั้ง 2 ชุด มีจำนวนไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนอัตราการปฏิสนธิ อัตราฟักและอัตราการรอดตาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดทดลองอื่น

คำสำคัญ: การเพาะพันธุ์, ปลาชะโอน, ฮอร์โมนสังเคราะห์, ระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก

Abstract

The effects of the different concentrations of synthetic hormone (LHRHa) on the breeding of leone catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1974) were investigated. LHRHa injections were performed in female fish with concentrations of 0, 15, 20 and 25 µg/kg while the male fish received 10 µg/kg. Additionally, both broodstocks were simultaneously injected with the same rate of Domperidone (DOM) at a concentration of 5 mg/kg semi-artificial breeding method was conducted. The results showed that no spawning was found in the control and 15 µg/kg LHRHa injected fish. In contrast, female catfish received 20 and 25 µg/kg had 100% ovulation rates after 10.54–11.30 hr induction. And they showed average eggs numbers of 28,539.47±496.42 and 28,951±933.64, the fertilization rates were 32.00±15.13 and 63.33±3.67%, respectively. Furthermore, hatching rates were 27.95±11.76 and 76.05±2.35% and survival rates were 16.67±9.62 and 77.22±11.43%, respectively. Statistical analysis showed that there was no significant difference in the number of eggs ($p > 0.05$) among female fish. However, the fertilization rate, hatching rate and survival rate of these two groups. were statistically significant differences ($p < 0.05$) compare to the other groups.

Keywords: Breeding, *Ompok bimaculatus*, Small Recirculating Aquaculture System, Synthetic hormones

คำนำ

ปลาชะโอน *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794) (FishBase, 2021) (Butter catfish) เป็นปลาที่เมื่อโตเต็มวัยจะมีความยาวประมาณ 15–25 เซนติเมตร ในธรรมชาติอาจยาวได้ถึง 50 เซนติเมตร (ชลธิศักดิ์ และคณะ, 2547) พบในแม่น้ำลำคลองทั่วไปในเขตภาคใต้ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังพบในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จนถึงประเทศอินเดีย ปลาชะโอนเป็นปลาที่สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย มีรสชาติดีจึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภค โดยมีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 160–380 บาท (ตลาดไท, 2564) ดังนั้นทางคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงได้นำลูกพันธุ์ปลาชะโอนจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานี มาเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็กเป็นระยะเวลา 8 เดือน ซึ่งปลาชะโอนเพศเมียที่เลี้ยงไว้เริ่มมีไข่สอดคล้องกับข้อมูลของ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ชลบุรี, 2559) ที่รายงานว่าปลาชะโอนจะเริ่มมีไข่เมื่อมีอายุ 6 เดือนขึ้นไป จากนั้นทำการฉีด LHRHa ที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสุกของไข่และการตกไข่ ตามด้วย DOM ซึ่งจะไปยับยั้งการทำงานของ dopamine ที่จะไปยับยั้งการทำงานของ GnRH อีกที (อรธณพร และคณะ, 2545)

เนื่องจากการเพาะพันธุ์ปลาชะโอนในประเทศไทยยังคงมีน้อยดังนั้นในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยมีความสนใจทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่เหมาะสมในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอน เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการผลิตลูกพันธุ์ปลาชะโอนไว้ส่งเสริมเกษตรกรรายย่อยตลอดจนเป็นพื้นฐานการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่มีผลต่ออัตราการการตกไข่ อัตราปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย ของปลาชะโอนที่เพาะพันธุ์โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนขนาดเล็ก ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยดัดแปลงจากวิธีการของ (ประดิษฐ์ และคณะ, 2561) ซึ่งจะทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa เฉพาะในปลาชะโอนเพศเมีย โดยแบ่งเป็น 4 ระดับคือ 0, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และฉีดร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ Domperidone (DOM) อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รวมทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง (treatments) โดย

- ชุดการทดลองที่ 1 (T1) ฉีดแม่ปลาด้วยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ 0 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
- ชุดการทดลองที่ 2 (T2) ฉีดแม่ปลาด้วยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
- ชุดการทดลองที่ 3 (T3) ฉีดแม่ปลาด้วยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
- ชุดการทดลองที่ 4 (T4) ฉีดแม่ปลาด้วยระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

เตรียมการทดลอง

1. เตรียมบ่อสำหรับการทดลอง

เตรียมบ่อปูนซีเมนต์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความสูงจากพื้นบ่อถึงปากบ่อ 40 เซนติเมตร จำนวน 12 บ่อ ล้างทำความสะอาดแล้วตากบ่อให้แห้ง เติมน้ำในบ่อสูง 35 เซนติเมตรเท่ากันทุกบ่อ และต่อหัวทรายสำหรับเติมอากาศในน้ำบ่อละ 1 หัว โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

2. เตรียมพ่อแม่พันธุ์

ทำการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาชะโอนโดยจำนวนพ่อพันธุ์ที่ใช้คือ 24 ตัวและแม่พันธุ์ที่ใช้คือ 12 ตัว ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็กซึ่งมีอายุ 8 เดือน โดยคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ปลาชะโอนที่มีลักษณะสมบูรณ์ไม่เป็นโรคหรือพิการ ปลาชะโอนสามารถแยกเพศได้โดยดูจากลักษณะภายนอกเหมือนปลาเนื้ออ่อนชนิดอื่นๆ เช่น ปลาชะโอนหิน ปลาเค้าขาว และปลาจืด โดยปลาเพศเมียจะมีลักษณะของก้านครีบหูอันแรกเรียบ เมื่อใช้มือลูบจะรู้สึกลื่น ผนังท้องบางและอูมเป่ง ช่องเพศขยายและมีสีแดงหรือชมพูเรื่อๆ ส่วนปลาเพศผู้ก้านครีบหูอันแรกจะมีลักษณะเป็นหยัก เมื่อใช้มือลูบจะรู้สึกสาก ลำตัวเรียวยาว ตีงเพศเรียวยาวแหลม เมื่อใช้มือรัดช่องท้องเบาๆ จะมีน้ำเชื้อสีขาวขุ่นไหลออกมา (อนุรักษ์, 2561) ปลาแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลองมีความยาวเฉลี่ย (Total length) 23.50 ± 0.15 และ 19.22 ± 0.29 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 154.77 ± 1.60 และ 52.43 ± 2.18 กรัม ตามลำดับ

การดำเนินการทดลอง

การเพาะพันธุ์

ดำเนินการเพาะพันธุ์โดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ให้กับปลาเพศเมียในอัตราความเข้มข้น 0, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยฉีดบริเวณโคนครีบหลังของปลา สำหรับปลาเพศผู้ฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa อัตราความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยฉีดตำแหน่งเดียวกับปลาเพศเมีย แล้วนำพ่อแม่พันธุ์ปลาชะโอนปล่อยลงในบ่อทดลองที่เตรียมไว้บ่อละ 3 ตัว อัตราส่วนพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ เท่ากับ 2:1 (ประดิษฐ์ และคณะ, 2561) ให้ปลาผสมพันธุ์กันเองโดยเลียนแบบธรรมชาติ จับเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดจนกระทั่งปลาเริ่มผสมพันธุ์วางไข่ ทำการจดบันทึกน้ำหนักของแม่พันธุ์ปลาก่อนการทดลองทุกตัว

การเก็บข้อมูล

เมื่อปลาวางไข่และผสมพันธุ์เรียบร้อยแล้ว ทำการสุ่มไข่ปลาชะโอนจากบ่อทดลองบ่อละ 100 ฟอง มาพักในตะกร้าขนาด 7×10 เซนติเมตร ที่มีผ้าโอลอนแก้วรองด้านในอีกชั้น โดยผูกตะกร้าให้ลอยไว้ในบ่อเดิมของไข่ชุดนั้นๆ เพื่อประเมินอัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย ตามวิธีของอุทัยรัตน์ (2538 อ้างใน ประดิษฐ์ และคณะ, 2561) ดังนี้

- จำนวนไข่ ประเมินจำนวนไข่โดยคัดเลือกปลาเพศเมียที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกับแม่ปลาที่ใช้ในการทดลอง ฝาท้องแล้วนำไข่ทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักและนับจำนวนไข่ในน้ำหนัก 1 กรัม โดยปลาที่ใช้จะเป็นปลาคนละชุดกับการฉีดกระตุ้นฮอร์โมน

$$\text{จำนวนไข่ทั้งหมด} = \text{น้ำหนักไข่ทั้งหมด (กรัม)} \times \text{จำนวนไข่ที่นับได้ใน 1 กรัม}$$

$$\text{- อัตราการตกไข่ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนแม่ปลาที่ตกไข่}}{\text{จำนวนแม่ปลาที่ฉีดฮอร์โมน}} \times 100$$

$$\text{- อัตราการปฏิสนธิ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนไข่ที่เจริญถึงขั้นแกสตรูลาระยะหลัง}}{\text{จำนวนไข่ทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{- อัตราการฟัก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาที่ฟักเป็นตัว}}{\text{จำนวนไข่ที่ปฏิสนธิ}} \times 100$$

$$\text{- อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนลูกปลาที่รอดจนถึงแดงยุบ}}{\text{จำนวนลูกปลาที่ฟักเป็นตัว}} \times 100$$

- ทำการชั่งน้ำหนักแม่ปลาหลังจากการผสมพันธุ์วางไข่เสร็จสิ้นแล้ว เพื่อนำมาคำนวณจำนวนไข่ที่แม่ปลาตกไข่ออกมา ดังนี้

$$\text{จำนวนไข่ที่แม่ปลาตกไข่} = (\text{น้ำหนักก่อนการทดลอง} - \text{น้ำหนักหลังการทดลอง}) \times \text{จำนวนไข่ที่นับได้ใน 1 กรัม}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจำนวนแม่ปลาที่ตกไข่ อัตราการตกไข่ จำนวนไข่ต่อแม่ปลา อัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย มาทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การประเมินจำนวนไข่ต่อแม่พันธุ์

ทำการประเมินโดยการนำแม่พันธุ์ปลาชะโอนที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับแม่พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 ตัว มาผ่าเปิดช่องท้องเพื่อนับและประเมินจำนวนไข่ในรังไข่ของแม่พันธุ์ ซึ่งแม่พันธุ์ที่ใช้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 156.93±4.90 กรัม น้ำหนักไข่เฉลี่ย 22.19±0.67 กรัมต่อตัว จำนวนไข่ต่อน้ำหนักไข่ 1 กรัมเฉลี่ย 1,359.67±62.88 ฟอง และมีจำนวนไข่เฉลี่ย 30,148.00±1,646.92 ฟองต่อตัว (Table 1)

น้ำหนักเฉลี่ยของแม่ปลาที่ใช้ในการศึกษาการผสมพันธุ์วางไข่

จากการศึกษาในระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่เหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์ปลาชะโอนโดยใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก โดยทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าแม่พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดจำนวน 12 ตัว แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ย 152.77±3.74, 156.70±1.57, 156.83±4.06 และ 152.77±3.83 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำหนักของแม่พันธุ์แต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 1)

จำนวนแม่พันธุ์ที่ตกไข่ และอัตราการตกไข่

จากการศึกษาพบว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนมีการตกไข่ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รวม 6 ตัว โดยมีอัตราการตกไข่คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสองชุดการทดลอง ส่วนแม่พันธุ์ปลาชะโอนชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีการตกไข่ทั้งสองชุดการทดลอง (Table 1)

ระยะเวลาตกไข่

แม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เริ่มมีการตกไข่หลังจากได้รับการฉีดฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 11.30 ± 0.09 และ 10.54 ± 0.25 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาในการตกไข่ของแม่พันธุ์ปลาสะโสนทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลา

แม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลาเท่ากับ 20.99 ± 0.37 และ 21.29 ± 0.67 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลาทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 1)

จำนวนไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลา

ไข่ปลาที่เกิดจากการตกไข่ของแม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีจำนวนไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลาเท่ากับ $28,539.47 \pm 496.42$ และ $28,951 \pm 933.64$ ฟอง เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าจำนวนไข่เฉลี่ยต่อแม่ปลาทั้งสองชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 1)

อัตราการปฏิสนธิ

ไข่ที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการปฏิสนธิเฉลี่ยเท่ากับ 32.00 ± 15.13 และ 63.33 ± 3.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการปฏิสนธิเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

อัตราการฟัก

ไข่ที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการฟักเฉลี่ยเท่ากับ 27.95 ± 11.76 และ 76.05 ± 2.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการฟักเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

อัตราการรอดตาย

ลูกปลาที่ฟักออกจากไข่ที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาสะโสนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 ± 9.62 และ 77.22 ± 11.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยของทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1)

Table 1 General information and breeding parameters of butter catfish females which were induced by different and fixed concentrations of LHRHa and DOM, respectively

Average	Experiment treatments			
	T1 (0 µg/kg)	T2 (15 µg/kg)	T3 (20 µg/kg)	T4 (25 µg/kg)
Breeder weight (g)	152.77±3.74 ^a	156.70±1.57 ^a	156.83±4.06 ^a	152.77±3.83 ^a
Number of ovulated breeders	0.00 ^a	0.00 ^a	3 ^b	3 ^b
Ovulation rate (percent)	0.00 ^a	0.00 ^a	100 ^b	100 ^b
Ovulation period (hours)	0.00 ^a	0.00 ^a	11.30±0.09 ^b	10.54±0.25 ^c
Average egg weight per fish (g)	0.00 ^a	0.00 ^a	20.99±0.37 ^b	21.29±0.67 ^b
Average number of eggs per fish (bubbles)	0.00 ^a	0.00 ^a	28,539.47±496.42 ^b	28,951±933.64 ^b
Fertilization rate (percent)	0.00 ^a	0.00 ^a	32.00±15.13 ^b	63.33±3.67 ^c
Hatching rate (percent)	0.00 ^a	0.00 ^a	27.95±11.76 ^b	76.05±2.35 ^c
Survival rate (percent)	0.00 ^a	0.00 ^a	16.67±9.62 ^a	77.22±11.43 ^b

Note: Horizontally different English letters show a statistically significant difference at a confidence level of 95 percent ($p < 0.05$).

สรุป

ผลของการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอน *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1974) โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็ก ได้ทำการศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ที่ต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 15, 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปล่อยให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันเองโดยวิธีการเลียนแบบธรรมชาติ พบว่าแม่พันธุ์ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ความเข้มข้น 0 และ 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิดการตกไข่ แตกต่างจากผลการทดลองของ (ประดิษฐ์ และคณะ, 2561) ที่แม่พันธุ์ปลาชะโอนสามารถเกิดการตกไข่เมื่อได้รับการฉีดด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์ Buserelin acetate ที่ระดับความเข้มข้น 15 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่แม่พันธุ์ในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการตกไข่ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ (ธีรวัฒน์ และวัฒนา, 2559) ที่ได้ทำการเพาะพันธุ์ปลาจืดโดยการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa อัตราความเข้มข้น

20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าสามารถกระตุ้นให้แม่พันธุ์ปลาเกิดการตกไข่ได้ และ (เพ็ญประภา และคณะ, 2559) ได้ทำการศึกษาการเพาะพันธุ์ปลาเค้าขาว โดยแม่พันธุ์ปลาเค้าขาวสามารถกระตุ้นให้เกิดการตกไข่ได้ด้วยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa อัตราความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM จะทำงานผ่านระบบ hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis สมของส่วนไฮโปทาลามัสหลังฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone (GnRH) ไปกระตุ้นเซลล์ gonadotroph ในต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้ผลิตและหลั่งฮอร์โมน gonadotropin (GtH) มากกระตุ้นการพัฒนาและเจริญสมบูรณ์เต็มที่ของไข่ (final oocyte maturation) (Nagahama, 2008)

ผลการศึกษาพบว่า แม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เกิดการตกไข่หลังจากได้รับการฉีดฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 11.30 ± 0.09 และ 10.54 ± 0.25 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่าระยะเวลาในการตกไข่ของแม่พันธุ์ปลาชะโอนทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยแม่พันธุ์ที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีการตกไข่เร็วกว่าแม่พันธุ์ที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างจากประดิษฐ์ และคณะ (2561) ที่แม่พันธุ์ปลาชะโอนเกิดการตกไข่หลังจากได้รับการฉีดฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 6–8 ชั่วโมง แต่สอดคล้องกับ (ธีรวัฒน์ และวัฒนา, 2559) ที่ได้ทำการเพาะพันธุ์ปลาจืด โดยแม่พันธุ์ปลาจืดเกิดการตกไข่หลังจากได้รับการฉีดฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 10–11 ชั่วโมง และ (อนุรักษ์, 2561) ที่พบว่าปลาชะโอนหินสามารถตกไข่หลังจากได้รับการฉีดฮอร์โมนเป็นระยะเวลา 10.25–11.28 ชั่วโมง และใกล้เคียงกับการเพาะพันธุ์ปลาแดงที่มีระยะเวลาการตกไข่อยู่ระหว่าง 10.53–11.11 ชั่วโมง (อนุรักษ์, 2561)

การทดลองครั้งนี้ใช้แม่พันธุ์ปลาชะโอนน้ำหนักตัวเฉลี่ย 156.93 ± 4.90 กรัม น้ำหนักไข่ทั้งหมดเฉลี่ย 22.19 ± 0.67 กรัม จำนวนไข่ทั้งหมดเฉลี่ย $30,148.00 \pm 1,646.92$ ฟองต่อตัว และจำนวนไข่ใน 1 กรัมเฉลี่ย $1,359.67 \pm 62.88$ ฟอง ผลการศึกษาไข่ที่ได้จากแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ความเข้มข้น 20 และ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม พบว่ามี อัตราการปฏิสนธิเฉลี่ยเท่ากับ 32.00 ± 15.13 และ 63.33 ± 3.67 เปอร์เซ็นต์ อัตราการฟักเฉลี่ยเท่ากับ 27.95 ± 11.76 และ 76.05 ± 2.35 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการรอดตายเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 ± 9.62 และ 77.22 ± 11.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า อัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม มีอัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตาย สูงกว่าแม่พันธุ์ปลาชะโอนในชุดการทดลองที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการปฏิสนธิ อัตราการฟัก และอัตราการรอดตายของ ปลาเค้าขาว (เพ็ญประภา และคณะ, 2559) ปลาโพง (เจริญ และสมบัติ, 2547) อ่างใน เพ็ญประภาและคณะ, 2559) ปลาชะโอนหิน (อนุรักษ์, 2561) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ธีรวัฒน์ และวัฒนา, 2559) ที่กล่าวว่าได้ทำการศึกษาการเพาะพันธุ์ปลาจืด *Heteropneustes fossilis* (Bloch, 1794) โดยการใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa ฉีดกระตุ้นแม่ปลา 2 ครั้ง ห่างกัน 6 ชั่วโมง ในอัตราความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ปลาจืดมีอัตราการตกไข่ 100 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ LHRHa อัตราความเข้มข้น 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับยาเสริมฤทธิ์ DOM อัตราความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความเหมาะสมที่สุด ในการทดลองครั้งแรกเกิดความล้มเหลวเนื่องจากปัญหาของพ่อพันธุ์ปลาชะโอนที่เลี้ยงในบ่อเลี้ยงส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำเชื้อน้อย และไม่เพียงพอในการผสมพันธุ์กับปลาตัวเมีย ทำให้การทดลองครั้งที่ 2 ต้องทำการคัดเลือกพ่อพันธุ์ปลาชะโอนที่ตัวใหญ่และสมบูรณ์แยก

เลี้ยงเพื่อบำรุงให้มีความสมบูรณ์เพศมากขึ้น จึงทำให้การทดลองครั้งที่ 2 ประสบความสำเร็จ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์เพิ่มเติม ในเรื่องของอาหาร ความหนาแน่นที่เหมาะสม และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่มีผลต่อความสมบูรณ์เพศของพ่อแม่พันธุ์ เพื่อพัฒนาวิธีการเลี้ยงปลาชะโอนในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ให้ดีและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ชลธิศักดิ์ ชาวปากน้ำ, อภิชาติ เต็มวิซชากร, สุญญาณี ชัยชนะกสิกรรม. 2547. พัฒนาการของลูกปลาชะโอนวัยอ่อน. รายงานการสัมมนาวิชาการประมงประจำปี 2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี.
- ธีรวัฒน์ สัมภวานะ, วัฒนา หนูนิล. (2559). การเพาะพันธุ์ปลาจืดโดยใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์เปรียบเทียบกับวิธีปล่อยรัดตามธรรมชาติและวิธีผสมเทียม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2559. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดปทุมธานี, กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง.
- ตลาดไท. 2564. ตลาดปลาน้ำจืด. https://talaadthai.com/product-search/result?page=&per_page=30&subcat_id=10133, 20 เมษายน 2564.
- ประดิษฐ์ เพ็ชรจรรยา, จินตนา มหาวังศ์, ประหยัด ไชยลิก. 2561. การเพาะและอนุบาลปลาชะโอน. รายงานประจำปี 2561. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 7 (ชลบุรี), กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 157–167.
- เพ็ญประภา แพวิเศษ, สาวมล ภูดีกา, เมธา คชชาติ. 2550. การเพาะพันธุ์ปลาเค้าขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 17/2550. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพิษณุโลก, กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ชลบุรี. 2559. ปลาประจำหน่วยงาน. https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/102/658.
- อนุรักษ์ สุขโข. 2561. ผลของฮอร์โมนสังเคราะห์ ต่ออิมมูโนโกลบูลิน และ HCG ในการเพาะพันธุ์ปลาชะโอนหิน. รายงานประจำปี 2561. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเขต 7 (ชลบุรี), กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 117–134.
- อรรณพ อิมศิริ, วิทยา ตินนังวัฒนะ, มาลัย อิมศิริ. 2545. การเพาะพันธุ์ปลาจาด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 11/2545. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเพชรบุรี.
- FishBase. 2021. <https://www.fishbase.se/summary/Ompok-bimaculatus.html>, 16 มกราคม 2565.
- Nagahama, Y., & Yamashita, M. 2008. Regulation of oocyte maturation in fish. Development, growth & Differentiation. 50: S195–S219.

การศึกษาความไวของยาด้านจุลชีพในหลอดทดลองต่อแบคทีเรียก่อโรคที่แยกได้จากสัตว์น้ำ *In vitro* antibacterial susceptibility testing of antimicrobial drugs against pathogenic bacteria isolated from aquatic animals

สุนิสา กุมพภักดิ์^a, ถิรวัดน์ รายรัตน์^a, ประพันธ์ศักดิ์ ศิริชะภาภูมิ^b, พุทธรัตน์ เบ้าประเสริฐกุล^c, นิตติ ชูเชิด^{a,*}
Sunisa Kumphaphat^a, Tirawat Rairat^a, Prapansak Srisapoom^b, Puttharat Baoprasertkul^c, Niti Chuchird^{a,*}

^aภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^cกองวิจัยและพัฒนาสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cAquatic Animal Health Research and Development Division, Department of Fisheries, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: ffishntc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความไวต่อยาด้านจุลชีพของแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำในหลอดทดลองด้วยวิธี broth microdilution ของยา 5 ชนิด ได้แก่ florfenicol (FF), oxytetracycline (OTC), sulfadimethoxine (SDM), amoxicillin (AMX), และ enrofloxacin (ENR) จากกุ้งขาวแวนนาไมต่อเชื้อ *Vibrio* spp. จากปลาน้ำจืดหลากหลายชนิดต่อเชื้อ *Aeromonas hydrophila* และจากปลากะพงขาวต่อเชื้อ *Streptococcus iniae* การศึกษาพบว่ายา ENR มีประสิทธิภาพสูงที่สุดต่อเชื้อทั้ง 3 กลุ่ม โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ 90% (MIC₉₀) ไม่เกิน 1 µg/mL ส่วนยา FF และ OTC พบว่ายังคงมีฤทธิ์ดีต่อ *Vibrio* spp. เท่านั้น (ค่า MIC₉₀ เท่ากับ 1 และ 0.5 µg/mL ตามลำดับ) ในขณะที่เชื้อทั้ง 3 กลุ่มดื้อต่อยา SDM และ AMX การศึกษานี้บ่งชี้ว่ายา ENR มีความเหมาะสมสำหรับการรักษาโรคแบคทีเรียในปลามากที่สุด ส่วนยา OTC และ FF มีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับการรักษาโรคติดเชื้อ *Vibrio* spp. ในกุ้ง

คำสำคัญ: กุ้งขาวแวนนาไม, ปลา, ฟลอร์เฟนิคอล, ยาปฏิชีวนะ, เอนโรฟล็อกซาซิน

Abstract

The study aimed to evaluate the *in vitro* antimicrobial susceptibility of pathogenic bacteria from aquatic animals by broth microdilution technique. Five antimicrobial drugs, namely, florfenicol (FF), oxytetracycline (OTC), sulfadimethoxine (SDM), amoxicillin (AMX), and enrofloxacin (ENR) were tested against *Vibrio* spp. from Pacific white shrimp, *Aeromonas hydrophila* from freshwater fishes, and *Streptococcus iniae* from Asian seabass. The result revealed that ENR was the most potent drug against all groups of bacteria with the minimum inhibitory concentrations that inhibiting the growth of 90% (MIC₉₀) of no more than 1 µg/mL, whereas FF and OTC were only effective against *Vibrio* spp. (with the MIC₉₀ of 1 and 0.5 µg/mL, respectively). However, all groups of bacteria were resistant to SDM and AMX. In conclusion, ENR is the most effective drug to treat fish disease, while OTC and FF are more appropriate for treating *Vibrio* spp. infection in shrimp.

Keywords: , Antibiotics, Enrofloxacin, Fish, Florfenicol, Pacific white shrimp

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่าได้กลายเป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขระดับโลก การใช้อาาต้านจุลชีพอย่างไม่สมเหตุสมผลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้อุบัติการณ์การติดเชื้อของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น นอกจากการใช้อาาเพื่อป้องกันและรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียในมนุษย์แล้ว ยาต้านจุลชีพยังได้ถูกนำไปใช้เพื่อรักษาโรคติดเชื้อปลุสัตว์และสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย โดยประมาณการว่าในปี ค.ศ. 2017 ทั่วโลกมีการใช้อาาต้านจุลชีพถึง 10,259 ตันเพื่อการรักษาโรคสัตว์น้ำ และคาดการณ์ว่าการใช้อาาอาจสูงถึง 13,600 ตัน ในปี ค.ศ. 2030 (Schar et al., 2020) เนื่องจากระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในปัจจุบันเป็นแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่น (intensive aquaculture system) ให้ผลผลิตสัตว์น้ำสูงสุดต่อหน่วยพื้นที่เมื่อเทียบกับการเพาะเลี้ยงระบบอื่นๆ ส่งผลให้สัตว์น้ำมีความเครียดสูง และมีโอกาสเกิดโรคติดเชื้อแบคทีเรียได้ง่าย เกษตรกรบางส่วนจึงใช้อาาต้านจุลชีพเป็นหลักเพื่อควบคุมการระบาดของโรคเพราะในปัจจุบันยังไม่มีสารหรือผลิตภัณฑ์อื่นใดที่ให้ประสิทธิภาพในการรักษาโรคได้ดีเท่ายาต้านจุลชีพเมื่อเกิดการระบาดขึ้นแล้ว การใช้อาาอย่างไม่สมเหตุสมผล กล่าวคือ ใช้อาาโดยไม่ทราบชนิดของเชื้อก่อโรค ใช้ขนาดยาไม่ถูกต้อง ใช้อาาเพื่อป้องกันการเกิดโรค มีระยะหยุดยาไม่นานเพียงพอ หรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีคุณภาพ ฯลฯ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียพัฒนาความสามารถในการต้านทานยา และส่งผลให้ยาที่เคยใช้ได้ดีกลับไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้อีกต่อไป ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของหลายประเทศในเอเชียในปัจจุบัน (Phu et al., 2015; Mishra et al., 2017; Mo et al., 2017; Li et al., 2019)

การเลือกใช้อาาเพื่อรักษาโรคสัตว์น้ำของเกษตรกรจะต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัดซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ สำหรับประเทศไทยหน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลการใช้อาาต้านจุลชีพในสัตว์น้ำคือ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งได้อนุญาตให้สามารถใช้อาาต้านจุลชีพได้ 12 ชนิด ประกอบด้วยยาเดี่ยว 7 ชนิด ได้แก่ amoxicillin, enrofloxacin (ใช้ได้เฉพาะในปลา ไม่ให้ใช้ในกุ้ง), oxytetracycline, sarafloxacin, oxolinic acid, toltrazuril (ไม่ใช้อาาต้านแบคทีเรีย), และ sulfamonomethoxine sodium และยาผสม 5 ชนิดในกลุ่ม sulfonamides (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2555) ส่วนยาที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทย ได้แก่ chloramphenicol, ยากลุ่ม nitrofurans, ยากลุ่ม cephalosporins, ยากลุ่ม nitroimidazoles, และ malachite green (กรมประมง, 2563)

การศึกษาด้านความไวต่อยาต้านจุลชีพของเชื้อก่อโรคสัตว์น้ำของไทยโดยทั่วไปมักจะเป็นการศึกษาโดยใช้เทคนิค disc diffusion ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบการติดเชื้อของเชื้อได้เบื้องต้น แต่ไม่สามารถให้ข้อมูลความไวต่อยาในเชิงปริมาณได้ เช่น การศึกษาของ Niu et al. (2019) ที่พบอุบัติการณ์การติดเชื้อของแบคทีเรีย *Edwardsiella tarda* ที่แยกได้จากปลานิลแดงในแม่น้ำปิงต่อยา amoxicillin, ampicillin, ceftazidime, colistin, oxolinic acid, oxytetracycline, และ sulfamethoxazole/trimethoprim ในระดับสูงถึง 67–100% สำหรับกรณีเชื้อก่อโรคในกุ้งนั้น สรวณีย์ และคณะ (2563) รายงานว่าพบอุบัติการณ์การติดเชื้อของ *Vibrio* spp. ที่แยกได้จากกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มกุ้ง จ.จันทบุรี และ จ.สงขลา ต่อยา amoxicillin, ampicillin, oxytetracycline, และ ceftriaxone ในอัตรา 38–76% สำหรับการศึกษาความไวของเชื้อก่อโรคสัตว์น้ำต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี broth microdilution ซึ่งสามารถให้ข้อมูลความไวต่อยาเชิงปริมาณได้ คือค่า minimum inhibitory concentration (MIC) นั้น พบว่าเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่แยกได้จากกุ้งขาวมีค่า MIC ที่ยับยั้งเชื้อได้ 90% (MIC₉₀) ของจำนวนเชื้อทั้งหมดที่นำมาทดสอบ ต่อยา oxytetracycline, enrofloxacin, florfenicol, และ potentiated sulfonamides ไม่เกิน 4 µg/mL แต่กลับมีค่า MIC₉₀ ต่อ amoxicillin สูงกว่า 512 µg/mL (Tinh et al., 2016, 2021) ส่วนการทดสอบยาดังกล่าวต่อเชื้อ *Streptococcus* spp. จากปลานิล ยาส่วนใหญ่ให้ค่า MIC₉₀ ไม่เกิน 8 µg/mL ยกเว้น enrofloxacin (64 µg/mL) และ sulfamethoxazole/trimethoprim (9.5/0.5 µg/mL) (Lukkana et al., 2016)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความไวของเชื้อก่อโรคสัตว์น้ำต่อยาต้านจุลชีพ 7 ชนิดด้วยวิธี broth microdilution ประกอบด้วยยาที่อนุญาตให้ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทย 4 ชนิด ได้แก่ oxytetracycline (OTC), sulfadimethoxine (SDM), amoxicillin (AMX), และ enrofloxacin (ENR) ยาที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาแต่ยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศไทย 1 ชนิด ได้แก่ florfenicol (FF) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะช่วยให้เข้าใจสถานการณ์การดื้อยาต้านจุลชีพของแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำได้เบื้องต้น และยังเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาเลือกใช้ยาต้านจุลชีพที่เหมาะสมสำหรับการรักษาโรคสัตว์น้ำในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้ยาอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียม stock solution และ working solution ของยาต้านจุลชีพ

เตรียม stock solution ของยาต้านจุลชีพต่างๆ ได้แก่ florfenicol (FF) (Tokyo Chemical Industry, >98.0%), oxytetracycline (OTC) hydrochloride (Sigma-Aldrich), sulfadimethoxine (SDM) sodium salt (Sigma-Aldrich), amoxicillin (AMX) trihydrate (Tokyo Chemical Industry, >98.0%), และ enrofloxacin (ENR) (Tokyo Chemical Industry, >98.0%) โดยการชั่งสารมาตรฐานของยา (reference standards) มาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมตามคำแนะนำของ CLSI (2020) กล่าวคือละลาย FF ด้วย 95% ethanol ละลาย OTC และ SDM ด้วยน้ำกลั่น และละลาย ENR ด้วย 1 M NaOH จนได้ความเข้มข้น 10,000 µg/mL ส่วน AMX ให้ละลายด้วย 0.1 M phosphate buffer pH 6 จนได้ความเข้มข้น 1,000 µg/mL เนื่องจากมีความสามารถในการละลายต่ำกว่ายาชนิดอื่นๆ จากนั้นจึงเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -80°C จนกว่าจะนำมาใช้ทดสอบ การเตรียม working solution ของยาทำได้โดยการนำ stock solution ในปริมาณที่เหมาะสมมาเจือจางด้วย Mueller Hinton Broth (MHB) จนได้ความเข้มข้นของยา 256 µg/mL ปริมาตร 10 mL

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียสำหรับการทดสอบ

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ *Vibrio* spp. ที่แยกได้จากกุ้งขาว (20 isolates) เชื้อ *Aeromonas hydrophila* ที่แยกได้จากปลาน้ำจืดชนิดต่างๆ ได้แก่ ปลานิล ปลาหมอไทย ปลากดคัง ปลาคราฟ ปลาเทวดา ปลาเสือสุมาตรา และปลาทอง (12 isolates) และเชื้อ *Streptococcus iniae* ที่แยกได้จากปลากะพงขาว (5 isolates) โดยเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดถูกจำแนกชนิดโดยใช้วิธี PCR และถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -80°C ก่อนที่จะดำเนินการทดสอบแบคทีเรียจะถูกนำมาเลี้ยงใน nutrient agar (NA) (สำหรับ *A. hydrophila* และ *S. iniae*) หรือ NA ที่ผสมเกลือ (NaCl) 1.5% (สำหรับ *Vibrio* spp.) และนำไปป้อนที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียไปเพาะเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้ออีก 1 ครั้ง (subculture) ด้วยอาหารประเภทเดิมสำหรับแบคทีเรียแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง

การทดสอบความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี broth microdilution

การทดสอบความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพใช้วิธีของ CLSI (CLSI 2014) โดยนำยาต้านจุลชีพมาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรีย (minimum inhibitory concentration, MIC) โดยเขี่ยเชื้อแบคทีเรียใส่ลงใน 0.85% NaCl จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 625 nm ให้ได้ค่า OD อยู่ในช่วง 0.08–0.13 ซึ่งจะเทียบเท่ากับความเข้มข้นของเชื้อ 1×10^8 CFU/mL จากนั้นเจือจางเชื้อต่ออีก 100 เท่าด้วย 0.85% NaCl เพื่อให้ได้แบคทีเรียความเข้มข้นประมาณ 1×10^6 CFU/mL การหาค่า MIC ใน 96-well microtiter plate ทำ

ได้โดยเตรียมสารละลายยาต้านจุลชีพที่มีความเข้มข้นต่างๆกันด้วยวิธี 2-fold serial dilution จนได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 256 ถึง 0.5 µg/mL ปริมาตร 50 µL ต่อหลุม จากนั้นจึงเติมสารละลายเชื้อแบคทีเรีย (ความเข้มข้นประมาณ 1×10^6 CFU/mL) ลงไป 50 µL เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้จะได้สารละลายยาที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันทั้งหมด 10 ระดับ ได้แก่ 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5 และ 0.25 µg/mL ซึ่งแต่ละหลุมจะมีแบคทีเรียความเข้มข้นประมาณ 5×10^5 CFU/mL ต่อมาจึงนำ 96-well microtiter plate ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 18–24 ชั่วโมง แล้วอ่านผลโดยสังเกตการเกิดตะกอนของแบคทีเรียในแต่ละหลุม หากไม่พบตะกอนจะแปลผลได้ว่ายาที่มีความเข้มข้นดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ ดังนั้นสารละลายยาที่มีความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อจะอ่านผลเป็นค่า MIC และค่า MIC ที่ได้นี้จะถูกนำมาคำนวณหาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ 50% และ 90% (MIC_{50} และ MIC_{90}) ของจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดสอบ การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration, MBC) สามารถทำได้โดยนำสารละลายจาก 96-well microtiter plate ในหลุมของกลุ่มทดสอบที่ไม่เกิดตะกอนมาเพาะเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 18–24 ชั่วโมง โดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารละลายจากหลุมใดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อจะอ่านผลเป็นค่า MBC

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบความไวต่อยาในหลอดทดลองด้วยวิธี disc diffusion มีข้อจำกัดสำคัญคือทำให้ทราบประสิทธิภาพของยาต่อเชื้อนั้นๆ ได้โดยประมาณ แต่ไม่สามารถระบุค่าเชิงปริมาณได้ จึงไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้พิจารณาขนาดยาที่เหมาะสม หรือเปรียบเทียบกับระดับยาในร่างกายสัตว์น้ำได้ ประกอบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้จำแนกประเภทเชื้อตามความไวต่อยา (breakpoint) ให้เป็นกลุ่มที่ไวต่อยา (susceptible, S) มีแนวโน้มต่อยา (intermediate, I) และดื้อยา (resistance, R) สำหรับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำในปัจจุบันมีข้อมูลเพียงแค่ *Aeromonas salmonicida* ต่อยา oxytetracycline และ oxolinic acid เท่านั้น (CLSI, 2020) การแปลผล disc diffusion สำหรับแบคทีเรียชนิดอื่นๆโดยอ้างอิงจากเกณฑ์ หรืออาศัยเกณฑ์ของเชื้อก่อโรคในมนุษย์หรือปศุสัตว์มาประยุกต์ใช้กับเชื้อก่อโรคสัตว์น้ำอาจส่งผลให้ผลทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ในทางตรงข้ามการศึกษาความไวต่อยาด้วยวิธี broth microdilution สามารถให้ข้อมูลความไวต่อยาเชิงปริมาณได้ (ค่า MIC) จึงสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการเปรียบเทียบความไวต่อยากับการศึกษาอื่นๆ ได้โดยตรง และยังใช้เปรียบเทียบกับระดับยาในร่างกายสัตว์น้ำได้ด้วย แม้ว่าในปัจจุบันจะยังไม่มี breakpoint มาตรฐานสำหรับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำส่วนใหญ่ก็ตาม นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวยังมีประโยชน์ในการใช้กำหนดหรือปรับขนาดยาด้วยวิธีทางเภสัชจลนศาสตร์/เภสัชพลศาสตร์ (PK/PD) ได้อีกด้วย (Rairat et al., 2019) การกำหนดค่า MIC เป้าหมายสำหรับการรักษาสำหรับการศึกษานี้จะใช้ค่า MIC_{90} เป็นตัวแทนค่าความไวต่อยาของแบคทีเรียชนิดนั้นๆ (Aliabadi and Lees, 2000; EMA, 2016) แต่ด้วยเหตุที่ว่าในปัจจุบันยังไม่มีกำหนด breakpoint สำหรับเชื้อ *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila*, และ *Streptococcus iniae* ที่ก่อโรคสัตว์น้ำ (CLSI, 2020) การศึกษานี้จะใช้ค่า MIC_{90} ที่ 2–4 µg/mL เป็น breakpoint ขั้นต้น กล่าวคือถ้า MIC_{90} ของยาใดๆ มีค่าน้อยกว่า 2 µg/mL จะถือว่าเชื้อยังไวต่อยา แต่ถ้ามากกว่า 4 µg/mL ก็ถือว่าเชื้อดื้อยา เนื่องจากยาส่วนมากมักจะสามารรถถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดถึงระดับความเข้มข้น 2 µg/mL ได้นานเพียงพอหากใช้ขนาดยาที่เหมาะสม แต่เป็นไปได้ยากที่ยาจะรักษาระดับความเข้มข้นให้สูงกว่า 4 µg/mL ได้นานเพียงพอโดยไม่ใช้ขนาดยาที่อาจสูงเกินไป (Li et al., 2015; Rairat et al., 2019, 2020; Uney et al., 2021) อย่างไรก็ตามเกณฑ์ที่เสนอนี้เป็นเพียงแค่สมมติฐานเบื้องต้นเท่านั้น เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มได้ว่าเชื้อที่เราากำลังศึกษานั้นมีความไวต่อยาหรือไม่

ผลการทดสอบความไวของยาต้านจุลชีพต่อแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำแต่ละ isolate ได้แสดงรายละเอียดไว้ใน Table 1 ส่วนผล MIC₅₀ MIC₉₀ และ MIC range ของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มได้สรุปไว้ใน Table 2 ผลการศึกษาพบว่าแม้เพียงแค่ ENR เท่านั้นที่มีฤทธิ์ดีในการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 กลุ่ม โดยมีค่า MIC₉₀ ไม่เกิน 1 µg/mL ในขณะที่ OTC มีฤทธิ์ดีต่อ *Vibrio* spp. และอาจจะรวมถึง *S. iniae* ด้วย แต่ในกรณีของประเทศไทยนั้น ENR มีข้อบ่งชี้เฉพาะในปลาและไม่สามารถใช้เพื่อรักษาโรคกุ้งได้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2555) ในขณะที่ยา SDM และ AMX พบว่ามีค่า MIC₉₀ ต่อเชื้อทั้ง 3 กลุ่ม อยู่ระหว่าง 32–168 µg/mL จึงถือว่าเชื้อทุกกลุ่มที่นำมาทดสอบได้ดื้อยาทั้ง 2 ชนิดนี้แล้ว ส่วนยา FF นั้น พบว่ายังคงมีฤทธิ์ดีต่อ *Vibrio* spp. เท่านั้น (ค่า MIC₉₀ อยู่ระหว่าง 1–2 µg/mL) ข้อสรุปดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Tinh et al. (2016, 2021) ที่ได้ทดสอบยากับ *V. parahaemolyticus* จากกุ้งขาวในประเทศไทย โดยมีค่า MIC₉₀ อยู่ระหว่าง 0.25–4 µg/mL สำหรับ ENR OTC และ FF และ >512 µg/mL สำหรับ AMX อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Lukkana et al. (2016) กลับพบว่าเชื้อ *Streptococcus* spp. ที่แยกได้จากปลานิลในประเทศไทยดื้อต่อยา ENR และ OTC (มีค่า MIC₉₀ เท่ากับ 64 และ 8 µg/mL ตามลำดับ) แต่ยังคงไวต่อยา FF และ AMX (มีค่า MIC₉₀ เท่ากับ 1 และ 0.062 µg/mL ตามลำดับ) ข้อสังเกตจากการศึกษานี้การที่พบว่า *Vibrio* spp. จากกุ้งขาวแวนนาไม่มักจะมี ความไวต่อยามากกว่าเชื้อ *A. hydrophila* และ *S. iniae* ที่แยกได้จากปลาเป็นไปได้ว่าเกิดจากการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่มีความมุ่งหมายในการเลี้ยงกุ้งเพื่อการส่งออกเป็นหลัก จึงต้องทำตามมาตรฐานของประเทศผู้นำเข้าโดยการหลีกเลี่ยงการใช้ยาต้านจุลชีพอย่างพร่ำเพรื่อเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาตกค้างในเนื้อกุ้ง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) ต่างกับเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาที่มักจะส่งขายตลาดภายในประเทศเป็นหลัก ซึ่งการควบคุมติดตามการใช้ยาต้านจุลชีพยังคงมีความเข้มงวดน้อยกว่า ทั้งนี้ ENR เป็นยาต้านจุลชีพเพียงชนิดเดียวที่ยังคงมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของปลาในการศึกษานี้ ทำให้มีความจำเป็นต้องควบคุมจำกัดการใช้ ENR อย่างเข้มงวดเพื่อป้องกันไม่ให้แบคทีเรียส่วนใหญ่พัฒนาความสามารถในการดื้อยาจนกระทั่งยาดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพอีกต่อไป อย่างไรก็ตามการดื้อยา ENR ของแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำบางชนิดก็ได้มีรายงานบ้างแล้วในปัจจุบัน (Lukkana et al., 2016) ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่ ENR เป็นหนึ่งในยาที่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนิยมใช้กันค่อนข้างมากและพบการตกค้างได้บ่อยกว่ายาชนิดอื่นๆ (สรวิชัย และคณะ, 2561; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2563) สำหรับยา FF ซึ่งขณะนี้ยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยนั้น ผลการศึกษายังบ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพค่อนข้างดีสำหรับการยับยั้งเชื้อ *Vibrio* spp. (มีค่า MIC₉₀ เท่ากับ 1 µg/mL) อีกทั้ง FF ยังมีความเป็นพิษต่ำและไม่มีข้อบ่งชี้ในมนุษย์ทำให้เป็นที่ยอมรับในหลายประเทศให้สามารถใช้ในการรักษาโรคสัตว์น้ำที่เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ได้ รวมทั้งสหรัฐอเมริกา (U.S. FDA, 2021) สหภาพยุโรป (EC, 2021) และสาธารณรัฐประชาชนจีน (Ministry of Agriculture (MOA), 2002) ซึ่งเป็นตลาดส่งออกสินค้าสัตว์น้ำที่สำคัญของไทย จึงมีศักยภาพในการพิจารณาใช้เป็นทางเลือกเพื่อรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของไทยในอนาคตหากได้รับการอนุญาตจากทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของรัฐบาลไทย

Table 1 Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of florfenicol (FF), oxytetracycline (OTC), sulfadimethoxine (SDM), amoxicillin (AMX), and enrofloxacin (ENR) against *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila*, and *Streptococcus iniae* isolated from aquatic animals

Bacteria	Host	Antibacterial activity (µg/mL)									
		FF		OTC		SDM		AMX		ENR	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
<i>Vibrio alginolyticus</i> isolate 1	Pacific white shrimp	0.5	1	0.5	0.5	128	128	128	>128	≤0.25	0.25
<i>Vibrio alginolyticus</i> isolate 2	Pacific white shrimp	1	1	≤0.25	0.25	128	128	32	64	≤0.25	2
<i>Vibrio cholerae</i> isolate 1	Pacific white shrimp	1	1	0.5	0.5	128	>128	32	64	≤0.25	16
<i>Vibrio fluvalis</i> isolate 1	Pacific white shrimp	1	1	0.5	0.5	32	64	16	16	≤0.25	2
<i>Vibrio harveyi</i> isolate 1	Pacific white shrimp	0.5	8	0.5	2	128	128	32	64	≤0.25	0.25
<i>Vibrio harveyi</i> isolate 2	Pacific white shrimp	0.5	0.5	8	8	128	128	2	8	≤0.25	0.25
<i>Vibrio mimicus</i> isolate 1	Pacific white shrimp	1	1	≤0.25	0.25	128	128	16	16	≤0.25	2
<i>Vibrio vulnificus</i> isolate 1	Pacific white shrimp	1	32	0.5	0.5	128	128	4	4	≤0.25	0.25
<i>Vibrio vulnificus</i> isolate 2	Pacific white shrimp	1	32	0.5	0.5	128	128	32	64	≤0.25	0.25
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 1	Pacific white shrimp	0.5	0.5	0.5	0.5	128	128	4	32	≤0.25	≤0.25
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 2	Pacific white shrimp	1	2	≤0.25	0.25	0.5	1	8	64	≤0.25	4
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 3	Pacific white shrimp	≤0.25	1	≤0.25	0.25	1	4	16	64	≤0.25	0.25
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 4	Pacific white shrimp	1	1	0.5	1	128	128	32	32	≤0.25	4
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 5	Pacific white shrimp	1	1	0.5	1	128	128	16	64	≤0.25	0.5
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 6	Pacific white shrimp	0.5	0.5	≤0.25	0.25	128	128	128	128	≤0.25	0.5
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 7	Pacific white shrimp	0.5	0.5	≤0.25	0.25	128	128	16	16	≤0.25	0.25

Table 1 (Cont.)

Bacteria	Host	Antibacterial activity ($\mu\text{g/mL}$)									
		FF		OTC		SDM		AMX		ENR	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 8	Pacific white shrimp	0.5	0.5	≤ 0.25	0.25	128	128	32	32	≤ 0.25	8
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 9	Pacific white shrimp	0.5	0.5	≤ 0.25	0.25	128	128	8	8	≤ 0.25	32
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 10	Pacific white shrimp	1	1	≤ 0.25	0.25	128	128	32	32	≤ 0.25	0.25
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> isolate 11	Pacific white shrimp	0.5	0.5	0.5	0.5	128	128	16	16	≤ 0.25	2
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 1	Nile tilapia	128	128	128	128	128	128	128	128	16	32
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 2	Nile tilapia	1	1	0.5	0.5	128	128	16	16	≤ 0.25	0.25
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 3	Nile tilapia	4	4	8	8	128	128	128	128	0.5	4
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 4	Climbing perch	16	16	16	64	128	128	128	128	0.5	2
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 5	Asian redbtail catfish	8	8	128	128	128	128	128	128	1	64
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 6	Koi carp	8	8	64	64	128	128	128	128	1	8
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 7	Koi carp	1	1	32	64	128	128	16	64	≤ 0.25	1
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 8	Koi carp	16	16	32	64	128	128	128	128	0.5	4
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 9	Angelfish	8	8	32	64	128	128	128	128	≤ 0.25	2
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 10	Angelfish	8	32	32	64	128	128	128	128	≤ 0.25	1
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 11	Sumatra barb	16	32	64	64	128	128	128	128	0.5	16
<i>Aeromonas hydrophila</i> isolate 12	Goldfish	16	32	16	32	128	128	128	128	≤ 0.25	8

Table 1 (Cont.)

Bacteria	Host	Antibacterial activity ($\mu\text{g/mL}$)									
		FF		OTC		SDM		AMX		ENR	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
<i>Streptococcus iniae</i> isolate 1	Asian seabass	8	16	4	64	128	128	64	64	0.5	4
<i>Streptococcus iniae</i> isolate 2	Asian seabass	8	16	2	32	32	128	32	128	0.5	8
<i>Streptococcus iniae</i> isolate 3	Asian seabass	8	16	2	2	32	128	32	128	0.5	8
<i>Streptococcus iniae</i> isolate 4	Asian seabass	8	16	1	1	128	128	32	128	0.5	4
<i>Streptococcus iniae</i> isolate 5	Asian seabass	4	8	1	4	16	16	32	128	0.5	8

Table 2 Minimum inhibitory concentrations that inhibiting the growth of 50% and 90% of the isolates (MIC_{50} and MIC_{90}) and MIC range ($\mu\text{g/mL}$) of antimicrobial drug against pathogenic bacteria of aquatic animals

Antimicrobial drug	<i>Vibrio</i> spp. ($n = 20$)			<i>Aeromonas hydrophila</i> ($n = 12$)			<i>Streptococcus iniae</i> ($n = 5$)		
	from Pacific white shrimp			from freshwater fishes			from Asian seabass		
	MIC_{50}	MIC_{90}	MIC range	MIC_{50}	MIC_{90}	MIC range	MIC_{50}	MIC_{90}	MIC range
Florfenicol	0.5	1	$\leq 0.25-1$	8	16	1-128	8	8	4-8
Oxytetracycline	0.5	0.5	$\leq 0.25-8$	32	128	0.5-128	2	4	1-4
Sulfadimethoxine	128	128	0.5-128	128	128	128	32	128	16-128
Amoxicillin	16	32	2-128	128	128	16-128	32	64	32-64
Enrofloxacin	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.25	0.5	1	$\leq 0.25-16$	0.5	0.5	0.5

สรุปผล

การทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพด้วยวิธี broth microdilution พบว่ายา ENR มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียที่ดีที่สุดต่อทั้ง *Vibrio* spp. จากกุ้งขาวแวนนาไม และ *A. hydrophila* และ *S. iniae* จากปลาโดยมีค่า MIC₉₀ ไม่เกิน 1 µg/mL รองลงมาคือยา OTC และ FF ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้ง *Vibrio* spp. ได้ดี แต่อาจไม่มีประโยชน์กับแบคทีเรียที่แยกได้จากปลา ส่วนยา SDM และ AMX นั้น พบว่าเชื้อส่วนใหญ่ได้พัฒนาการดื้อยาไปแล้ว จึงอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้รักษาโรคสัตว์น้ำ ข้อมูลที่ได้ทำให้เกิดความเข้าใจสถานการณ์การดื้อยาต้านจุลชีพของแบคทีเรียก่อโรคสัตว์น้ำในเบื้องต้น และเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาเลือกใช้ยาต้านจุลชีพที่เหมาะสมสำหรับการรักษาโรคสัตว์น้ำในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้ยาในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Research and Development Institute, KURDI) โครงการสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยเพื่อพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2563. ระเบียบกรมประมง ว่าด้วยการออกใบรับรองการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดีสำหรับการผลิตสัตว์น้ำ (จี เอ พี) (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2563. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2563. รายงานสรุปผลการดำเนินงาน โครงการบูรณาการอาหารปลอดภัย (Food Safety) ประจำปีงบประมาณ 2563. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.
- สรวณีย์ วิริยะอักษรเดชา, เบญจพร สัมฤทธิ์เวช, นิตี ชูเชิด. 2561. เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ และยาต้านจุลชีพตกค้างในการเลี้ยงปลานิลในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดเชียงราย. วารสารการประมงอิเล็กทรอนิกส์ 3(1).
- สรวณีย์ วิริยะอักษรเดชา, นิตี ชูเชิด, พุทธิรัตน์ เป้าประเสริฐกุล, เบญจพร สัมฤทธิ์เวช, พงศ์เชษฐ พิษิตกุล, อรุณโณทัย คีตะนนท์, วิษณุ ธรรมลิขิตกุล. 2563. การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในประเทศไทย. แก่นเกษตร 48(5): 1124–1133.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2555. สธ 1010/4/1762 เรื่องขอให้พิจารณาห้ามใช้ยาต้านจุลชีพบางกลุ่มในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. คู่มือการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (จีเอพี) สำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเล (มกษ. 7401–2552). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- Aliabadi, F. S., Lees, P. 2000. Antibiotic treatment for animals: Effect on bacterial population and dosage regimen optimisation. Int. J. Antimicrob. Agents. 14, 307–313.
- CLSI. 2014. Methods for broth dilution susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals; Approved guideline (VET04-A2), 2nd ed. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania.
- CLSI. 2020. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals (VET04), 3rd ed. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania.

- EC. 2021. Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on Pharmacologically Active Substances and Their Classification Regarding Maximum Residue Limits in Foodstuffs of Animal Origin, 02010R0037-20210506: Official Journal of the European Union.
- EMA. 2016. Guideline for the demonstration of efficacy for veterinary medicinal products containing antimicrobial substances, EMA/CVMP/627/2001-Rev.1. Committee for Medicinal Products for Veterinary Use.
- Li, R.-Q., Ren, Y.-W., Li, J., Huang, C., Shao, J.-h., Chen, X.-X., Wu., Z.-X. 2015. Comparative pharmacokinetics of oxytetracycline in blunt-snout bream (*Megalobrama amblycephala*) with single and multiple-dose oral administration. *Fish. Physiol. Biochem.* 41(3): 803–809.
- Li, K., Liu, L., Zhan, J., Scippo, M.L., Dalsgaard, A. 2019. Evaluation of antimicrobial products used in tilapia (*Oreochromis* spp.) and whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) aquaculture. *Aquacult. Res.* 50(3): 925–933.
- Lukkana, M., Jantrakajorn, S., Wongtavatchai, J. 2016. Antimicrobial susceptibility and enrofloxacin resistance of streptococcal bacteria from farmed Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) in Thailand. *Aquacult. Res.* 47: 3136–3144.
- Mo, W.Y., Chen, Z., Leung, H. M., Leung, A.O.W. 2017. Application of veterinary antibiotics in China's aquaculture industry and their potential human health risks. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24(10): 8978–8989.
- Ministry of Agriculture (MOA). 2002. Guideline of Fishery Drug Application (NY 5071-2002). Ministry of agriculture. China. [in Chinese]
- Mishra, S. S., Das, R., Das, B.K., Choudhary, P., Rathod, R., Giri, B.S., Swain, P. 2017. Status of aqua-medicines, drugs and chemicals use in India: A Survey report. *J. Aquac. Fisheries* 1(1): 004.
- Niu, G., Wongsathein, D., Boonyayatra, S., Khattiya, R. 2019. Occurrence of multiple antibiotic resistance and genotypic characterization in *Edwardsiella tarda* isolated from cage-cultured hybrid red tilapia (*Oreochromis* sp.) in the Ping River, Northern Thailand. *Aquacult. Res.* 50(12): 3643–3652.
- Phu, T.M., Phuong, N.T., Scippo, M.-L., Dalsgaard, A. 2015. Quality of antimicrobial products used in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) aquaculture in Vietnam. *PLoS One.* 10(4): e0124267.
- Schar, D., Klein, E.Y., Laxminarayan, R., Gilbert, M., Boeckel, T.P.V. 2020. Global trends in antimicrobial use in aquaculture. *Sci. Rep.* 10(1): 21878.
- Rairat, T., Hsieh, C.Y., Thongpam, W., Chou, C.C. 2019. Pharmacokinetic-pharmacodynamic modelling for the determination of optimal dosing regimen of florfenicol in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different water temperatures and antimicrobial susceptibility levels. *J. Fish. Dis.* 42(8): 1181–1190.
- Rairat, T., Hsieh, C.-Y., Thongpam, W., Chuchird, N., Chou, C.-C. 2020. Temperature-dependent non-linear pharmacokinetics of florfenicol in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its implementation in optimal dosing regimen determination. *Aquaculture.* 517: 734794.

Tinh, T. H., Nuidate, T., Vuddhakul, V., Rodkhum, V. 2016. Antibacterial activity of pyrogallol, apolyphenol compound against *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the central region of Thailand. *Procedia. Chem.* 18: 162–168.

Tinh, T.H., Elayaraja, S., Mabrok, M., Gallantiswara, P.C.D., Vuddhakul, V., Rodkhum, C. 2021. Antibacterial spectrum of synthetic herbal-based polyphenols against *Vibrio parahaemolyticus* isolated from diseased Pacific whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) in Thailand. *Aquaculture.* 533.

Uney, K., Terzi, E., Durna Corum, D., Ozdemir, R.C., Bilen, S., Corum, O. 2021. Pharmacokinetics and pharmacokinetic/pharmacodynamic integration of enrofloxacin following single oral administration of different doses in brook trout (*Salmo trutta*). *Animals* 11: 3086.

U.S. FDA. 2021. Approved aquaculture drugs. <https://www.fda.gov/animal-352-veterinary/aquaculture/approved-aquaculture-drugs>, 15 October 2021.

องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนในกระเพาะอาหารของปลาทุ, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)

Species composition of plankton in stomach of short-bodied mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)

ไพลิน จิตรชุ่ม*, ทิฆัมพร ลาภสงผล, สมหมาย เจนกิจการ

Pailin Jitchum*, Thikampron Labsongphon, Sommai Janekitkarn

ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author E-mail address: ffisplj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะของปลาที่มีความสำคัญต่อการศึกษาอุปนิสัยการกินอาหาร และลำดับชั้นของห่วงโซ่อาหาร ทำศึกษาปลาทุ 111 ตัว จากท่าเรือจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2563 เพื่อศึกษาองค์ประกอบอาหารในกระเพาะ พบแพลงก์ตอนพืชอย่างน้อย 4 ไฟลัม 6 ชั้น 20 อันดับ 27 วงศ์ 34 สกุล 51 ชนิด เป็นไดอะตอม ไดโนแฟลกเจลเลต สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และซิลิโคแฟลกเจลเลตจำนวน 28, 20, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และแพลงก์ตอนสัตว์ 5 ไฟลัม 6 ชั้น 6 อันดับ 6 วงศ์ 6 สกุล 6 ชนิด ได้แก่ ไพรโทซัวที่มีซีเลีย โคพีพอด หนอนธนู และเพรียงหัวหอมจำนวน 2, 2, 1 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และระยะวัยอ่อนของโคพีพอด หอยสองฝา และลูกปลา บ่งชี้ว่าปลาทุเป็นปลาที่กรองกินอาหารแบบไม่เจาะจงชนิดอาหาร ขนาดเฉลี่ยของเซลล์แพลงก์ตอนพืชและสัตว์มีค่า 209 ± 117 และ 366 ± 125 μm ตามลำดับ ความถี่ของการพบและปริมาณอาหารมีความแตกต่างกันระหว่างเดือน ซึ่งแสดงว่าปลาทุจะกินอาหารตามลักษณะของประชาคมแพลงก์ตอนตามธรรมชาติ

คำสำคัญ: แพลงก์ตอน, อาหารในกระเพาะ, ปลาทุ

Abstract

A change of dietary composition in the digestive tract of organisms is one of the most important study was aimed to find the feeding habit and trophic level. Therefore, 111 fish samples were collected from the pier of Prachuap Khiri Khan Province from June - September, 2020. The fish samples were investigated for dietary contents. Total 4 phyla 6 classes 20 orders 27 families 34 genera and 51 species of phytoplankton were included diatom, dinoflagellate, cyanobacteria, silicoflagellate 28, 20, 2 and 1 species, respectively. Total 5 phyla 6 classes 6 families 6 genera and 6 species of zooplankton also included ciliated protozoa, copepod, arrow worm, tunicate 2, 2, 1 and 1 species and larval stage of copepod, bivalve, and fish. This finding indicated that the short-bodied mackerel was a mid-pelagic strainer and an opportunistic feeder. The average size of phytoplankton was $209 \pm 117 \mu\text{m}$ while $366 \pm 125 \mu\text{m}$ in zooplankton. The frequency of occurrence and density of food were varied among months. This revealed that change of diet content depended on the planktonic community of ambient environment.

Keywords: Plankton, Stomach contents, Short-bodied mackerel

คำนำ

ความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาการกินอาหารและนิเวศวิทยาของปลาที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ นับเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อแนวคิดเพื่อกำหนดมาตรการในการอนุรักษ์ประชากรปลา รวมถึงการจัดการทรัพยากรประมงอย่างเหมาะสม และสามารถประยุกต์ใช้กำหนดชนิดของอาหารที่มีระดับพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาชนิดนั้นๆ เริ่มต้นจากความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการกินอาหาร ความหลากหลายของชนิดอาหาร และความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันในรูปของสายใยอาหาร อันจะนำไปสู่การประยุกต์ความรู้เชิงนิเวศวิทยาทั้งด้านความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างประชาคม การถ่ายทอดพลังงานตามลำดับขั้น การปรับรูปแบบการกินอาหารให้เข้ากับแหล่งอาหาร การอพยพเพื่อหาอาหาร การแก่งแย่งอาหารเพื่อเอาชนะสัตว์น้ำผู้รุกราน และวิวัฒนาการเพื่อความอยู่รอด ทั้งนี้องค์ประกอบของอาหารยังสะท้อนถึงคุณค่าโภชนาการที่สะสมในเนื้อเยื่อ ปริมาณการบริโภค อัตราและความสามารถในการลำเลียง ความสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์ การเจริญและพัฒนาของระยะวัยอ่อน เป็นต้น ข้อมูลที่สามารถนำมาประกอบการพิจารณาเชิงพลวัตประชากรเพื่อการอนุรักษ์ที่ฟื้นฟู และใช้ประโยชน์จากฐานทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน (Manko, 2016; Silveira et al., 2020)

ปลาที่จัดเป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญมีแหล่งอาศัยทั้งทางอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ว่ายน้ำรวมฝูงอยู่กลางน้ำ กรองกินอินทรีย์สารที่แขวนลอยในน้ำทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ ทำให้ปลาเป็นสัตว์น้ำที่มีความเหมาะสมต่อการศึกษา ด้านความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างประชาคมของทรัพยากรกลางน้ำ การถ่ายทอดพลังงานตามลำดับขั้น และการใช้ผลผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิตามธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ อย่างไรก็ตามพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการกินอาหารของปลาก่อนหน้านั้นเป็นการศึกษาที่ไม่ระบุนรายละเอียดลงไปจนถึงระดับชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในกระเพาะอาหาร รวมถึงจำนวนตัวอย่างที่ไม่ครอบคลุมทุกช่วงวัย และฤดูกาล ซึ่งทำให้ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ในเชิงห่วงโซ่อาหารได้อย่างถูกต้อง รวมถึงไม่สามารถเลือกชนิดของแพลงก์ตอนที่เหมาะสมในการอนุบาล และการเลี้ยงปลาในทุกช่วงวัย (อำพันและสุนีย์, 2508; เเมธิ และคณะ, 2560) ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินองค์ประกอบของชนิด ร้อยละของปริมาณ และความถี่ที่พบของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารชนิดหลักของปลา เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินโครงสร้างประชาคมของฐานทรัพยากรชีวภาพที่ส่งต่อไปยังทรัพยากรสัตว์น้ำ ตลอดจนบ่งบอกลักษณะจำเพาะของสภาวะแวดล้อมบริเวณแหล่งหากิน ความหลากหลายของชนิดอาหาร และการประยุกต์ใช้ประโยชน์เชิงนิเวศ

อุปกรณ์และวิธีการ

รวบรวมตัวอย่างปลากุจากเรือประมงวนด้าที่มีแหล่งทำการประมงบริเวณปากน้ำปราณจนถึงอ่าวประจวบ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ห่างจากฝั่ง 6-8 ไมล์ทะเล และแนวขนานฝั่งเหนือได้ 30 ไมล์ทะเล ความลึกของน้ำตั้งแต่ 10-30 เมตร ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2563 จำนวน 111 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่เก็บได้จะถูกเก็บรักษาสภาพไว้ที่ตู้แช่แข็ง -20°C ทันทีที่เรือเทียบท่า แล้วส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการของภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง การเตรียมตัวอย่าง ด้วยการนำปลาแช่แข็งออกมาละลาย ล้างทำความสะอาดแล้วชั่งให้แห้ง วัดขนาดความยาวเหยียด (total length, mm) วัดความลึกลำตัว (body depth, mm) และชั่งน้ำหนักตัว (body weight, g) จากนั้นผ่าท้องนำเฉพาะกระเพาะอาหารออกมา ซึ่งน้ำหนักกระเพาะรวมอาหาร (whole stomach weight, g) พร้อมทั้งบันทึกสัดส่วนอาหารในกระเพาะ (fullness, %) และระยะความสมบูรณ์เพศ (gonad stage) จากนั้นผ่ากระเพาะอาหารตามแนวยาว แล้วแยกอาหารใส่ในขวดตัวอย่าง รักษาสภาพด้วยการเติมน้ำยาฟอร์มาลิน 10% ปริมาตร 100 mL. ชั่งน้ำหนักกระเพาะที่ไม่มีอาหาร (empty stomach weight, g) และจดบันทึกข้อมูล (Zacharia, 2014; Silveira et al., 2020) (Table 1)

Table 1 Number of specimens, total length, body depth, body weight, whole stomach weight, empty stomach weight, fullness and gonad stage of short-body mackerel during June to September, 2020

Sampling time	Male (individual)	Female (individual)	Total length (mm)	Body depth (mm)	Body Weight (g)	Whole stomach weight (g)	Empty stomach weight (g)	Fullness (%)	Gonad stage
June	18	7	187.29±3.84	40.08±1.56	78.62±5.16	1.93±0.72	0.92±0.17	40–70	3–4
July	6	26	170.51±8.29	40.47±1.90	57.81±9.51	1.31±0.28	0.79±0.18	30–60	3–4
August	16	14	158.2±9.47	38.43±2.91	45.24±8.91	1.14±0.34	0.64±0.18	40–60	3–4
September	7	17	186.28±5.56	44.90±2.91	78.21±6.73	1.60±0.42	1.07±0.22	30–60	3–4

การศึกษาองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนโดยการจำแนกชนิดและนับจำนวนด้วย Sedgwick rafter counting cell ปริมาตร 1 mL ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง จำนวน 2 ซ้ำ ถ่ายภาพและวัดขนาดแพลงก์ตอนชนิดเด่น โดยใช้โปรแกรม Cell^B Software เอกสารที่ใช้ประกอบการจำแนกชนิด ได้แก่ ลัดดา (2543) และ ลัดดา (2544)

การคำนวณหาร้อยละของปริมาณอาหารแต่ละชนิดในกระเพาะ (%N_i) และร้อยละความถี่ที่พบของอาหารแต่ละชนิด (%F_i) ดัดแปลงจาก Hynes (1950) และ Hyslop (1980) ตาม Equation 1 และ 2 โดยใช้โปรแกรม Microsoft – Excel version 365

$$\%N_i = \frac{100N_i}{N} \quad (1)$$

เมื่อ N_i = จำนวนของอาหารชนิด i

N = จำนวนของอาหารทั้งหมดที่พบในกระเพาะอาหาร

$$\%F_i = \frac{100F_i}{S} \quad (2)$$

เมื่อ F_i = จำนวนกระเพาะอาหารที่พบแพลงก์ตอนชนิด i

S = จำนวนกระเพาะที่มีอาหารทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนในกระเพาะอาหารของปลาทุ

พบแพลงก์ตอนพืชอย่างน้อย 4 ไฟลัม 6 ชั้น 20 อันดับ 27 วงศ์ 34 สกุล 51 ชนิด ประกอบด้วยกลุ่มที่มีความหลากหลายของชนิดสูงที่สุด ได้แก่ ไดอะตอม รองลงมาเป็นไดโนแฟลกเจลเลต สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และซิลิโคแฟลกเจลเลต 28, 20, 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ และพบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งสิ้น 5 ไฟลัม 6 ชั้น 6 อันดับ 6 วงศ์ 6 สกุล 6 ชนิด 4 ระยะเวลาเยียว ประกอบด้วยกลุ่มโพรโทซัวที่มีซีเลีย โคพีพอด หนอนธนู และเพรียงหัวหอม พบ 2, 2, 1 และ 1 ชนิดตามลำดับ และพบโคพีพอดระยะนอเพลียส ระยะเวลาเยียว ลูกหอยสองฝา และลูกปลา นอกจากนี้แล้วพบชิ้นส่วนของกลุ่มไดอะตอม เช่น สกุล *Asteromphalus*, *Bacteriastrium*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Hemiaulus* และ *Rhizosolenia* ไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ceratium* และชิ้นส่วนของโคพีพอด และอาร์โทรพอด เป็นต้น (Table 2)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษเปรียบเทียบเกี่ยวกับรายงานชนิดแพลงก์ตอนที่แพร่กระจายในธรรมชาติบริเวณชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์และพื้นที่ใกล้เคียงแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ที่พบในกระเพาะอาหารของปลาทุเป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปตามแนวชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยซึ่งรายงานไว้โดย Jitchum and Wongrat, 2009a; 2009b; Jitchum et al., 2012; วาสนาและคณะ, 2555; โพลิน และคณะ, 2558; บุญยา และคณะ, 2559 โดยแพลงก์ตอนที่พบในกระเพาะอาหารเป็นชนิดที่คล้ายคลึงกับรายงานการศึกษาอาหารในกระเพาะปลาทุที่ทำการศึกษานปี 2506 โดยศึกษาปลา 158 ตัวอย่าง ตั้งแต่ชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาครจนถึงสุราษฎร์ธานี พบแพลงก์ตอนรวม 98 ชนิด ประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไดอะตอม และไดโนแฟลกเจลเลต จำนวน 3, 43 และ 13 ชนิด ตามลำดับ และแพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ ไพรโทซัวที่มีซีเลีย, ไพรโทซัวที่มีเท้าเทียม, โรทะเล, โคพีพอด, แอมพิพอด, เดคาพอด และเพรียงหัวหอม มีค่าเท่ากับ 3, 1, 1, 15, 1, 2, 1 ชนิด ตามลำดับ และกลุ่มระยะวัยเยาว์ของหอยสองฝา หอยฝาเดียว และลูกสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ (อำพันและสุนีย์, 2508) จากผลการศึกษาที่ได้ พบว่าชนิดของอาหารปลาทุนั้นเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้อธิบายถึงสภาวะแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งหากินตามธรรมชาติของปลาทุในแต่ละกลุ่มประชากรได้ ทั้งนี้ด้วยลักษณะชนิดที่จำเพาะของอาหารที่ปลาทุกินเข้าไป สามารถใช้แบ่งกลุ่มประชากรของปลาทุตามแหล่งที่อยู่อาศัยได้ ควรนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องเข้ามาพิจารณา เช่น ทิศทางการไหลของกระแสน้ำควบคู่กับการการอพยพย้ายถิ่นของปลาทุตามฤดูกาลในรอบปี เป็นต้น (จารุมาศและคณะ, 2556; เมธี และคณะ, 2560; อนุกุล, 2008)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนตามระยะเวลา

ผลการศึกษาแสดงความแตกต่างขององค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนในกระเพาะปลาทุแต่ละเดือน พบว่าในเดือนมิถุนายน พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนสูงที่สุด รองลงมาในเดือนสิงหาคม, กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2563 จำนวน 57 ชนิด 4 ระยะวัยเยาว์ 9 กลุ่ม, 30 ชนิด 3 ระยะวัยเยาว์ 8 กลุ่ม, 29 ชนิด 3 ระยะวัยเยาว์ 8 กลุ่ม และ 24 ชนิด 3 ระยะวัยเยาว์ 7 กลุ่ม ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ยังคงเป็นกลุ่มไดอะตอม รองลงมาเป็นไดโนแฟลกเจลเลต สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และซิลิโคแฟลกเจลเลต ตามลำดับ ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์พบในสัดส่วนที่น้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นระยะโคพีพอดและนอเพลียสของโคพีพอด และชิ้นส่วนของโคพีพอด (Table 2) โดยมีสัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อสัตว์ประมาณ 94 ต่อ 6 ผลการศึกษาใช้อธิบายลำดับขั้นของการกินอาหารบริเวณกลางน้ำ (pelagic trophic level) สะท้อนความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนชั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิสู่การถ่ายทอดพลังงานโดยตรงสู่ชั้นตติยภูมิ แสดงถึงความแข็งแกร่งของห่วงโซ่อาหาร และก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากผลผลิตขั้นต้นและขั้นที่สองบริเวณชายฝั่งทะเล (Manko, 2016; Silveira et al., 2020; Zacharia, 2014) การกินอาหารที่มีความหลากหลายชนิดลดลงของปลาทุ นั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาเพื่อความสมบูรณ์ทางเพศ ทั้งนี้จากรายงานของกรมประมง กล่าวว่าพบช่วงที่มีการผสมพันธุ์ของปลาทุ 2 ช่วงคือ ในช่วงต้นปีระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม และช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม (พัชรี และนพรัตน์, 2548) เมื่อพิจารณาเดือนที่เก็บข้อมูลจะเห็นว่าเป็นช่วงระหว่างที่ปลาทุกำลังสะสมพลังงานเพื่อเข้าสู่ช่วงผสมพันธุ์ช่วงที่สอง จึงทำให้พบว่าเป็นช่วงเดือนมิถุนายน ปลาจะกินอาหารมาก และมีแนวโน้มลดลงในเดือนถัดมา ในขณะที่ตับและอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งได้แก่ รังไข่และอณฑะ ได้พัฒนาเพื่อเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์จนมีขนาดใหญ่ และเบียดพื้นที่ในกระเพาะอาหารส่งผลให้มีปริมาณอาหารน้อยลง (Table 1) อย่างไรก็ตามอีกปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาร่วมคือ เทคนิคในการเก็บตัวอย่างด้วยการแช่แข็ง ซึ่งอาจจะทำให้อาหารในกระเพาะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียก่อนการวิเคราะห์ (เมธี และคณะ, 2560; Baker et al., 2013; Mahesh et al., 2018)

Table 2 Percentage by number (%N_i) and frequency of occurrence (%F_i) of plankton in stomach contents of short-body mackerel during June to September, 2020

Taxa	June		July		August		September	
	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i
Phylum Cyanobacteria								
<i>Oscillatoria</i> sp.	3.36	100	3.73	78	1.16	53	3.18	67
<i>Richelia intracellularis</i>	0.52	84	0.25	13	3.79	67	1.01	33
Phylum Bacillariophyta								
<i>Actinocyclus</i> sp.	0.91	100	8.29	91	3.75	72	0.92	38
<i>Amphora</i> sp.	0.004	4	0	0	0	0	0	0
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	0.02	12	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0.02	12	0	0	0.14	13	0	0
<i>Bacteriastrum</i> spp.	5.53	100	1.35	47	0.39	23	0	0
<i>Bellerochea horologicalis</i>	0.08	32	0	0	0.20	20	0.10	8
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	0.004	4	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> spp.	1.07	92	3.15	81	3.52	87	2.84	46
<i>Cyclotella</i> sp.	0.11	36	0.61	6	0	0	0	0
<i>Dictyliosolen</i> sp.	0.004	4	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp.	6.49	100	0.19	13	0.02	3	0.29	17
<i>Nitzschia</i> sp.	1.40	100	8.12	84	6.65	73	0.10	8
<i>Odontella mobiliensis</i>	0.03	28	0.03	3	0	0	0.05	4
<i>Odontella sinensis</i>	0.00	4	0	0	0	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	0.07	20	0.99	25	0.52	13	0.05	4
<i>Pinnularia</i> sp.	0.14	4	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	1.08	100	2.02	56	1.32	67	0	0
<i>Proboscia alata</i>	0.15	28	1.02	47	1.59	50	0.05	4
<i>Pseudoguinarthia</i> sp.	0.02	4	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	0.17	32	0.83	9	0.32	13	0.14	4
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	0.16	36	0.11	3	0.41	3	0.05	4
<i>Rhizosolenia ostenfeldi</i>	0.05	8	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	0.65	84	0.22	16	3.41	70	0.92	46
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	0.20	40	0.11	6	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia clevei</i>	0.74	72	1.41	50	2.95	77	0	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	5.30	100	28.94	100	9.13	90	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	6.72	100	0.36	16	0.32	10	0.39	17
<i>Triceratium favus f. quadrata</i>	0.02	8	0.06	6	0.05	7	0.10	4
Phylum Dinophyta								
<i>Amphisolenia bidentata</i>	0.05	50	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium breve</i>	0.10	64	0.08	9	0.02	13	0	0
<i>Ceratium contortum</i>	0.004	4	0	0	0.11	3	0.24	13
<i>Ceratium furca</i>	0.10	60	0.03	3	0	0	0	0
<i>Ceratium fusus</i>	0.03	20	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium kofoidii</i>	0.004	4	0	0	0.02	20	0	0
<i>Ceratium macroceros</i>	0.03	24	0.08	9	0	0	0	0
<i>Ceratium porrectum</i>	0.01	4	0	0	0.14	17	0.10	4
<i>Ceratium trichoceros</i>	0.09	48	0.17	16	0	0	0	0
<i>Ceratium tripos</i>	0.07	48	0	0	0.16	13	0.24	13
<i>Ceratium vultur</i>	0.01	4	0	0	0.02	3	0.10	4

Table 2 (Cont.)

Taxa	June		July		August		September	
	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i	%N _i	%F _i
<i>Ceratium</i> sp.	0.01	8	0	0	0	0	0	0
<i>Dinophysis caudata</i>	0.01	8	0	0	0	0	0.05	4
<i>Dinophysis miles</i>	1.47	100	0.03	3	0	0	1.21	42
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0.16	88	0	0	0.14	17	0	0
<i>Phalacroma rotundatum</i>	0.004	4	0	0	0	0	0	0
<i>Podolampus elegans</i>	0.004	4	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0.01	8	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium</i> sp.	4.34	100	0.97	56	0.86	53	2.17	71
<i>Pyrophacus</i> sp.	0.33	84	0.14	16	0.14	20	0.19	3
Phylum Ochrophyta								
<i>Dictyocha fibula</i>	0.01	8	0	0	0	0	0	0
pieces of <i>Asteromphalus</i>	0.01	4	0	0	0	0	0	0
pieces of <i>Bacteriastrum</i>	13.91	100	4.58	59	1.11	47	0.39	21
pieces of <i>Chaetoceros</i>	31.13	100	3.92	69	3.82	67	0.34	21
pieces of <i>Coscinodiscus</i>	3.87	100	3.65	75	3.57	73	72.57	92
pieces of <i>Ceratium</i>	0.90	100	0.55	47	0.48	33	1.01	33
pieces of <i>Hemiaulus</i>	0.61	80	2.13	44	0.68	27	0	0
pieces of <i>Rhizosolenia</i>	4.99	100	15.22	91	45.76	100	4.53	79
Phylum Ciliophora								
<i>Rhabdonella</i> sp.	0.01	12	0	0	0	0	0	0
<i>Tintinnopsis</i> sp.	0.004	4	0	0	0.07	3	0.05	4
Phylum Mollusca								
Bivalve veliger larvae	0.004	4	0	0	0	0	0	0
Phylum Arthropoda								
Copepodid larvae	1.24	96	0.75	47	1.04	57	3.62	71
Copepod nauplii	0.11	54	0.06	6	0.16	23	0.72	63
<i>Oithona</i> sp.	0.12	100	0.06	6	0.11	17	0.29	25
<i>Microsetella norvegica</i>	0.01	8	0	0	0	0	0	0
Phylum Chaetognatha								
<i>Sagitta</i> sp.	0.11	56	0	0	0	0	0	0
Phylum Chordata								
<i>Oikopleura</i> sp.	0.01	4	0	0	0	0	0	0
Fish larvae	0.02	12	0.03	3	0.11	10	0.43	21
pieces of Copepod	0.83	80	0.66	41	0.59	53	1.45	54
pieces of Arthropod	0.24	36	5.14	88	1.25	47	0.14	8

ร้อยละของปริมาณแพลงก์ตอนและความถี่ของชนิดที่พบในกระเพาะอาหาร

ร้อยละของปริมาณแพลงก์ตอนแต่ละชนิด (%N_i) มีค่าผันแปรตามระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ เดือนมิถุนายน พบกลุ่มเด่นสกุล *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Thalassionema* และ *Navicula* คิดเป็นร้อยละ 31.2, 14, 6.7 และ 6.5 ของปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะทั้งหมด ตามลำดับ เดือนกรกฎาคมพบกลุ่มเด่นสกุล *Thalassionema*, *Rhizosolenia*, *Actinocyclus* และ *Nitzschia* คิดเป็นร้อยละ 29, 15.2, 8.3 และ 8.1 ของปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะทั้งหมด ตามลำดับ เดือนสิงหาคมพบกลุ่มเด่นสกุล *Rhizosolenia*, *Thalassionema* และ *Nitzschia* คิดเป็นร้อยละ 45.9, 9.2 และ 6.7 ของ

ปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะทั้งหมด ตามลำดับ และเดือนกันยายนพบกลุ่มเด่นสกุล *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* และระยะวัยเยาว์ของโคพีพอด คิดเป็นร้อยละ 73.3, 4.6 และ 3.7 ของปริมาณอาหารที่พบในกระเพาะทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนั้นพบแพลงก์ตอนชนิดอื่นๆ ในสัดส่วนที่น้อยมาก (Table 2)

ความถี่ที่พบแพลงก์ตอนชนิดเด่น (%F) ในกระเพาะอาหารของปลาทุกตัวที่ทำการสุ่มนับทั้งหมด แสดงค่าที่ผันแปรตามระยะเวลา โดยในเดือนมิถุนายนพบจำนวนชนิดเด่นของแพลงก์ตอนที่ปรากฏในกระเพาะอาหารของปลาทุกตัวมากที่สุด รองลงมาเป็นเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม พบ 13, 1 และ 1 ชนิด ตามลำดับ ส่วนเดือนกันยายนไม่พบแพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบได้ในทุกกระเพาะที่ทำการสุ่มนับ (Table 2) เดือนมิถุนายนพบกลุ่มเด่น ได้แก่ *Actinocyclus* sp., *Bacteriastrum* spp., *Coscinodiscus* spp., *Chaetoceros* spp., *Navicula* spp., *Pleurosigma* sp., *Thalassionema fruenfeldii*, *T. nitzschoides*, *Rhizosolenia* spp., *Dinophysis miles*, *Protoperdinium* spp. และโคพีพอดชนิด *Oithona* sp. เดือนกรกฎาคม ได้แก่ *T. fruenfeldii* และเดือนสิงหาคม คือ *Rhizosolenia* spp. (Fig.1) สัดส่วนร้อยละความถี่ของชนิดเด่นที่พบส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าปลาแต่ละตัวกินอาหารที่หลากหลาย มีอัตราการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับเพศ ขนาดลำตัว ขนาดกระเพาะอาหาร และระดับความสมบูรณ์เพศ เป็นต้น (วัชรินทร์, 2560; Heng et al., 2018; Rao and Rao, 1957; Silveira et al., 2020)

ผลการศึกษาพบความแตกต่างด้านองค์ประกอบของชนิดของแพลงก์ตอน ปริมาณ ร้อยละของจำนวน และร้อยละของความถี่ที่พบ และองค์ประกอบของชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในกระเพาะแสดงความสอดคล้องกับชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในธรรมชาติ ซึ่งแสดงว่าวิธีการในการเก็บรักษาสภาพตัวอย่างทำได้ดี และปลามีแหล่งหากินบริเวณที่มีการทำประมง ทั้งนี้องค์ประกอบของชนิดแพลงก์ตอนในกระเพาะของปลาแต่ละช่วงวัย และฤดูกาลยังใช้บ่งบอกถึงสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งหากินได้ เช่น เดือนสิงหาคมพบสกุล *Rhizosolenia* ควบคู่กับพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด *Richelia intracellularis* เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็น epiphyte ในเซลล์ของ *Rhizosolenia* และพบสกุล *Oscillatoria* หรือ *Trichodesmium* ร่วมด้วย เนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ดี (Bergman et al., 2012; Zeev et al., 2008) ดังนั้น จึงคาดได้ว่าบริเวณแหล่งหากินของปลาที่มีขนาดโตเต็มวัย มีระยะความสมบูรณ์เพศระดับ 3-4 (Table 1) ในช่วงเดือนนี้น่าจะเป็นบริเวณที่ห่างจากฝั่ง และเป็นบริเวณที่มีปริมาณสารอาหารประเภทไนโตรเจนน้อย หรือมีการพบไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดที่มีการแพร่กระจายนอกชายฝั่ง แสดงว่าแหล่งหากินเป็นบริเวณที่มีความเค็มของน้ำทะเลสูงไม่ถูกรบกวนจากระบบน้ำจืดที่ไหลลงจากแผ่นดิน เดือนมิถุนายนพบไดอะตอมสกุล *Chaetoceros* สูง แสดงว่าในเดือนนี้ปลาที่มีแหล่งหากินบริเวณใกล้ฝั่งและมีปริมาณสารอาหารในน้ำปริมาณสูง เป็นต้น ทั้งนี้การศึกษาในแนวทางนี้ยังต้องมีการสำรวจและประเมินปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมพื้นที่ตลอดเส้นทางอพยพทุกช่วงวัย และควรมีการเก็บข้อมูลตลอดทั้งปีเพื่อการแปลผลที่ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ประกอบกับองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำประมง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลบ่งบอกสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อไป (ไพลิน และคณะ, 2558; เมธี และคณะ, 2560; 2563)

ขนาดเฉลี่ยของเซลล์แพลงก์ตอนที่พบในกระเพาะปลา

ทำการสุ่มวัดขนาดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในกระเพาะอาหารของปลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $209 \pm 117 \mu\text{m}$ โดยพบว่าชนิดที่มีขนาดเซลล์เล็กที่สุด ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Cyclotella* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $20-45 \mu\text{m}$ และชนิดที่มีขนาดเซลล์ใหญ่ที่สุด ได้แก่ ไดโนแฟลกเจลเลตชนิด *Amphisolenia bidentata* มีขนาดความยาวประมาณ $700-900 \mu\text{m}$ และขนาดความยาวของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $366 \pm 125 \mu\text{m}$ ผลการศึกษาแสดงให้เห็น

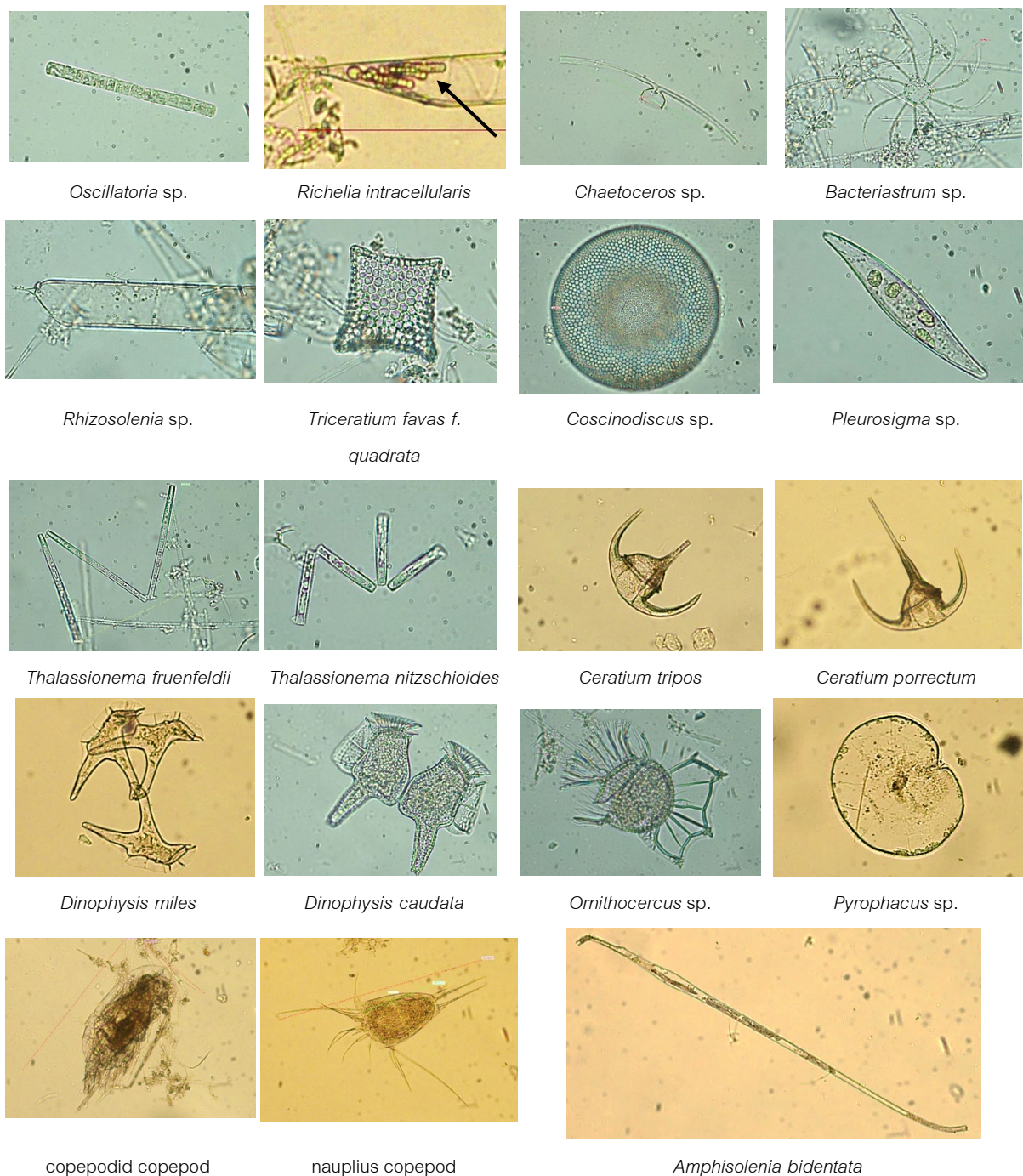


Fig. 1 Dominant species of plankton in stomach of short-bodied mackerel collected from the pier of Prachuap Khiri Khan Province from June – September, 2020

ว่าปลาที่มีขนาดโตเต็มวัยสามารถรองรับกินอาหารที่มีขนาดตั้งแต่ microplankton (20–200 μm) จนถึง mesoplankton (200–2,000 μm) ได้ ซึ่งแพลงก์ตอนขนาดดังกล่าวมีการแพร่กระจายทั่วไปตามแนวชายฝั่งของอ่าวไทย ครอบคลุมทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ทั้งนี้ปลาที่มีพฤติกรรมกินอาหารโดยการกรองอินทรีย์สารที่อยู่ในมวลน้ำผ่านซี่เหงือกที่มีลักษณะเป็นแท่งเรียวยาวแหลมจำนวนมากประมาณ 45 ซี่ โดยซี่เหงือกจะแผ่กางออกเพื่อดักกรองอาหาร

ระหว่างการว่ายน้ำ และถูกรวบรวมลงสู่ระบบทางเดินอาหาร เป็นการกรอกกินแบบไม่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นองค์ประกอบของอาหารจึงผันแปรตามแหล่งที่อยู่อาศัยและฤดูกาล (อำพัน และสุนีย์, 2508; Nath et al., 2015)

จากกลุ่มของแพลงก์ตอนที่พบเป็นอาหารหลักของปลา พบว่าปลาที่กินพืชทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ โดยมีสัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อสัตว์ประมาณ 94 ต่อ 6 ดังนั้นหากทรัพยากรผลผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิตามธรรมชาติเสื่อมโทรมลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชนิด เช่น เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเป็นบริเวณกว้าง และเกิดอย่างสม่ำเสมอ การเกิดผู้ล่าแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารหลักของปลาในปริมาณมากเกินไป เช่น แมงกะพุน และรวมถึงการรุกรานของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (invasive species) เช่น หิววัน และปลาชนิดอื่นที่สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตและแก่งแย่งอาหารได้ดีกว่าชนิดพันธุ์ประจำถิ่น ล้วนส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของชนิดของอาหารลดลง หรือเปลี่ยนแปลงไป ย่อมทำให้สายใยอาหารของปลากลางน้ำแปราะบาง และนำมาสู่การเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Jefferson, 2004; Manko, 2016; Noble, 1965)

นอกจากนั้นความแตกต่างของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนตามธรรมชาติของแต่ละท้องถิ่น เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ ต่อการสร้างองค์ประกอบของคุณค่าทางโภชนาการของรสนชาติ และเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เช่น ปลาที่กินอาหารที่มีไขมันสูง เช่น ไตอะตอมที่มีหยดน้ำมันสะสมมากก็จะส่งผลให้เนื้อปลามีปริมาณไขมันแทรกในระดับสูง เมื่อเทียบกับอาหารที่มีโปรตีนเป็นกลุ่มหลัก ชนิดและปริมาณอาหารที่มีองค์ประกอบทางโภชนาการที่จำเป็นยังส่งผลช่วยเสริมสร้างการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์แข็งแรงของพ่อแม่ปลาวัยเจริญพันธุ์ ความแข็งแรงของลูกปลา ระยะวัยเยาว์ และการเพิ่มอัตราการรอดตายในธรรมชาติ เป็นต้น (เมธี และคณะ, 2563; วัชรินทร์, 2560)

ท้ายที่สุดผลการศึกษาด้านชีววิทยากินอาหารของปลายังสามารถนำมาใช้ต่อยอดในการวางแผนการอนุรักษ์พันธุ์ที่ถูกต้องที่ถูกต้องความใกล้เคียงพันธุ์ หรือเพื่อการเพาะเลี้ยงเชิงเศรษฐกิจ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ชี้ถึงชนิดของอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาโตเต็มวัย ได้แก่ แพลงก์ตอนกลุ่มเซนทริกไดอะตอมทะเลที่ผสมกันหลากหลายชนิด และโคพีพอด โดยมีขนาดตั้งแต่ microplankton จนถึง mesoplankton เนื่องจากทางเดินอาหารสามารถย่อยสลายได้ดี จึงพบเศษชิ้นส่วนของเซลล์ที่แตกหักจำนวนมาก แตกต่างจากกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตที่พบเซลล์ค่อนข้างสมบูรณ์ แสดงว่าถูกย่อยสลายได้น้อย (วัชรินทร์, 2560; อำพัน และสุนีย์, 2508; Jefferson, 2004; Nath et al., 2015)

สรุป

อาหารหลักของปลาประกอบด้วยแพลงก์ตอนในกลุ่มไดอะตอม และโคพีพอด โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 87 และ 3 ของปริมาณอาหารที่พบทั้งหมดในกระเพาะ โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงของชนิดและปริมาณสอดคล้องกับแพลงก์ตอนที่พบตามธรรมชาติ เนื่องจากปลาเป็นปลาที่กินอาหารแบบไม่เจาะจง (Opportunistic feeder) ดังนั้นองค์ประกอบของชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนที่พบในกระเพาะอาหารของปลา สามารถนำมาช่วยในการพิจารณาถึงสภาวะแวดล้อมของแหล่งที่อยู่อาศัย และสมดุลของห่วงโซ่อาหารกลางน้ำได้ โดยที่ชีเหือกของปลาสามารถกรอกอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการกรอกแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางประมาณ 20–2,000 μm ได้ดี การศึกษาเพิ่มเติมควรทำการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระเพาะปลาทุกช่วงวัยตามรอบปี เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเพศ อายุ ขนาดลำตัว และแหล่งที่อยู่อาศัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธี แก้วเนิน หัวหน้าโครงการการศึกษาสภาพของทรัพยากรปลาที่มีความสัมพันธ์กับสภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นผิวน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทย และผู้ร่วมโครงการทุกท่าน และขอขอบคุณนายสุชาติ มากมี ชาวประมง จ. ประจวบคีรีขันธ์ที่สนับสนุนตัวอย่างปลา และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินผลงานทั้ง 3 ท่าน

เอกสารอ้างอิง

- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, ทวีป บุญวานิช, สุชาติ บุญภักดี, แสงเทียน อัจฉิมานุกร, ศันสนีย์ หวังวรลักษณ. 2556. เส้นทางปลาไทย: คุณค่า อนาคต และความเสี่ยง. ศูนย์พัฒนาชายฝั่ง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพลิน จิตรชุม, พงศ์เชษฐ พิษิตกุล, สรณัฐ ศิริสว. 2558. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชาคมไมโครแพลงก์ตอนในรอบปีบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 38: 181-194.
- พัชรี พันธุ์, นพรัตน์ นาสุชล. 2548. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาจากเครื่องมืออวนล้อมติดปลาบริเวณเขตมาตรการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนกลาง. เอกสารวิชาการ 18/2548. 40 หน้า
- บุศยา ปลั่งอ่อน, จินตนา สและน้อย, ชัชวีร์ แก้วสุรลิขิต, ไพลิน จิตรชุม, Takashi Yoshikawa, Yuki Okamoto, Satoshi Ishikawa, Kazuya Watanabe. 2559. การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มธ. 24: 557-598.
- เมธี แก้วเนิน, วราห์ เทพาหุดี, วรันทัด ดุลยพฤษ, สมหมาย เจนกิจการ, ธีระพงษ์ ดั่งดี, สรณัฐ ศิริสว, ไพลิน จิตรชุม, พลพิศลิป สุวรรณชัย, รัตนาวิ พูลสวัสดิ์. 2560. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง โครงการการศึกษาสภาพของทรัพยากรปลาที่มีความสัมพันธ์กับสภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นผิวน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร.
- เมธี แก้วเนิน, วรันทัด ดุลยพฤษ, สมหมาย เจนกิจการ, สรณัฐ ศิริสว, อนุกรณ์ บุตรสันต์, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์, อมรศักดิ์ สวัสดิ์, สรณยา กุลกัลยา. 2563. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง โครงการการรวบรวม ทวนสอบ และประมวลองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำการประมง การแปรรูป และวัฒนธรรมอาหารของปลาในอ่าวไทย เพื่อการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์ทรัพยากรปลาอย่างยั่งยืน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. แพลงก์ตอนสัตว์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเยี่ยม, ลิขิต ชูชิต. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในรอบปี พ.ศ. 2551-2552. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 17: 108-116.
- วัชรินทร์ ขวัญบุญ. 2560. สรีรวิทยาการบดย่อยอาหารในปลา (*Rastrelliger brachysoma* Bleeker, 1851) ที่วัยต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำพัน เหลือสินทรัพย์, สุนีย์ สุภักดิ์. 2508. ผลการวิเคราะห์สิ่งที่มีอยู่ในกระเพาะและลำไส้ของปลาในอ่าวไทยปี 2506. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเกษตรและชีววิทยา ครั้งที่ 4 สาขาพืชและชีววิทยากับสาขาสัตว์, หน้า 209-218.
- Baker, R., Buckland, A., Sheaves, M. 2013. Fish gut content analysis: Robust measures of diet composition. Fish and Fisheries 15: 170-177.

- Bergman, B., Sandh, G., Lin, S., Larsson, S., Carpenter, E.J. 2013. *Trichodesmium* – A widespread marine cyanobacterium with unusual nitrogen fixation properties. *FEMS Microbiol Rev* 37: 286–302.
- Heng, K., Chevalier, M., Lek, S., Laffaille, P. 2018. Seasonal variations in diet composition, diet breadth and dietary overlap between three commercially important fish species within a flood-pulse system: The Tonle Sap Lake (Cambodia). *Plos One* 13(6): e0198848. doi.org/10.1371/journal.pone.0198848
- Hynes, H.B.N. 1950. The food of the freshwater sticklebacks (*Gastrosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.*, 19: 36–58.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411–429.
- Jefferson, T.T. 2004. The important of small planktonic copepods and their role in pelagic marine food webs. *Zool. Studies* 43: 255–266.
- Jitchum, P., Wongrat, L. 2009a. Seasonal relationships between the plankton community and hydrographic conditions in a shallow oligotrophic bay, Gulf of Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 43: 306–321.
- Jitchum, P., Wongrat, L. 2009b. Community structure and abundance of epipelagic copepods in a shallow protected bay, Gulf of Thailand. *KU. Fish. Res. Bull.* 33: 28–40.
- Jitchum, P., Intarachart, A., Wongrat, L. 2012. Temporal variation in plankton community and hydrographic conditions in a green mussel raft-cultured area, Sri Racha Bay, the Gulf of Thailand. *KKU. Sci. J.* 40: 95–110.
- Mahesh, V., Ambarish, P.G., Rekha, J.N. 2018. Stomach content analysis techniques in fishes. In: ICAR-CMFRI- Winter School, Kochi, pp.104–115.
- Manko, P. 2016. Stomach content analysis in freshwater fish feeding ecology. University of Presov. Slovakia.
- Nath, S.R., Beraki, T., Abraha, A., Abraham, K., Berhane, Y. 2015. Gut content analysis of Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *J. Aqua. Mar. Biol.* 3(10): 00052. doi.org/10.15406/jamb.2015.03.00052
- Noble, A. 1965. The food and feeding habit of the Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier) at Kavar. *Indian J. Fish.* 9: 701–713.
- Rao, K.V.N., Rao, K.P. 1957. Differences in the food of young and the adults Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuv.). *Nature* 180: 711–712.
- Silverira, E.L., Semmer, N., Cartes, J.E., Tuset, V.M., Lombarte, A., Ballester, E.L.C., Vaz-dos-Santos, A.M. 2020. Methods for trophic ecology assessment in fishes: a critical review of stomach analyses. *Rev. Fish. Sci. Aqua.* 28: 71–106.
- Zacharia, P.U. 2017. Trophic levels and methods for stomach content analysis of fishes. In: Summer School on advanced methods for fish stock assessment and fisheries management, Kochi, pp. 278–288.
- Zeev, E.B., Yogev, T., Man-Aharonovich, D. Kress, N., Heru, B., Be'ja, O., Berman-Frank, I. 2008. Seasonal dynamics of the endosymbiotic, nitrogen-fixing cyanobacterium *Richelia intracellularis* in the eastern Mediterranean Sea. *The ISME Journal* 2: 911–923.

สภาพทางอุทกพลศาสตร์และการคาดการณ์การกระจายตัวอ่อนปูม้า (*Portunus pelagicus*) ในบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Hydrodynamics and Prediction of the Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) Larval Dispersal in Bandon Bay, Surat Thani Province

กฤตภาส สุชาโต^{a,*}, ธนัสพงษ์ โภควนิช^a, สมชาย ชนวัฒน์^b, อมรศักดิ์ สวัสดิ์^c

Krittapas Suchato^{a,*}, Tanuspong Pokavanich^a, Somchai Chonwattana^b, Amonsak Sawusdee^c

^aภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bDHI สำนักงานประเทศไทย ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี 12120

^cหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทางทะเล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช 80160

^aDepartment of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDHI Thailand, Water Engineering and Management, AIT, P.O. Box4, Pathum Thani 12120, Thailand

^cDepartment of Marine Science, School of Science, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80160, Thailand

*Corresponding author, Email address: Krittapas.suc@ku.th

บทคัดย่อ

อ่าวบ้านดอนตั้งอยู่บริเวณชะวากทะเลซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานีและมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 3.4 เมตร ตั้งอยู่ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีได้รับน้ำจืดจากแม่น้ำตาปีและพื้นที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าในอ่าวบ้านดอน การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลสภาพทางอุทกพลศาสตร์จากการสำรวจภาคสนามครอบคลุม 4 ฤดูกาลและจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 แบบ คือ แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MIKE3 และแบบจำลองการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูม้าโดยจำลองอนุภาคอนุรักษณ์ใช้โมดูล Particle Tracking เพื่อทำการติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคตามกระแสน้ำเป็นเวลา 10 วัน ผลการศึกษาพบว่ากระแสน้ำของอ่าวบ้านดอนได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงมากที่สุด และตามมาด้วยอิทธิพลของลมมรสุมที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน กระแสน้ำในอ่าวบ้านดอนมีรูปแบบ 3 มิติแม้ว่าจะจะเป็นอ่าวตื้น ซึ่งรูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลประกอบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองอนุภาคอนุรักษณ์โมดูล ทำให้คาดการณ์ได้ว่าตัวอ่อนปูม้ามีการกระจายตัวที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของปี

คำสำคัญ: การไหลเวียนของกระแสน้ำแบบ 3 มิติ, แบบจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาค, แบบจำลองอุทกพลศาสตร์, ลมมรสุม

Abstract

Bandon Bay is a shallow bay (~ 3.4 m deep) located, in Surat Thani Province, Thailand. It receives most of its freshwater supply from the Tapi River and its outer boundary is connected to the Gulf of Thailand. This study aimed at investigating the hydrodynamics and blue swimming crab larval dispersion within the bay in order to aid in conservation planning and restoration for blue swimming crab stock. This study used data from field measurement and from a 3-D hydrodynamic model and 3-D particle tracking model (MIKE3). The crab larvae dispersal patterns were simulated using inert particle tracking released into the bay. Results showed that currents within the bay were mostly influenced by tide followed by monsoonal wind as evidenced by notable seasonal variations. Water circulation in Bandon Bay displayed 3 D features despite the fact that the bay is shallow. Moreover, the seasonal circulation patterns affect the dispersal of blue swimming crab larvae.

Keywords: 3-dimensional circulation, Hydrodynamic model, Monsoon, Particle tracking model

คำนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus*) เป็นทรัพยากรสัตว์ทะเลที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของชาวประมงไทยมาอย่างยาวนาน อย่างไรก็ตามในทางกลับกันผลผลิตปูม้ามามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น จากการพัฒนาเทคนิคการทำประมง จากการจัดตั้งพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นเกินศักยภาพการผลิตที่ยั่งยืน (Sustainable yield) หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในแต่ละรอบฤดูการ (นิลรัตน์ และคณะ, 2562) เพื่อเพิ่มปริมาณประชากรปูม้าในธรรมชาติ จึงมีการรณรงค์ไม่ทำประมงแม่ปูไข่และทำธนาคารปูม้าอย่างแพร่หลาย รวมทั้งธนาคารปูม้าบริเวณอ่าวบ้านดอนจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งการทำธนาคารปูม้าในพื้นที่นี้ได้รับความร่วมมืออย่างต่อเนื่องจากชาวประมง เนื่องจากปูม้าวัยอ่อนในระยะซอเซีย (zoea) จัดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์มีการเคลื่อนที่ตามลักษณะกระแสน้ำและปัจจุบันชาวประมงอ่าวบ้านดอนประสบปัญหาการลดลงของจำนวนปูม้าจึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงลักษณะกระแสน้ำเพื่อทำให้สามารถคาดการณ์การแพร่กระจายของตัวอ่อนปูม้านำไปสู่การแก้ไขปัญหาการลดลงของจำนวนประชากรปูม้าลงได้

อ่าวบ้านดอนตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นชะวากทะเล ที่มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 3.4 เมตร ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงจากอ่าวไทย (Aungsakul et al., 2007) เนื่องจากเป็นอ่าวตื้น การศึกษาด้านอุทกพลศาสตร์ที่ผ่านมาจึงเป็นการศึกษาลักษณะกระแสน้ำแบบ 2 มิติ โดยอนุมานว่ามวลน้ำในอ่าวบ้านดอนไม่มีการแบ่งชั้นน้ำและไม่มีการไหลเวียนที่แตกต่างกันระหว่างน้ำบริเวณผิวน้ำและน้ำบริเวณลึกลงไป อ่อนสี (2552) ได้ทำการศึกษาลักษณะสมุทรศาสตร์กายภาพบริเวณอ่าวขนอมถึงหมู่เกาะทะเลใต้โดยใช้แบบจำลอง 2 มิติและพบว่ากระแสน้ำบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงมากกว่าลมมรสุม อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาในอ่าวตื้นที่มีลักษณะคล้ายกับอ่าวบ้านดอนหลายรายงานซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงการไหลเวียนในรูปแบบ 3 มิติ เช่น Jia and Li (2012) ซึ่งพบว่าการไหลเวียนน้ำที่ Albemarle-Pamlico Sound (APS) ซึ่งเป็นอ่าวตื้นกึ่งปิด (ความลึกเฉลี่ย 2–7.5 เมตร) ได้รับอิทธิพลจากความเค็ม อุณหภูมิและลมเป็นหลักทำให้น้ำเกิดการแบ่งชั้นและมีการไหลแบบ 3 มิติ หรือในการศึกษาของ Lai et al. (2018) ซึ่งพบว่า Pearl River estuary (ความลึกเฉลี่ย 4 เมตร) มีการแบ่งชั้นน้ำที่ความลึกประมาณ 4 เมตร มีการไหลที่เป็นแบบ 3 มิติตามธรรมชาติ ซึ่งการไหลเวียนถูกควบคุมด้วยลม น้ำขึ้นน้ำลงและการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของน้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาลักษณะของกระแสน้ำ การไหลเวียน และคาดการณ์การแพร่กระจายของตัวอ่อนปูม้า ที่อาจจะมีความแตกต่างกันตามฤดูกาล

วิธีดำเนินการวิจัย

การตรวจวัดภาคสนาม คุณภาพน้ำ ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำ

ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยมีการตรวจวัดทั้งในรูปแบบเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ การตรวจวัดเชิงเวลาทำได้โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดที่มีระบบจัดเก็บแบบอัตโนมัติ (Data logger) ตรวจวัดทุก 30 นาทีเป็นระยะเวลาต่อเนื่องประมาณ 1 ปี โดยเก็บข้อมูลระดับน้ำโดยใช้เครื่องบันทึกระดับน้ำ ยี่ห้อ Onset รุ่น HOBO U20L-02 และเก็บข้อมูลความเค็มและอุณหภูมิ น้ำ โดยใช้เครื่องบันทึกความเค็มและอุณหภูมิ ยี่ห้อ Onset รุ่น HOBO U24-002-C โดยมีการติดตั้งเครื่องตรวจวัดทั้งหมดใน 3 ตำแหน่งคือ เกาะปราบ พิกัด (9° 15' 53.82" N 99° 26' 4.29" E, ดาวรูปสี่ด้านใน Fig. 1) ท่าเรือลมพระยาเกาะเต่า (10° 5' 3.48" N 99° 49' 24.20" E) และท่าเรือขนอมพิกัด (10° 12' 32.67" N 99° 52' 55.81" E) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งโดยใช้เครื่องสถานีตรวจวัดอากาศ ยี่ห้อ Onset รุ่น HOBORX3000 เพื่อเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำฝน

อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ความถี่ 5 นาที เป็นระยะเวลาประมาณ 1 ปี บริเวณลินมานะฟาร์ม ($10^{\circ} 14' 24.89''$ N $99^{\circ} 28' 24.76''$ E, รูปสี่เหลี่ยมสีแดงใน Fig. 1)

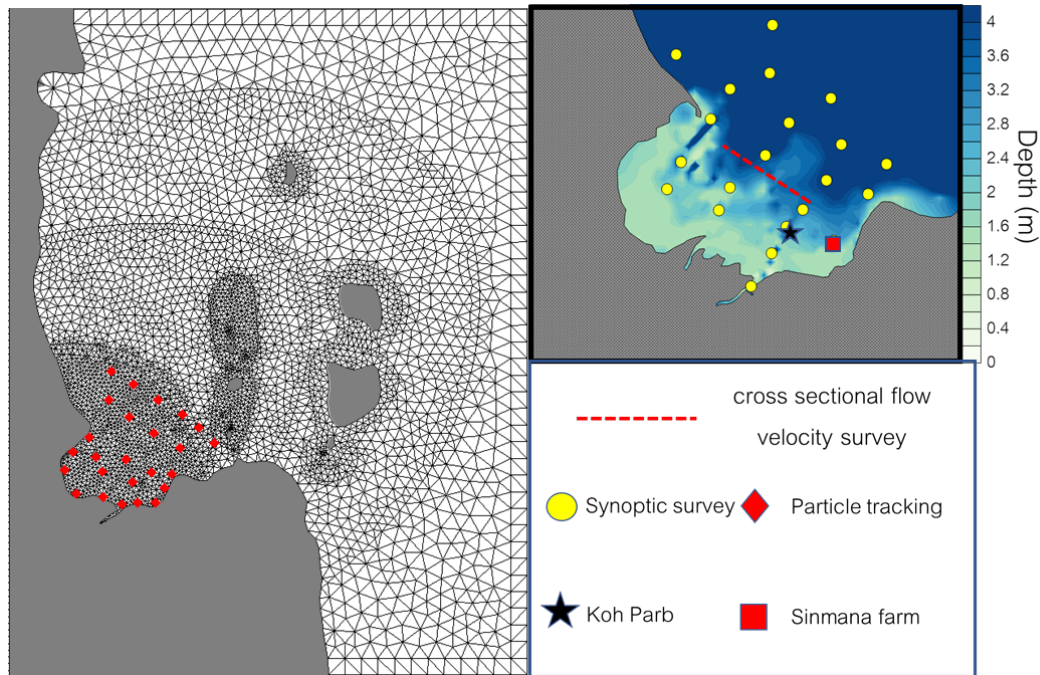


Fig. 1 Sampling location in Bandon Bay with modeling grids (left panel) and depths (top right panel)

ในดำเนินการตรวจวัดเพื่อเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทำการสำรวจแบบ Synoptic survey โดยใช้เรือเร็ว (speed boat) เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลที่จุดตรวจวัด 20 ตำแหน่ง (Fig. 1) ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โดยทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงฤดูมรสุมของปี พ.ศ. 2562 คือ ช่วงเดือนมกราคม เมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน ทั้งนี้ในการสำรวจได้มีตรวจวัดค่าความเร็วกระแสน้ำด้วยเครื่อง Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ยี่ห้อ Teledyne RD Instrument รุ่น Workhorse Sentinel ADCP 1200 kHz และตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ของน้ำตามความลึกด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร ยี่ห้อ JFE Advantech รุ่น AAQ-RINKO ซึ่งวัดค่า ความเค็ม อุณหภูมิและความลึก นอกจากนี้แล้วยังมีการสำรวจความเร็วกระแสน้ำตามความลึกที่เส้นทางภาคตัดขวาง (cross-sectional flow velocity survey) ด้วยเครื่องยี่ห้อ Teledyne RD Instrument ADCP รุ่น RiverRay ที่ช่วงคาบน้ำขึ้นน้ำลงของช่วงน้ำเกิดและน้ำตายเพื่อให้ครอบคลุมรอบน้ำขึ้นน้ำลง

การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

การศึกษาใช้ข้อมูลความลึกพื้นท้องน้ำจากกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ ระบุวงเลขที่ 204 และเลขที่ 207 ทำการสร้างเส้นแนวชายฝั่งจากการดึงข้อมูลเส้นชายฝั่งด้วยโปรแกรม Google Earth Pro (เวอร์ชัน 7.3.3.7786) ดึงข้อมูลวันที่ 21 กรกฎาคม 2563 ซึ่งมีข้อมูลเส้นชายฝั่งครอบคลุมพื้นที่เกาะเต่า ชายฝั่งจังหวัดชุมพร ถึงอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ข้อมูลระดับน้ำนอกชายฝั่งทะเลจากแบบจำลองสังเคราะห์ระดับน้ำจากค่า Tidal constituent (SA, Q1, O1, P1, K1, N2, M2, S2, K2, MN4, MS4, MM, MF, M4, 2N2, และ S1) รวมทั้งหมด 16 ตัว โดยใช้โปรแกรม TPOX 8.0 Global Inverse Tide Model (Egbert et.al. 2002) ใช้ข้อมูลรายชั่วโมงของค่าความเค็มและอุณหภูมิที่ความลึกต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์อ่าวไทยแบบ 3 มิติของกรศึกษาวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่โดยห้องปฏิบัติการแบบจำลองพลวัตชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ธนัสพงษ์ โภควนิช และ กิตติพงศ์ พัฒนานุรักษ์, ติดต่อบุคคล) และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากสถานีตรวจวัด x.36 และ x.217 โดยนำอัตราของปริมาณน้ำท่าในแต่ละเดือนได้จากการตรวจวัดมาเปรียบเทียบที่ละเดือนเพื่อให้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ให้ข้อมูลความเค็มที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนาม โดยปริมาณน้ำท่าที่ปรับแล้วตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม มีค่าเท่ากับ 187, 73, 62, 41, 66, 105, 98, 94, 138, 197, 185, 96 m³/sec ตามลำดับ (Fig. 2)

การจัดเตรียมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จัดเตรียมแบบจำลองอุทกพลศาสตร์แบบ 3 มิติ (3D hydrodynamic model) โดยใช้โปรแกรม MIKE3 ซึ่งใช้กริดแบบ Unstructured grid มีจำนวน 10 ชั้นความลึก แบบ sigma coordinate (Fig. 1) ซึ่งสามารถจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของมวลน้ำ ซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยอิทธิพลรวมจากทั้งปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ลม การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของน้ำ ความเค็ม อุณหภูมิ น้ำ สภาพอากาศ ปริมาณน้ำท่าจากแม่น้ำตาปี ปริมาณน้ำทะเลจากนอกอ่าวบ้านดอน แรงไคร้โอลิส ความลึก ลักษณะเส้นแนวชายฝั่ง ทั้งนี้รายละเอียดที่ใช้ในการเตรียมแบบจำลองได้สรุปไว้ใน Table. 1 โดยแบบจำลองได้ปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบพื้นที่ท้องน้ำ และ 4 ค่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงหลัก คือ O1, K1, M2, และ S2 จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลระดับน้ำ อุณหภูมิและความเค็ม ในระยะ 1 ปี (Fig. 2)

Table 1 Setup parameters for our numerical model in Bandon Bay

Parameters	Values
Study period	1/01/2018 –31/12/2019
Grid size	20,931 m ² - 19,247,890 m ² (Fig.1)
Mesh (83,641)	Triangular mesh in spherical coordinate
Time step	Minimum 0.01 sec maximum 600 sec
Initial condition	Uniformly rested water
Bottom roughness (Chezy roughness)	0.003 m
Horizontal eddy viscosity	0.0000018 – 1000 m ² /s
Vertical eddy viscosity	0.0000018 – 0.005 m ² /s
Offshore boundary condition	TPOX 8.0 Global Inverse Tide Model (Egbert, et.al. 2002)
Offshore condition	10-layer 3-D Gulf of Thailand temperature and Salinity model
Weather information	Daily measurement (5 minute interval) at Sinmana Farm (Fig. 1)

จากนั้นทำการปล่อยอนุภาคอนุรักษ์เพื่อใช้เป็นตัวแทนของตัวอ่อนปูม้าลงไปแบบจำลองโดเมนใช้โมดูล particle tracking จำนวน 25 ตำแหน่ง (Fig. 5) โดยอนุภาคที่ 1–9 จะปล่อยรอบๆอ่าว (อนุภาคสีดำ) อนุภาคที่ 10 ปล่อยบริเวณเกาะหัวเสด็จ (อนุภาคสีเขียว) อนุภาคที่ 11–14 ปล่อยครอบคลุมภายในบริเวณอ่าว (อนุภาคสีแดง) อนุภาคที่ 15 ปล่อยที่ปากแม่น้ำตาปี (อนุภาคสีน้ำเงิน) และอนุภาคที่ 16–25 จะปล่อยบริเวณทะเลเปิด (อนุภาคสีเทา) โดยจะทำการปล่อยอนุภาคใน 2 กรณี คือ (1) ปล่อยอนุภาคใกล้ผิวน้ำ และ (2) ปล่อยอนุภาคใกล้พื้นท้องน้ำ ในช่วงน้ำเกิดและติดตามเส้นทางเคลื่อนที่ของอนุภาคนั้นเป็นเวลา 10 วัน ภายหลังจากการปล่อย ทำการทดสอบใน 4 ช่วงฤดูกาล โดยในเดือนมกราคมเป็นตัวแทนของช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NEM) เดือนเมษายนเป็นตัวแทนของช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมที่ 1

(Transition 1) เดือนสิงหาคมเป็นตัวแทนของช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SWM) และเดือนตุลาคมเป็นตัวแทนของช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมที่ 2 (Transition 2)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำ ความเค็มน้ำและอุณหภูมิน้ำ ที่ได้จากการตรวจวัดค่าด้วยเครื่องมือต่างๆ ในภาคสนามและจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Fig. 2) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถเลียนลักษณะธรรมชาติทั้งการเปลี่ยนแปลงตามรอบน้ำขึ้นน้ำลง น้ำเกิดน้ำตาย น้ำแล้งน้ำหลาก และตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศรายวันและรายฤดูกาล โดย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) ระหว่างข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลจากแบบจำลองของอุณหภูมิน้ำและความคลาดเคลื่อนแบบ Root mean square error (RMSE) เท่ากับ 0.63°C และ 1.88°C ตามลำดับ ในขณะที่ค่า r^2 ของข้อมูลความเค็มน้ำค่า RMSE เท่ากับ 0.55 และ 6.83 psu ตามลำดับ ส่วนค่า r^2 ของข้อมูลระดับน้ำและค่า RMSE เท่ากับ 0.86 และ 0.029 เมตรตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าค่าความเค็มของน้ำที่ได้จากการสังเคราะห์ของแบบจำลองยังมีค่าที่ต่ำกว่าค่าตรวจวัดมากและยังสามารถปรับปรุงได้อีกในอนาคตโดยการปรับปรุงข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำท่า ผลเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่าความเร็วกระแสน้ำจากการตรวจวัดและจากแบบจำลอง (Fig. 3) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถเลียนแบบลักษณะตามธรรมชาติได้ดี

ลักษณะทางสมุทรศาสตร์กายภาพของอ่าวบ้านดอน

อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวตื้นความลึกเฉลี่ยประมาณ 3.3 เมตร กระแสน้ำและการไหลเวียนของน้ำในอ่าวได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงจากอ่าวไทยและลมมรสุมรวมถึงปริมาณน้ำท่าที่จากแม่น้ำตาปีที่แตกต่างกันตามฤดูกาล (Wattayakron et al., 2001) ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและจากแบบจำลองในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยแตกต่างกันแต่ละช่วงของปี โดยช่วงต้นปีและปลายปีอ่าวบ้านดอนจะมีระดับน้ำสูงที่สุดโดยระดับน้ำขณะน้ำขึ้นจะมีค่าประมาณ 1.6 เมตร และระดับน้ำขณะน้ำลงจะมีค่าประมาณ 0.5 เมตร ช่วงกลางปีอ่าวบ้านดอนจะมีระดับน้ำทะเลต่ำสุดในรอบปี โดยระดับน้ำขึ้นสูงสุดในช่วงนี้มีค่าประมาณ 1.2 เมตรและระดับน้ำลงต่ำที่สุดมีค่าประมาณ -1.0 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง น้ำขึ้น-น้ำลงในอ่าวบ้านดอนเป็นน้ำเดี่ยว เมื่อน้ำขึ้นกระแสน้ำจะไหลเข้ามาในอ่าวและเมื่อน้ำลงกระแสน้ำจะไหลออกจากอ่าว กระแสน้ำเฉลี่ยหรือการไหลเวียนของอ่าวบ้านดอนมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและได้รับอิทธิพลจากทิศทางของลมมรสุมและการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลน้ำจืดที่ไหลลงอ่าวจากแม่น้ำตาปี (Fig. 4)

ผลการศึกษาพบว่าค่าความเค็มน้ำสูงสุดเท่ากับปริมาณ 30 psu ในช่วง Transition 1 และต่ำสุด 15 psu ในช่วง Transition 2 อุณหภูมิน้ำทะเลสูงสุด 34°C ในช่วง Transition 1 และต่ำสุดมีค่าประมาณ 27°C ในช่วง SWM และจะต่ำอีกครั้งในช่วง NEM โดยมีค่าประมาณ 25°C อุณหภูมิน้ำสูงที่สุดในเดือนเมษายนโดยสันนิษฐานว่าเกิดจากอิทธิพลของความเข้มแสงและการไหลเวียนที่จำกัด ในช่วงเดือนสิงหาคมและธันวาคมมีลมมรสุมแรงทำให้น้ำทะเลสูญเสียพลังงานความร้อนประกอบกับค่าน้ำขึ้นน้ำลงที่สูงขึ้นและการไหลเวียนแลกเปลี่ยนกับทะเลภายนอกดีขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิ ความเค็ม และกระแสน้ำในช่วง 4 เดือนที่ศึกษา (Fig. 4) ถูกควบคุมโดยปริมาณน้ำท่าที่ไม่เท่ากันในแต่ละเดือนซึ่งส่งผลให้ความเค็มและอุณหภูมิในอ่าวแตกต่างกัน ในเดือนมกราคมมีมวลน้ำจืดที่ไหลออกไปทางด้านทิศตะวันตกพุ่งขึ้นเหนือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง $28-29^\circ\text{C}$ และมีมวลน้ำจืดไหลออกมาถึงปากอ่าว ในขณะที่เดือนเมษายนเป็นช่วงเดือนที่มวลน้ำจืดอยู่คงที่บริเวณปาก

แม่น้ำส่งผลให้พื้นที่ในอ่าวมีความเค็มค่อนข้างสูง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29–30°C ส่วนเดือนกรกฎาคมมวลน้ำจืดเคลื่อนที่ออกไปทางด้านตะวันออกของอ่าวเล็กน้อย อุณหภูมิอยู่ในช่วง 28°C ลักษณะที่แตกต่างกันทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเค็ม ความเร็วและทิศทางลม และปริมาณฝนที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน

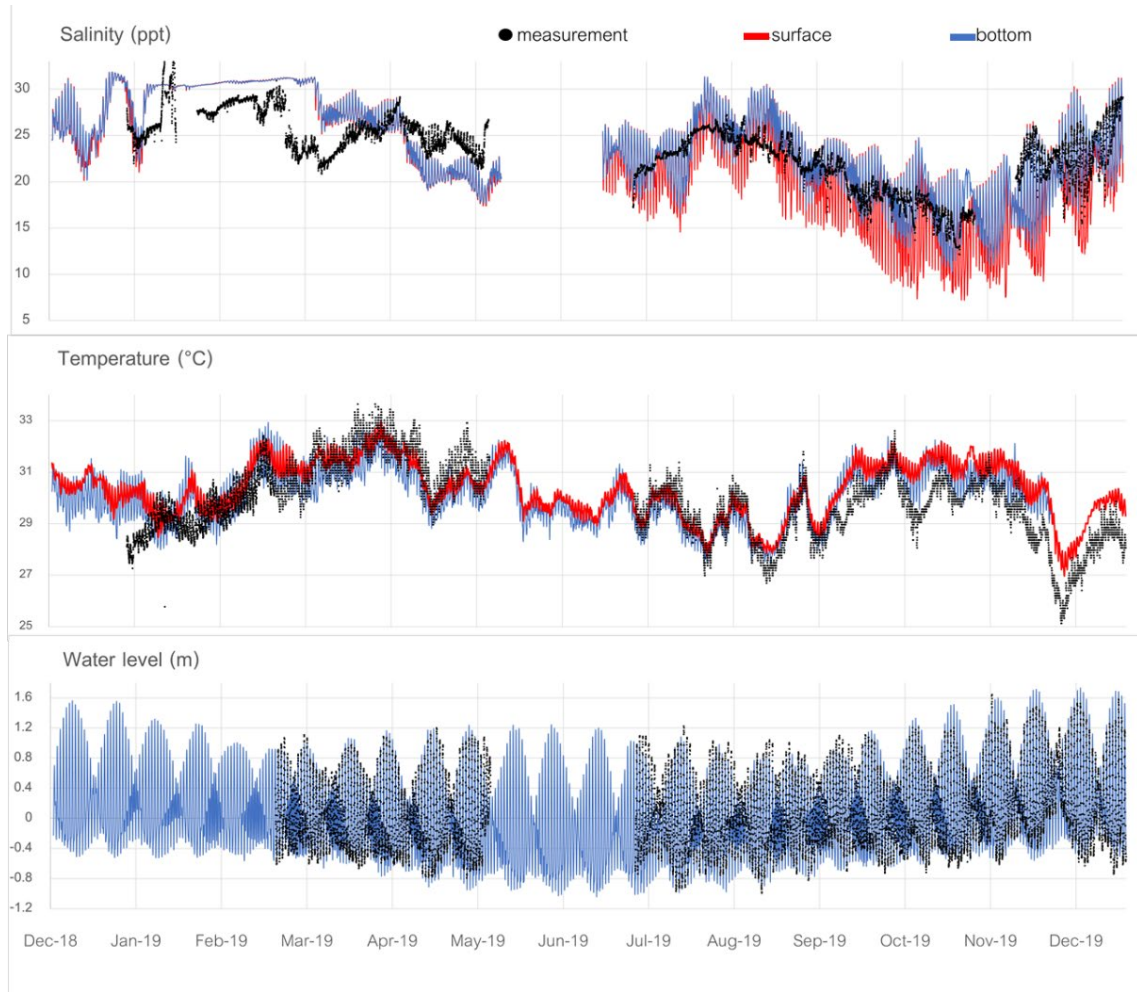


Fig. 2 Comparison between measured and modeled water level. Temperature and salinity in Bandon Bay between December 2018 and December 2019

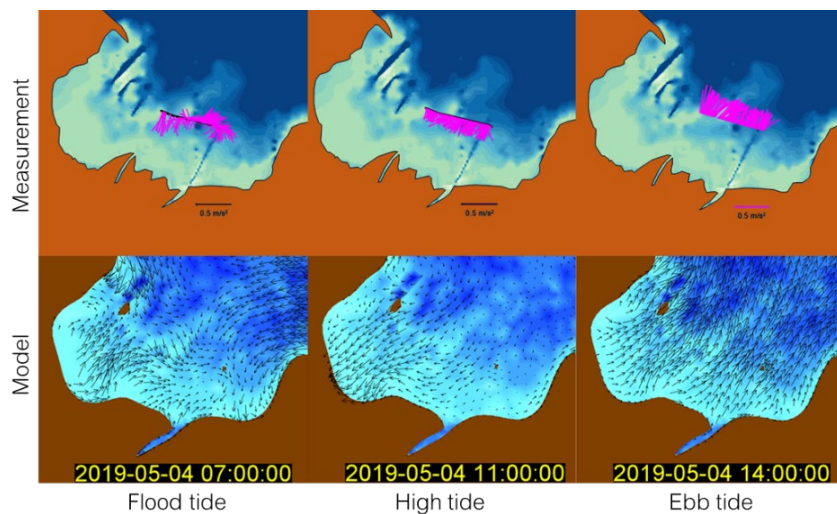


Fig. 3 Comparison between measured and modeled current velocity during different periods: flood tide, high tide, and ebb tide during May 2019

ผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอ่าวบ้านดอนแม้จะเป็นทะเลตื้นและมีค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงสูงเมื่อเทียบกับความลึกเฉลี่ย ก็ยังสามารถเกิดการไหลเวียนแบบ 3 มิติได้ ซึ่งแสดงลักษณะกระแสน้ำที่แตกต่างกันระหว่างน้ำบริเวณใกล้ผิวน้ำและน้ำบริเวณใกล้ท้องน้ำได้ ซึ่งเป็นผลรวมของแรงลมมรสุม สภาพอากาศ ปริมาณน้ำท่าและน้ำขึ้นน้ำลง สอดคล้องกับงานวิจัยในพื้นที่อ่าวตื้นอื่น เช่น Jia and Li (2012) และ Lai et al. (2018) ทั้งหมดนี้ทำให้เกิดความเข้าใจใหม่ในลักษณะการไหลเวียนของน้ำในอ่าวบ้านดอนซึ่งการศึกษาที่ผ่านมา อ่อนสี (2552) ได้อนุมานว่ามีลักษณะเป็นแบบ 2 มิติ จากการที่อ่าวบ้านดอนมีความลึกเฉลี่ยน้อย

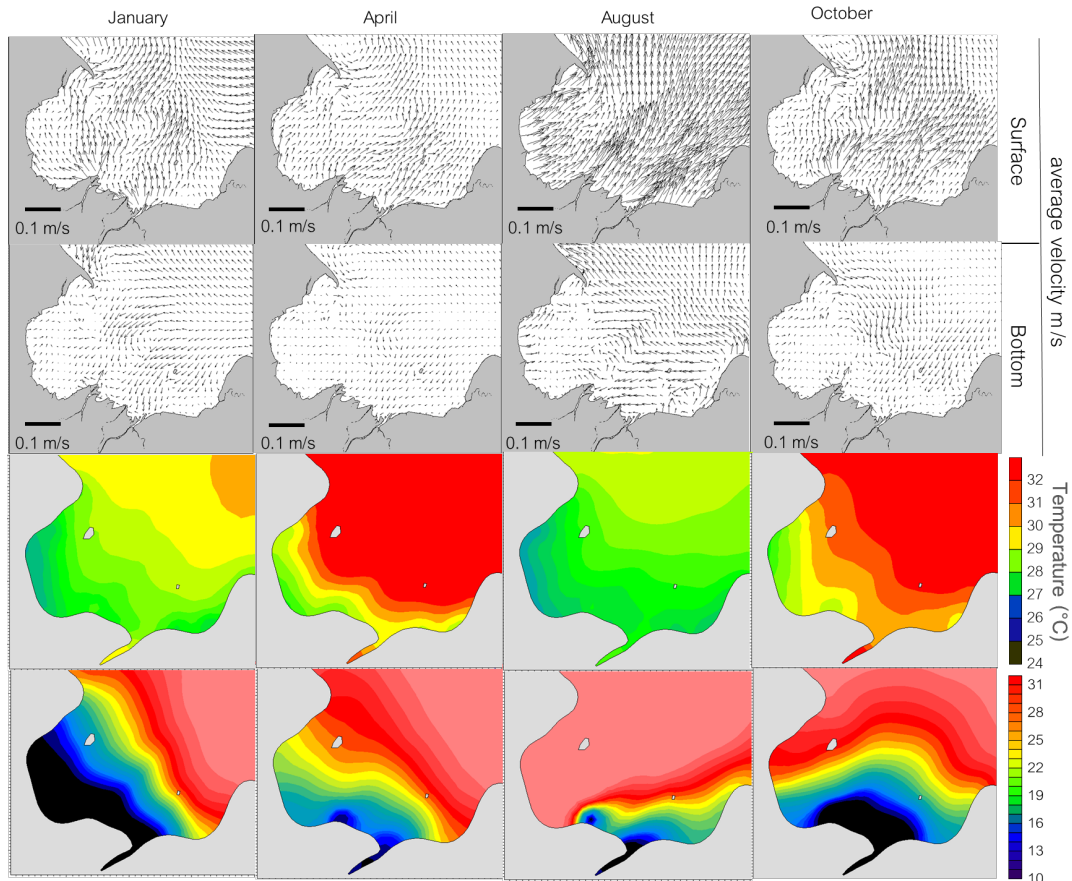


Fig. 4 Model results showing, surface and bottom flow characteristics and the distribution of water temperature and salinity during 4 study months in 2019

การคาดการณ์การเคลื่อนตัวของตัวอ่อนปูม้าตามฤดูกาล

ผลจากแบบจำลองการเคลื่อนตัวของอนุภาคอนุรักษซึ่งอนุมาณว่าเป็นตัวอ่อนปูม้าในระยะซู่เอีย (zoea) ในช่วงขณะน้ำเกิดจากการปล่อยอนุภาคเจียใน 2 กรณีคือ (1) ทำการปล่อยอนุภาคที่ใกล้ผิวน้ำ และ (2) ปล่อยอนุภาคที่ใกล้พื้นท้องน้ำ โดยปล่อยทั้งหมด 25 จุดพร้อมกันโดยกำหนดให้อนุภาคล่องลอยไปกับมวลน้ำและมีค่าความเร็วในการจมตัว (settling velocity) เท่ากับ 0 จากนั้นติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 10 วันหลังการปล่อย พบว่าตัวอ่อนปูม้ามีการเคลื่อนที่ตามกระแสน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าว โดยจะมีการเคลื่อนตัวไปตามทิศทางของกระแสน้ำเฉลี่ย(การไหลเวียน) ที่แตกต่างกันตามช่วงฤดูต่างๆ ของปี (Fig. 5)

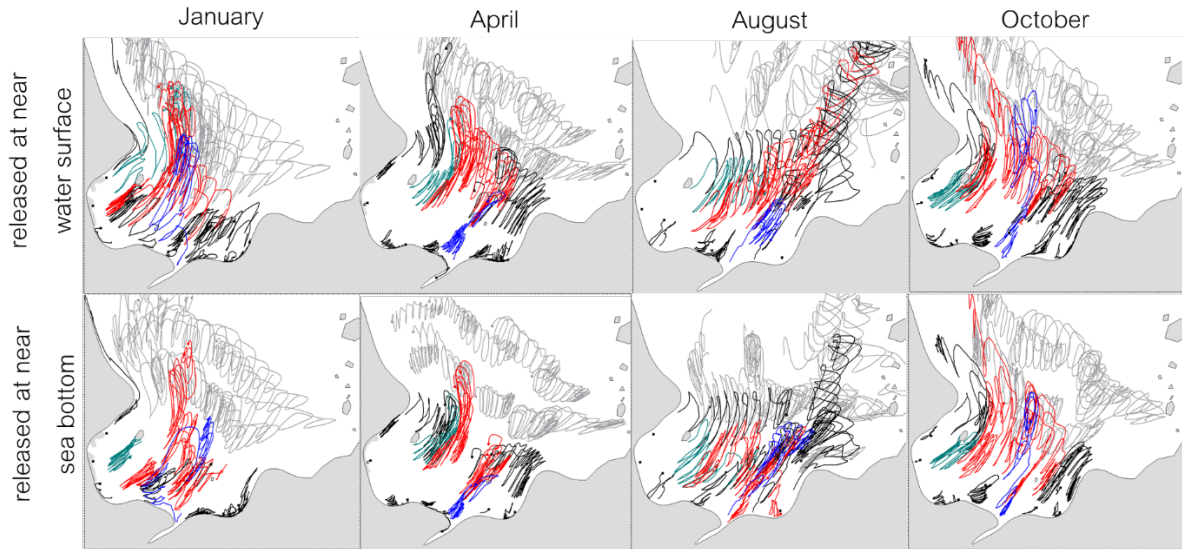


Fig. 5 Trajectories of conservative particle movement from different parts of the bay released at near water surface (above row) and at near sea bottom at different monsoonal seasons

ในช่วง NEM (เดือนมกราคม) ตัวอ่อนปูม้าส่วนใหญ่จะไหลออกไปทางทิศเหนือของอ่าวยกเว้นอนุภาคสีน้ำเงินที่ยังอยู่บริเวณปากแม่น้ำที่เคลื่อนที่ออกไประยะทางไกลถึงปากอ่าว และอนุภาคสีเขียวบริเวณเกาะหัวเสด็จที่ผิวน้ำจะลอยออกไปถึงทะเลเปิดในขณะที่พื้นท้องน้ำจะคงอยู่ในอ่าว แสดงให้เห็นถึงการไหลของกระแสน้ำที่ต่างกันตามความลึกช่วงที่ปริมาณน้ำท่ามาก และลมอ่อนกำลัง

ในช่วง Transition 1 (เดือนเมษายน) ตัวอ่อนปูม้าที่ถูกปล่อยรอบอ่าวบริเวณใกล้ผิวน้ำจะเคลื่อนที่อยู่ใกล้บริเวณจุดปล่อยเป็นส่วนใหญ่ ตัวอ่อนที่ถูกปล่อยบริเวณนอกอ่าวมีการหลุดออกจากกระแสน้ำหลักพัดขึ้นไปทางทิศเหนือ ในขณะที่ตัวอ่อนที่ถูกปล่อยบริเวณใกล้พื้นท้องน้ำเคลื่อนที่ไม่ห่างจากจุดปล่อย ลักษณะดังนี้แสดงให้เห็นถึงการไหลเวียนที่จำกัด เนื่องจากลมที่อ่อนกำลัง กระแสน้ำขึ้น-น้ำลงที่อ่อนกำลัง และปริมาณน้ำท่าที่น้อย

ในช่วง SWM (เดือนสิงหาคม) ตัวอ่อนปูม้าที่ถูกปล่อยบริเวณใกล้ผิวน้ำบางส่วนจะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือในทิศทางหมู่เกาะอ่างทองและจะมีบางส่วนเคลื่อนที่อยู่ภายในอ่าว ตัวอ่อนที่ถูกปล่อยบริเวณใกล้พื้นท้องน้ำทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปมาห่างจากจุดปล่อยเล็กน้อย ลักษณะเช่นนี้เกิดจากปัจจัยร่วมระหว่างลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ส่งผลให้มีลมแรงและปริมาณน้ำท่าที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและลมสามารถพัดส่งให้น้ำบริเวณใกล้ผิวน้ำและตัวอ่อนปูม้าเคลื่อนที่ได้ไกลจากจุดปล่อยออกสู่นอกอ่าวเมื่อเทียบกับช่วงอื่นของปี

ในช่วง Transition 2 (เดือนตุลาคม) ตัวอ่อนปูม้าที่ถูกปล่อยในอ่าว ทั้งผิวน้ำ และพื้นท้องน้ำจะเคลื่อนที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่ปล่อย ในขณะที่ตัวอ่อนที่ปล่อยบริเวณทะเลเปิดจะไหลขึ้นไปทางเหนือ แสดงถึงการไหลเวียนที่จำกัดของกระแสน้ำภายในอ่าว

สรุป

ข้อมูลจากผลตรวจวัดภาคสนามและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่อ่าวบ้านดอนในการศึกษานี้ได้ความเข้าใจเบื้องต้นของสภาพทางอุทกพลศาสตร์ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ กระแสน้ำ การไหลเวียน การกระจายตัวของอุณหภูมิและความเค็มของอ่าวบ้านดอน รวมถึงคาดการณ์การเคลื่อนที่ของตัวอ่อนลูกปูม้า โดยพบว่าอ่าวบ้านดอนที่เป็นอ่าวตื้นได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลงแบบน้ำตื้นจากบริเวณอ่าวไทยทำให้กระแสน้ำมีการไหลเข้า-ออกจากอ่าว ส่วนการ

ไหลเวียนหรือกระแสน้ำเฉลี่ยของอ่าวบ้านดอนถูกควบคุมด้วยทิศทางลมมรสุมเป็นหลัก ภายในอ่าวได้รับเจ็ดจากแม่น้ำตาปีมากน้อยไม่เท่ากันในแต่ละช่วงเวลาของปี ทำให้มีการกระจายตัวของค่าความเค็มที่แตกต่างกันตามฤดูกาล และแม้ว่าอ่าวบ้านดอนจะเป็นอ่าวตื้นก็มีลักษณะการไหลเวียนน้ำแบบ 3 มิติ โดยมวลน้ำที่จืดกว่าไหลออกจากอ่าวบริเวณผิวน้ำและมวลน้ำเค็มจากทะเลเปิดไหลเข้าอ่าวที่น้ำลึก มีการแบ่งชั้นน้ำที่ชัดเจนในฤดูน้ำหลากโดยเฉพาะช่วงน้ำตาย ลักษณะอุทกพลศาสตร์แบบนี้ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของลูกปูม้าเปลี่ยนไปตามฤดูกาลด้วยเช่นกัน

การศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตสามารถปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมจริงมากขึ้นโดยการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น และจำลองการเคลื่อนที่ของตัวอ่อนปูม้าโดยไม่ใช้อนุภาคอนุรักษซึ่งจะให้การคาดคะเนการกระจายตัวอ่อนปูม้ามีความสมจริงมากยิ่งขึ้นเช่น ให้มีการลงเกาะพื้นท้องน้ำหลัง 15 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ลูกปูม้าจะเปลี่ยนระยะเป็นเมกาโลปา (megalopa) หรือการเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื่องจากในธรรมชาติปูม้ามีอัตราการรอดค่อนข้างต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ การศึกษาชีววิทยาประมง สังคมเศรษฐกิจ และระบบนิเวศที่เกี่ยวข้องต่อการฟื้นฟูทรัพยากรปูม้าตามแนวทางการพัฒนาทางการประมง (Fishery improvement program: FIP) ในบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี หมายเลขทุน PRP6105021960 สนับสนุนโดย สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณ DHI ที่สนับสนุนการวิจัยด้วยแบบจำลอง MIKE 3 FM

เอกสารอ้างอิง

- นิคม อ่อนสี. 2552. สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์บริเวณหาดขนอม-หมู่เกาะทะเลใต้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุดารัตน์ นิลรัตน์, กัญญารัตน์ งามเจริญ, ธนิษฐา ทรรพนันท์, อมรศักดิ์ สวัสดิ์. 2562. ชีววิทยาและการประมงปูม้าในประเทศไทย. วท.มอ.บ. 21(1): 117–127.
- Aungsakul, K., Jaroensutasinee, M., Jaroensutasinee, K., 2007. Numerical study of principal tidal constituents in the gulf of Thailand and the Andaman Sea. Walailak J. Sci. & Tech. 4(1): 95–109
- Egbert, G.D., Erofeeva, S.Y. 2002. Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. JTECH. 19(2): 183–204.
- Jia, P., Li, M., 2012. Dynamics of wind-driven circulation in a shallow lagoon with strong horizontal density gradient. JGR. 2012: 117. doi.org/10.1029/2011JC007475
- Lai, W., Pana, J., Devlina, A. T., 2018. Impact of tides and winds on estuarine circulation in the Pearl River Estuary. Cont. Shelf Res. 168: 68–82.
- Wattayakron, G., Prapong, P., Noichareon, D. 2001. Biogeochemical budgets and processes in Bondon Bay, Suratthani, Thailand. J. Sea Res. 46: 133–142.

สาขาประมง
(Subject: Fisheries)

ภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)

ผลของการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูป**ต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะเวลาวัยรุ่น****Effects of *Caulerpa lentillifera* supplement in diets on growth performance of juvenile spotted Babylon (*Babylonia areolata*)****กอร์นราวี เอี่ยมสมบูรณ์^{a,*}, พรรณวสา สรรพประเสริฐ^a, นฤชล ภัทราปัญญาวงศ์^b****Kornrawee Aiemsomboon^{a,*}, Phanwasa Sapprasert^a, Naruechon Pattarapanyawong^b**^aภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330^bสถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สมุทรสงคราม 75000^aDepartment of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand^bSamut Songkhram Fisheries Research Station, Samut Songkhram 75000, Thailand

*Corresponding author. E-mail: Kornrawee.a@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะเวลาวัยรุ่น โดยผสมสาหร่ายช่อพริกไทยเป็น 4 ระดับได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักอาหาร ทดลองเลี้ยงหอยหวานระยะเวลาวัยรุ่นในระบบน้ำแบบเปิด โดยใช้หอยหวานขนาดความยาวเปลือกเริ่มต้นเฉลี่ย 1.56 ± 0.02 เซนติเมตร จำนวน 20 ตัวต่อหน่วยการทดลอง หน่วยทดลองละ 3 ซ้ำ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในกล่องพลาสติกขนาด $18.5 \times 24.5 \times 15.5$ ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีทรายละเอียดรองไว้ที่พื้นกล่อง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อทดลองครบ 8 สัปดาห์ พบว่าลูกหอยที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2 เปอร์เซ็นต์ มีการเติบโตโดยน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) โดยน้ำหนัก และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) สูงกว่าอาหารสูตรอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับอาหารสูตรอื่นๆ และอาหารทุกสูตรไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกหอยหวาน

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต, สาหร่ายช่อพริกไทย, หอยหวาน**Abstract**

Effects of *Caulerpa lentillifera* powder supplemented in artificial diet at 0% a control diet (w/w), 1%, 2%, and 3% were studied on growth performance were conducted in spotted babylon (*Babylonia areolata*). The spotted babylon with initial average shell length of 1.56 ± 0.02 cm were fed with the experimental diets for 8 weeks. Each of twenty spotted babylon was reared in an $18.5 \times 24.5 \times 15.5$ cm³ plastic box provided with fine sand on the bottom and raised in a opened water system. The spotted babylon were divided into four each groups with triplicates. The result indicated that at 8 weeks the spotted balylon fed with 2% of *C. lentillifera* powder supplemented in artificial diet showed the average weight, specific growth rate by weight and food conversion ratio (FCR) was not significantly difference ($p > 0.05$) from other diets. All diets were not affected to survival rate of spotted babylon.

Keywords: *Babylonia areolate*, *Caulerpa lentillifera*, Growth performance, Spotted babylon

คำนำ

หอยหวาน หรือหอยตุ๊กแก (*Babylonia areolata*) เป็นหอยทะเลเศรษฐกิจชนิดหนึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันพบว่าปริมาณหอยหวานที่จับได้จากแหล่งทำการประมงลดต่ำลงและหอยหวานที่จับได้มีขนาดเล็กลง ในขณะที่ความต้องการของตลาดกลับเพิ่มสูงขึ้น (นิลนาจ และศิรุษา, 2545) พบปัญหาที่สำคัญคือ การขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์หอยหวานในธรรมชาติเพื่อนำมาทำการเพาะเลี้ยง อัตรารอดของลูกหอยระยะลงเกาะค่อนข้างต่ำและการเติบโตช้า ด้วยเหตุนี้การศึกษาเพื่อเพิ่มอัตรารอดของลูกพันธุ์หอยหวานให้สูงขึ้นจึงมีความสำคัญยิ่ง

หอยหวาน ประกอบด้วย 2 ช่วงชีวิต คือ ระยะเวลาอ่อน ซึ่งดำรงชีพแบบแพลงก์ตอนลอยอยู่ในมวลน้ำกินสาหร่ายเซลล์เดียวเป็นอาหาร ใช้ระยะเวลาอยู่ในช่วงชีวิตนี้ประมาณ 14-16 วัน จึงพัฒนาเป็นหอยระยะลงพื้น (settle juveniles) ดำรงชีพแบบคืบคลานบนพื้น กินเนื้อสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร จากนั้นใช้ระยะเวลาประมาณ 75-90 วัน จะได้ลูกพันธุ์หอยหวานขนาดความยาวเปลือก 1 เซนติเมตร เหมาะสำหรับจำหน่ายแก่ฟาร์มเลี้ยงหอยหวาน เพื่อนำไปขุนให้เป็นหอยขนาดตลาดต่อไป ในการอนุบาลหอยหวานนั้น อาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตและอัตรารอดของลูกหอยหวาน ด้วยเหตุนี้การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่มีการเสริมสารอาหารที่สำคัญจึงมีความจำเป็นต่อการเติบโตและอัตรารอดของลูกหอยหวาน โดยการวิจัยครั้งนี้ทำการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*) ในอาหารสำเร็จรูป สาหร่ายชนิดนี้มีโปรตีน ไฟเบอร์ วิตามิน กรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids) กรดอะมิโนที่สำคัญ (Essential Amino Acids) แร่ธาตุทั้งแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (de Gailliande et al., 2017; Paul et al., 2014) สาหร่ายช่อพริกไทยมีการนำมาเสริมในอาหารกุ้งกุลาดำแล้วมีผลต่อการเติบโตของกุ้งกุลาดำอย่างมีนัยสำคัญ (Putra et al., 2019) และมีแนวโน้มทำให้กุ้งก้ามกรามมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (กรณรวิ และคณะ, 2563) ถึงแม้การเสริมสาหร่ายทะเลที่นำมาเสริมในอาหารสัตว์น้ำจะไม่ได้มีผลต่อการเติบโตของสัตว์น้ำอย่างเด่นชัด แต่ก็ทำให้น้ำหนักสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น การนำสาหร่ายช่อพริกไทยมาใช้เสริมในอาหารเลี้ยงหอยหวานอาจเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์สาหร่ายช่อพริกไทยได้มากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดลองเลี้ยงลูกหอยหวาน ณ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้น้ำเค็มจากนาเกลือที่เจือจางด้วยน้ำประปาเพื่อให้ได้ความเค็ม 28-30 ส่วนในพันส่วน (psu) เติมแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อรักษาระดับแร่ธาตุในน้ำ ก่อนนำน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำเพื่อเตรียมไว้ใช้กับชุดทดลอง ชุดการทดลองจะใช้กล่องพลาสติกขนาด 18.5×24.5×15.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปลูกกล่องด้วยทรายละเอียดหนา 2 เซนติเมตร สำหรับการฝังตัวของหอยหวาน เติมน้ำปริมาตร 4 ลิตร (ระดับน้ำสูงจากพื้นทรายประมาณ 8 เซนติเมตร) และให้อากาศอย่างเพียงพอตลอดเวลา มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและดูดตะกอนทุกวัน

ทำการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) โดยอาหารทดลอง 4 สูตรเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยอบแห้งบดละเอียด 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ เป็นชุดการทดลอง 4 สูตร แสดงดัง Table 1 ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ ทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ อาหารทดลองเป็นอาหารผสมแบบกึ่งเปียก ดัดแปลงจากสูตรอาหารหอยหวาน (เดือนนภา, 2553) โดยวัตถุดิบที่ผสมในอาหารทดลองได้แก่ ใช้ปลาป่น กากถั่วเหลือง และกุ้งป่นเป็นแหล่งของโปรตีน ใช้น้ำมันทูน่าเป็นแหล่งของไขมัน แป้งสาลีเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต มีการเติมวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยมี วิกทูลเตน (wheat gluten) เป็นตัวประสาน (Binder) ส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นเติมสาหร่ายช่อพริกไทยบดละเอียดตามสัดส่วนวัตถุดิบของอาหารทดลอง จากนั้นผสมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารก่อนนำไป

อัดแท่งในพิมพ์อะลูมิเนียมขนาด 1×1 ตารางเซนติเมตร แล้วจึงฝังลงในที่มืด อากาศถ่ายเทสะดวก แล้วตัดแบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อวางอาหารให้กระจายเป็น 2 จุดในแต่ละกล่องทดลอง เก็บอาหารใส่กล่องพลาสติกรักษาอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส ส่วนสัตว์ทดลองในการทดลองนี้ใช้ลูกหอยหวานระยะลงพื้นอายุประมาณ 3 เดือน แสดงดัง Fig.1 ที่มาจากชุดการผลิต (crop) เดียวกัน จากสถานีวิจัยย่อยชะอำ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดเพชรบุรี และคัดขนาดให้มีความยาวเริ่มต้นใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย 1.56 ± 0.02 เซนติเมตร จำนวน 20 ตัวต่อชุดทดลองละ 3 ซ้ำ ให้อาหารปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักลูกหอย วันละ 1 ครั้ง เวลา 09.00 น. และเก็บอาหารที่เหลือออกเมื่อลูกหอยกินอาหารอิ่ม และปรับปริมาณอาหารทุก 2 สัปดาห์

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารสำเร็จรูป ได้แก่ ปริมาณโปรตีน, ไขมัน และความชื้น ด้วยวิธี proximate analysis (The Association of Official Analytical Chemists (AOAC) in Animal, 2005) ที่ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์อาหารสัตว์น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เก็บข้อมูลเพื่อประเมินการเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเปลือก นับจำนวนลูกหอยทุกตัวทุก 2 สัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลค่าเฉลี่ยไปประเมินการเติบโตในด้านความยาวเปลือกที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประเมินอัตราการรอดในแต่ละชุดการทดลอง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ IBM SPSS Statistics 22



Fig. 1 Spotted Babylon (*Babylonia areolata*)

Table 1 Ingredients of *B. areolata* diet

Items	Level of seaweed powder (%)			
	0	1%	2%	3%
Ingredient (g/100g)				
Fish meal	35	35	35	35
Wheat flour	25.35	24.35	23.35	22.35
Shrimp powder	2.4	2.4	2.4	2.4
Soybean meal	6.75	6.75	6.75	6.75
Squid liver meal	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>C. lentillifera</i> powder	0	1	2	3
Tuna oil	11	11	11	11
Wheat gluten	3	3	3	3
Alpha starch	5	5	5	5
Lecithin	1	1	1	1
Mixed vitamin	4	4	4	4
Mixed mineral	4	4	4	4
99% Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5
Astaxanthin	0.5	0.5	0.5	0.5
Yeast	1	1	1	1

Note: * Mineral premix contains natural mineral chelate such as Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Se, Cr, P etc.

** Vitamin premix contains Vitamin E 5000 IU, Vitamin C 35.00 g, Vitamin B1 5.50 g, Vitamin B2 5.50 g, Vitamin B6 15.00 g, Vitamin B12 0.10 g, Niacin 10.00 g, Folic acid 0.40 g, Inositol 20.00 g, Glucono Delta Lactone 50.00 g, Feed additives 0.50 g, Preservative 0.50 g, Carrier add to 1 kg.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ศึกษาการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยในอาหารสำเร็จรูปต่อการเจริญเติบโตของหอยหวานระยะวัยรุ่น โดยโครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No. 2123005) ในการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงหอยหวาน

การเติบโตโดยความยาวเปลือกของหอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ (0%, 1%, 2% และ 3%) แสดงดัง Fig. 2 พบว่า หอยหวานระยะวัยรุ่นทุกชุดการทดลองมีความยาวเปลือกเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

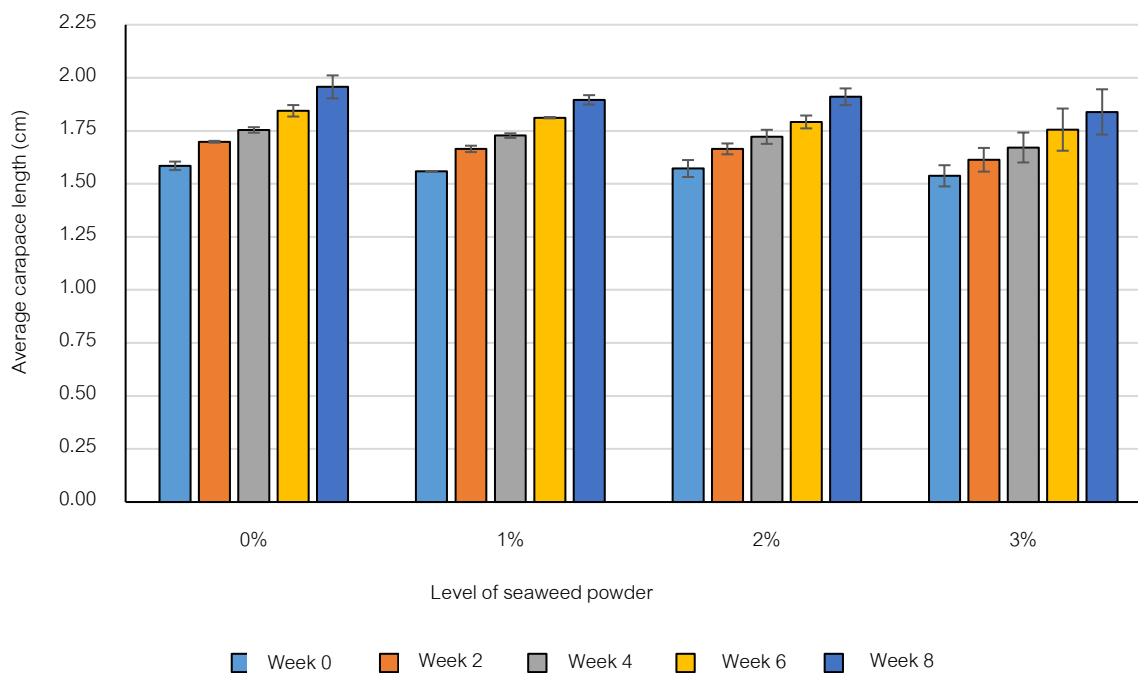


Fig. 2 Average carapace length (centimeter) of *B. areolata* fed for 8 weeks

การเติบโตโดยน้ำหนักของหอยหวานระยะวัยรุ่นจากการทดลอง แสดงดัง Fig.3 พบว่า หอยหวานระยะวัยรุ่นทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

หอยหวานระยะวัยรุ่นที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกเสริมด้วยสาหร่ายช่อพริกไทยทั้ง 4 ระดับ มีอัตราการเติบโตจำเพาะ (SGR) ของหอยหวานที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมกึ่งเปียกที่ได้รับอาหารที่ไม่ได้ผสมสาหร่ายช่อพริกไทยมีอัตราการเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับหอยในชุดทดลองที่ได้รับอาหารสูตรผสมสาหร่ายช่อพริกไทย และอัตราการเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% มีอัตราการเติบโตจำเพาะโดยน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน รองลงมา เป็น หอยหวานที่ได้รับอาหารไม่เสริมสาหร่าย และเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 3% ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

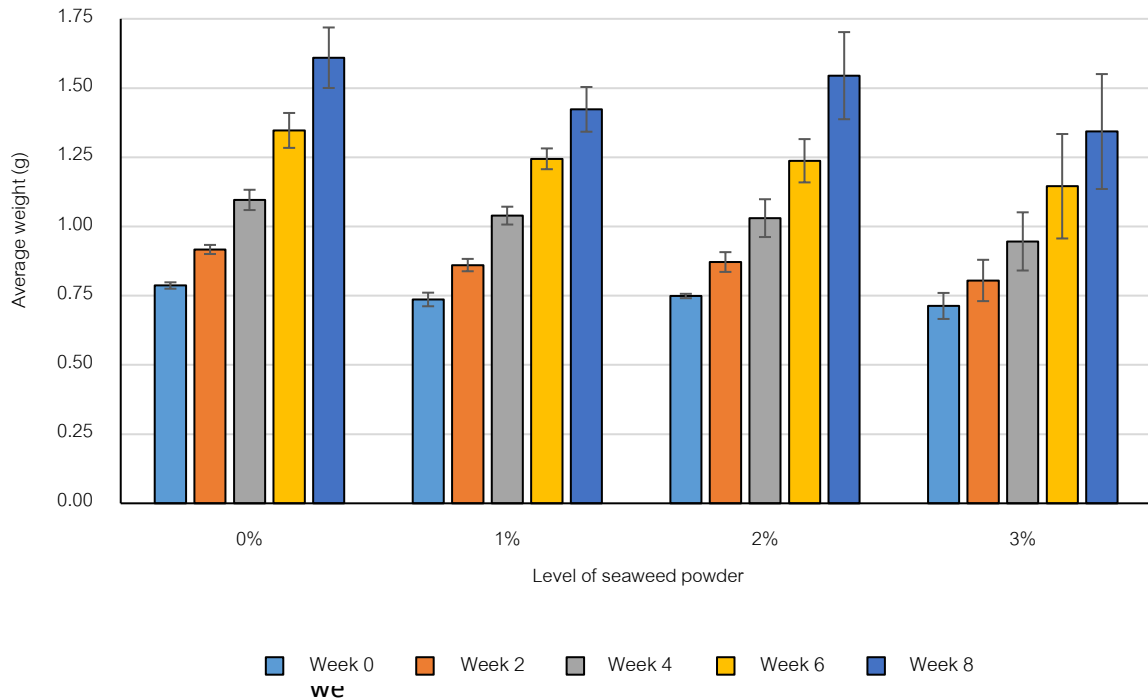


Fig. 3 Average weight (gram) of *B. areolata* fed for 8 weeks

อัตราการเติบโตจำเพาะโดยความยาวเปลือกเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของหอยหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ของหอยหวานในชุดทดลองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 2% เท่ากับ 2.93 ± 0.43 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับหอยหวานในชุดทดลองอื่น ดังนั้นสาหร่ายช่อพริกไทยจึงไม่มีผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนเป็นเนื้อของหอยหวาน และเมื่อทดลองเลี้ยงครบ 8 สัปดาห์ มีอัตราการรอดของหอยหวานอยู่ในช่วง 76.67–88.33 หอยหวานที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายช่อพริกไทย 3% มีอัตราการรอดเท่ากับ 88.33% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับหอยหวานในชุดการทดลองอื่น โดยการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทยจะไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกหอยหวาน ซึ่งการตายส่วนใหญ่เกิดจากการที่ลูกหอยคืบคลานออกมาจากกล่องเลี้ยง ส่งผลให้หอยหวานไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เนื่องจากขาดน้ำ และไม่ได้รับอาหารจึงทำให้ตาย ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ใช้กล่องพลาสติกปิดฝาแต่จำเป็นต้องใส่สายยางให้อากาศในการเลี้ยงจึงทำให้การปิดฝากล่องไม่มีผล ลูกหอยจึงสามารถคืบคลานออกมาจากกล่องเลี้ยงได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชิดชนก (2551) และ เตือนนภา (2553) พบว่ากล่องทดลองที่ปิดมิดชิดจะป้องกันลูกหอยไม่ให้คืบคลานออกมาจากกล่องก็จะทำให้มีอัตราการรอดดี

องค์ประกอบทางเคมีในอาหารผสมที่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย ปริมาณโปรตีน 40% แสดงดัง Table 2 พบว่าระดับโปรตีนเป็น 31.04–31.89% ความชื้นและเถ้าในอาหารเป็น 12.52–12.78% และ 12.06–13.17% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับคุณภาพน้ำในการทดลองมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันและดูดตะกอนออก โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26–28 องศาเซลเซียส, ความเค็ม 27–30 psu, pH 8–9, ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 5.7–6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร, แอมโมเนียรวม 0.00–0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (alkalinity) 180–240 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ลักษณะเปลือกของหอยหวานมีความสมบูรณ์ไม่หลุดลอก ซึ่งความเป็นด่างของน้ำที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงหอยหวานควรมีมากกว่า 100 mg as CaCO_3/l (นิลนัจ, 2548)

Table 2 Effect of *C. lentillifera* powder in diets on growth performance of *B. areolata* fed for 8 weeks

Level of seaweed (%)	Specific Growth Rate (%/d) (SGR)		Feed Conversion Ratio (FCR)	Survival Rate (%)
	Average carapace length	Average weight		
0%	0.153	0.518	2.97±0.36	85.00
1%	0.142	0.477	3.25±0.44	83.33
2%	0.141	0.524	2.93±0.43	76.67
3%	0.129	0.458	3.49±0.58	88.33

สรุป

จากผลการศึกษากการเสริมสาหร่ายช่อพริกไทย (*C. lentillifera*) ที่ต่างกัน 4 ระดับ (ไม่เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย, เสริมสาหร่ายช่อพริกไทย 1%, 2% และ 3%) ต่อการเติบโตของหอยหวาน (*B. areolata*) ระยะวัยรุ่น พบว่าเมื่อทำการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สาหร่ายช่อพริกไทยที่เสริมในอาหารเลี้ยงหอยหวานไม่มีผลต่อการเติบโตของหอยหวาน เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ของความยาวเปลือก น้ำหนักตัว อัตราการเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเปลี่ยนเป็นเนื้อ และอัตราการรอดของลูกหอยหวาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- ภรณ์รวี เอี่ยมสมบุญ, จริฎา พิมพ์าศ, นฤชล ภัทรปัญญาวงศ์. 2563. การใช้สาหร่ายทะเลเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*). ใน: E-proceeding การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 58. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 424-431.
- ชิตชนก รอดเรือง. 2551. ปริมาณน้ำมันปลาทูน่า และแอสตาแซนทินที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยหวาน *Babylonia areolata* ระยะวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์โท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- เดือนนภา เสงข์ฉวน. 2553. สัตสวณโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหอยหวาน (*Babylonia areolata*) ระยะวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ. 2548. การศึกษาผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการเลี้ยงหอยหวานระยะวัยรุ่น *Babylonia areolata* ถึงขนาดตลาดในบ่อดินด้วยวิธีการเลี้ยงแบบต่างๆ. เอกสารประกอบการสัมมนาผลการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ, ศิรุษา กฤษณะพันธ์. 2545. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยหวาน หลักการและแนวปฏิบัติ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Animal feed. In: Horwitz, W. (Ed.). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. AOAC International, Maryland, MD, USA. pp. 1-48.

de Gaillande, C., Payri, C., Remoissenet, G., Zubia, M. 2017. *Caulerpa* consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. J. Appl. Phycol. 29(5): 2249–2266. doi.org/10.1007/s10811-016-0912-6

Paul, N.A., Neveux, N., Magnusson, M., de Nys, R. 2014. Comparative production and nutritional value of “sea grapes”: The tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *C. racemose*. Journal of Applied Phycology 26: 1833–1844. doi.org/10.1007/s10811-013-0227-9

Putra, D.F., Rahmawati, M., Abidin, M.Z., Ramlan, R. 2019. Dietary administration of sea grape powder (*Caulerpa lentillifera*) effects on growth and survival rate of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 348(1): 012100.

คุณค่าทางโภชนาการของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

Nutritional value of canned salmon chili paste

จوتا มุกดาสนิท^{a,*}, สุมิตรา บุญบำรุง^b, ปัทมา ระตะนะอาพร^a, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์^a

Juta Mookdasanit^{a,*}, Sumitra Boonbumrung^b, Pattama Ratanaarporn^a, Nantipa Pansawat^a

^aภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^aDepartment of Fishery Products, Faculty of Fishery, Kasetsart University, Bangkok 10900

^bInstitute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok 10900

*Corresponding author. E-mail address: juta.m@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับส่วนเหลือของปลาแซลมอนเนื่องจากปลาแซลมอนอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง พบว่าการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส ต้องใช้ระยะเวลาเท่ากับ 84 นาที ($F_0 = 6$) การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์หลังฆ่าเชื้อแล้วพบว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องมีอัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่ม omega-6 ต่อกรดไขมันกลุ่ม omega-3 มีค่าประมาณ 1.07 โดยอัตราส่วนของกรดไขมันดังกล่าวมีความสัมพันธ์ต่อการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจ และมะเร็งทรวงอก เมื่อทำการทดสอบผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในทางการค้า

คำสำคัญ: การเพิ่มมูลค่า, กรดไขมันไม่อิ่มตัว, น้ำพริกปลาแซลมอน, อาหารบรรจุกระป๋อง

Abstract

The aim of this research was to valorize the salmon belly byproducts because of the rich of unsaturated fatty acid composition. Canned salmon chilli paste was developed, and the commercial sterilization was 113°C for 84 minutes ($F_0 = 6$). Under this condition, the canned product safed for human consumption. The ratio of omega-6: omega-3 in this canned salmon chilli paste were approximately 1.07 and this fatty acid ratio were reported to reduce the risk of chronic desiasse such as arteriosclerosis and chest cancer. Two hundred untrain panels accepted the canned salmon chilli paste. This product has potential in the commercial.

Keywords: Canned food, Salmon chilli paste, Unsaturated fatty acid, Value-added product

คำนำ

ปลาแซลมอนเป็นปลาในเขตหนาวที่ได้จากการทำประมงในแหล่งน้ำธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงในแถบมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติก เป็นที่นิยมบริโภคกันมากทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย และความต้องการในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น สำหรับประเทศไทยมีการนำเข้าปลาแซลมอนจากต่างประเทศเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก (re-export) และบริโภคในประเทศ ปลาแซลมอนที่นำเข้าในปัจจุบันมีการแปรรูปเป็นปลาแล่แช่แข็งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในกระบวนการแปรรูปนั้นจะทำการแล่และตัดแต่งให้เป็นเนื้อชิ้น และผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ส่วนเหลือจากการตัดแต่ง เช่น เนื้อส่วนท้อง เนื้อชิ้นเล็กๆ จะไม่มีการใช้ประโยชน์เพื่อส่งออก แต่อาจมีการจำหน่ายในประเทศในราคาถูก โดยส่วนเหลือของปลาแซลมอนจากการแปรรูปคิดเป็น 48% จากปลาทั้งตัว (He et al., 2011) ดังนั้นการแปรรูปส่วนเหลือของปลาแซลมอนที่มีอยู่มากมายในอุตสาหกรรมประมงจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับส่วนเหลือ นอกจากนี้เนื้อปลาจะเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย เป็นอาหารสุขภาพที่เหมาะสมกับคนทุกวัยรวมถึงผู้สูงอายุแล้ว จากการวิจัยพบว่าส่วนเหลือจากปลาแซลมอน (salmon frame) มีกรดอะมิโนจำเป็น เช่น isoleucine, lysine, methionine ส่วนน้ำมันจากปลาแซลมอนมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 ได้แก่ กรดไขมัน eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสูง (Laiset et al., 2002) อีกทั้งยังประกอบด้วยรงควัตถุประเภท astaxanthin ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (Anderson, 2001; Miki, 1991)

เนื่องจากเนื้อส่วนท้องของปลาเป็นส่วนที่มีไขมันสูงกว่าส่วนอื่น (Connell, 1990) ทำให้มีลักษณะนุ่มและมันสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มอาจนิยมบริโภคเนื้อส่วนนี้มากยิ่งขึ้นไปกว่าเนื้อปลาแล่ ปัจจุบันยังไม่มีมีการนำเนื้อส่วนท้องของปลาแซลมอนไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์อย่างจริงจัง การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากส่วนเหลือส่วนท้องของปลาแซลมอนน่าจะเป็นช่องทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่า และเพิ่มความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากปลากระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล เป็นการถนอมอาหารที่ทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิปกติได้เป็นเวลานาน (shelf stable) สามารถเก็บรักษา ขนส่ง รวมทั้งบริโภคได้สะดวก มีความปลอดภัยและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค อีกทั้งประเทศไทยได้รับการยอมรับในฐานะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปลากระป๋องในระดับโลก โดยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกปลากระป๋องรายใหญ่ของโลก การศึกษานี้จึงมุ่งพัฒนาน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องนอกจากจะเป็นการเพิ่มช่องทางในการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าส่วนเหลือจากอุตสาหกรรมปลาแซลมอนยังช่วยให้มีการใช้ประโยชน์จากพืชพันธุ์และสมุนไพรของไทย เป็นช่องทางหนึ่งในการขยายตลาดทั้งในประเทศและเพื่อการส่งออกในอนาคตอีกด้วย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าส่วนเหลือจากการแปรรูปปลาแซลมอนโดยพัฒนาเป็นน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

1. ผลิตน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง ดังสูตรในตารางที่ 1

2. ติดตามการส่งผ่านความร้อนโดยเจาะรูด้านข้างกระป๋องเพื่อทำการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิ (thermocouple) โดยให้ปลายเข็มวางอยู่ที่จุดกึ่งกลางกระป๋อง แล้วจึงบรรจุเนื้อปลาตามและส่วนผสมต่างๆ ที่ระบุในตารางที่ 1 โดยต้องติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิให้ปลายเข็มอยู่ที่จุดกึ่งกลางกระป๋อง

Table 1 Composition of canned salmon belly chilli paste in can size 211×109

Ingredients	Weight (gram)
Salmon belly	31.5
Galic	8.0
Red onion	8.0
Bell pepper	8.0
Dill	1.0
Chilli	3.0
Fish sauce	6.5
Sugar	3.0
Citric acid	0.3
Water	31.0
Total	100.3

3. ไล่อากาศโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 90–100 องศาเซลเซียส 5 นาที ปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดฝา พร้อมตรวจสอบความเรียบร้อยของตะเข็บและนำกระป๋องทั้งหมดเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

4. ติดตั้งระบบวัดการส่งผ่านความร้อน โดยต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ เปิดเครื่องวัดอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพพร้อมทำงาน

5. ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบ Batch Horizontal Steam Still Retort บันทึกอุณหภูมิ ทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งถึงช่วงทำให้เย็น

6. นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณค่า Lethality (F_0) โดยใช้ general method ซึ่งไม่รวมช่วงทำให้เย็น โดยใช้โปรแกรม CalSoft 32 ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท TechniCAL, Inc

7. ประเมินคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของน้ำพริกปลาแชลมอนบรรจุกระป๋องโดยทดสอบ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, flat sour ชนิด thermophilic และ mesophilic, thermophilic anaerobe, putrefactive anaerobe และ sulfide spoilage ตามวิธีของ วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่ม 1 อาหารกระป๋อง มอก. 335 (2523)

8. หลังจากประเมินคุณภาพด้านจุลชีววิทยาแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคจึงประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง โดยใช้วิธีทดสอบความชอบ ระดับคะแนน 1–9 (9-point hedonic test) โดยใช้ ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทดสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

9. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ สภาพกระป๋อง (can condition) ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside) ค่าสูญญากาศ (vacuum) ค่า pH ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside) ตามวิธีที่ระบุใน มอก. 645 (2529) ปลาแมกเกอร์กระป๋อง และ ค่า TBARs (Kirk and Sawyer, 1991)

การทดสอบผู้บริโภค (Consumer test)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำพริกปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 200 คน โดยใช้ 9-point hedonic test

การวิเคราะห์ผลลากโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องถูกวิเคราะห์โดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ได้ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (2012) 996.06 ซึ่งเริ่มจากสกัดไขมันจากตัวอย่างและการเตรียมกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (fatty acid methyl esters; FAME) และใช้เทคนิคทางก๊าซโครมาโตกราฟี (gas chromatography-flam ionization detector; GC-FID) เพื่อพิสูจน์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ศึกษาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

การหาสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

ผลิตน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องดังตารางที่ 1 แล้วฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 นาที โดยผลของอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิภายในกระป๋องที่สภาวะอุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 นาที ผลจากการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อ โดยวิธี general method ที่อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 นาที พบว่าค่า F_0 มีค่าเท่ากับ 6 นาทีโดยไม่รวมค่า F_0 ในช่วงให้ความเย็น ซึ่งเพียงพอในการทำลายสปอร์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างพิษโดยเฉพาะ *C. botulinum* ซึ่งกำหนดระดับ F_0 ต้องไม่น้อยกว่า 3 นาที (Abdul Ghani Al-Baali and Farid, 2006)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าตรวจไม่พบ total plate count, flat sour spoilage, putrefactive anaerobe, thermophilic anaerobe, sulfide spoilage แสดงว่าสภาวะดังกล่าวเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย จึงปลอดภัยต่อการบริโภค

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ทดสอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะการฆ่าเชื้อเพื่อให้ได้ F_0 เท่ากับ 6 นาที โดยใช้ อุณหภูมิ 113 องศาเซลเซียส เวลา 84 นาที แสดงในตารางที่ 2

Table 2 Hedonic score of canned salmon chilli paste under the commercial sterilization (113°C for 84 minutes; $F_0 = 6$)

Sample	Hedonic Score					
	Appearance	Color	Odor	Taste	Texture	Overall
Canned salmon chilli paste	7.33±0.8	7.43±0.9	7.23±1.1	7.17±0.9	7.10±0.9	7.37±0.9

คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง ซ้ำเชื้อที่ 113 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 นาที

จากคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง พบว่าลักษณะของกระป๋องทั้งภายนอกและภายในปกติ ไม่พบการก่ดกร่อนหรือการหลุดลอกของแล็กเกอร์ภายในกระป๋อง มีสัญญาณค่า 7.13 นิ้วปรอท มีค่า pH เท่ากับ 4.59 สภาพผลิตภัณฑ์ภายนอกเป็นปกติ ไม่พบการก่ดกร่อนหรือการหลุดลอกของแล็กเกอร์ภายในกระป๋อง สำหรับค่าปริมาณสารมาลอนไดอัลดีไฮด์แสดงโดยค่า TBARS เป็นดัชนีในการวัดการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร พบว่าค่า TBARS ในน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องมีค่า 2.36 มิลลิกรัมมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับค่า TBARS ที่ผู้บริโภคยังไม่สามารถรับรู้การเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหารได้ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วใน Table 3

Table 3 Physical and chemical properties of canned salmon chilli paste

Test	Result
Can outside	Normal
Vacuum (inHg)	7.13±0.15
pH	4.59±0.05
TBARS (mg/kg of sample)	2.36±0.5
Can inside	Normal

การทดสอบผู้บริโภค (Consumer test)

การทดสอบผู้บริโภคที่มีต่อน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง โดยเป็นผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 200 คนโดยมีช่วงอายุ 18-55 ปี ทดสอบความชอบโดยวัด 9-point hedonic test พบว่าคะแนนในคุณลักษณะต่างๆ อยู่ในระดับชอบปานกลาง คือ 7 คะแนน ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Hedonic scores of consumer test

Sample	Hedonic Score					
	appearance	color	Odor	Taste	Texture	Overall
canned salmon chilli paste	7.02±1.3	7.23±1.2	7.03±1.4	7.30±1.3	7.26±1.2	7.31±1.2

จากผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเพราะมีความชอบอยู่ระดับปานกลาง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง

ข้อมูลโภชนาการของสูตรน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋อง พบว่าต่อหนึ่งหน่วยบริโภค คือ 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 160.3 กิโลแคลอรี โปรตีน 6.39 กรัม ไขมัน 11.87 กรัม และ คาร์โบไฮเดรต 6.78 กรัม อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องมีรสชาติที่เข้มข้นดังนั้นผู้บริโภค 1 คนอาจไม่ได้ทานน้ำพริกถึง 100 กรัมต่อการรับประทาน 1 มื้อ

Table 5 Nutrition value of canned salmon chilli paste

Canned salmon chilli paste	Consumption Unit (100 g)	% Thai RDI
Total Energy (Kcal)	160.3	-
Energy from Fat	106.84	-
Total Fat (g)	11.87	18.26
Saturated fat (g)	2.32	11.6
Cholesterol (ml)	42.7	14.23
Protein (g) (Nx6.25)	6.39	12.78
Carbohydrate (g)	6.78	2.26
Fiber (g)	0.35	1.4
Sugare (g)	6.43	-
Na (mg)	519.2	25.96
Vitamin A (microgram)	0	0
Vitamin B1 (mg)	0	0
Vitamin B2 (mg)	0	0
Ca (mg)	10.21	1.28
Fe (mg)	0.66	4.4

Note: Thai RDI- Thai Recommended Daily Intakes.

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated Fatty acid) ในผลิตภัณฑ์แซลมอนบรรจุกระป๋อง ดังแสดงในตารางที่ 6

Table 6 Fatty acid components in canned salmon chilli paste

Fatty acid	Amounts (g/100g of sample)
Lauric acid (C12:0)	Not detected
Myristic acid (C14:0)	0.40
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.03
Palmitic acid (C16:0)	1.44
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.02
Stearic acid (C18:0)	0.36
Arachidic acid (C20:0)	0.04
Behenic acid (C22:0)	0.02
Lignoceric acid (C24:0)	0.01
Saturated fatty acid	2.32
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.42
cis-9-Oleic acid (C18:1n9)	5.36
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	0.50
Eucic acid (C22:1n9)	0.27
Nervonic acid (C24:1n9)	0.05
Monounsaturated fatty acid	6.60
cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n-6)	1.96
gamma-Linolenic acid (C18:3 n-6)	0.02
alpha-Linolenic acid (C18:3 n-3)	0.79
cis-11,14-Eicosadienoic acid (c20:2)	0.19
cis-8,11,14-Eicosadienoic acid (c20:3n6)	0.04
cis-11,14,17-Eicosadienoic acid (c20:3n3)	0.15
Arachidonic acid (C20:4n-6)	0.04
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n-3, EPA)	0.45
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA)	0.53
Polyunsaturated fatty acid	4.17
Unsaturated fatty acid	10.77
Trans fat	Not Detected
Omega-3	1.91
Omega-6	2.05
Omega-9	5.67
Ratio of Omega-6: Omega-3	1.07

กรดไขมันน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องประกอบไปด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่สำคัญต่อร่างกายเช่น Linoleic acid (C18:2n-6), alpha-Linolenic acid (C18:3 n-3), Arachidonic acid (C20:4n-6), Eicosapentaenoic acid (C20:5n-3, EPA) และ Docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA) โดยเฉพาะกรด EPA และ DHA ที่มีในตัวอย่าง 0.45 และ 0.53 g/100 g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่ม omega-6 ต่อกรดไขมันกลุ่ม omega-3 มีค่าประมาณ 1.1–1.5 ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมในการบริโภคเนื่องจากบทความของ Simopoulos (2002) รายงานว่า อัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่ม omega-6/omega-3 ช่วง 1/1 ถึง 5/1 มีความสัมพันธ์ต่อการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจ เช่น มะเร็งทรวงอก อีกทั้งยังช่วยลดการอักเสบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

สรุปผลการวิจัย

น้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัยในการบริโภคและมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมกับผู้บริโภคทุกวัยโดยเฉพาะผู้ที่ห่วงใยสุขภาพเนื่องจากน้ำพริกปลาแซลมอนบรรจุกระป๋องมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น EPA และ DHA อีกทั้งอัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่ม omega-6 ต่อกรดไขมันกลุ่ม omega-3 มีค่าประมาณ 1.1–1.5 ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมในการบริโภคเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่นโรคหัวใจ, มะเร็งทรวงอก และลดการอักเสบ

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่ม 1 อาหารกระป๋อง (มอก. 335-2523). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. ปลาแมกเกอเรลกระป๋อง (มอก. 645-2529). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- Abdul Ghani Al-Baali, A.G., Farid, M.M. 2006. Sterilization of food in retort pouches. Springer, USA.
- Anderson, S. 2001. Salmon color and the consumer. In: Johnston R.S. (Ed.), Shriver A.L. (compiled). Microbehavior and Macroresults: Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade, July 10–14, 2000, Corvallis, Oregon, OR, USA.
- Kirk, R.S., Sawyer, R. 1991. Pearson's composition and analysis of foods, 9th ed. Addison Wesley Longman Ltd. England, UK. pp. 642–643.
- Miki, W., 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure Appl. Chem. 63(2): 141–146.
- Laiset, B., Nortvedt, R. Lied, E., Espe, M. 2002. Studies on the nitrogen recovery in enzymic hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) frames by Protamex™ protease. Process Biochem. 37: 1263–1269.
- Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomed. Pharmacother. 56: 365–379.

ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนคุระบุรี จังหวัดพังงา

Macrobenthic community in mangrove area at Khura Buri, Phang Nga province

ชิตชนก น้อยผา, นภาพัญญ์ แหวนเพชร*, จรรยา สุขแสงจันทร์

Chitchanok Noypha, Napakhwan Whanpetch*, Charuay Sukhsangchan

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: napakhwan.w@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ องค์ประกอบตะกอนดิน สารอินทรีย์รวม และปริมาณซัลไฟด์ในดินบริเวณป่าชายเลนคุระบุรี จังหวัดพังงา โดยทำการเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 (ตัวแทนฤดูฝน) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 (ตัวแทนฤดูแล้ง) พบสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ทั้งหมด 19 กลุ่ม โดยพบกลุ่มไส้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 78.10%, 5.23% และ 5.17% ตามลำดับ ความชุกชุมบริเวณป่าชายเลน และบริเวณไม่มีป่าชายเลนไม่แตกต่างกัน ในช่วงฤดูแล้งความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่มีมากกว่าในช่วงฤดูฝน พบค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 3,467–15,556 (เฉลี่ย 9,995±4,534) ตัวต่อตารางเมตร และบริเวณป่าชายเลนมีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณไม่มีป่าชายเลน ยกเว้นในสถานี MG2 ในช่วงฤดูฝน ลักษณะตะกอนดินเป็นดินเลนเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 2.43–29.46% (เฉลี่ย 13.29±9.92%) และปริมาณซัลไฟด์ในดินในช่วงฤดูฝนสูงกว่าช่วงฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วง 1.92–60.61% (เฉลี่ย 25±21.06%)

คำสำคัญ: คุระบุรี, ป่าชายเลน, สัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่

Abstract

The diversity and abundance of macrobenthic community, grain size composition, total organic matter and sulfide content in sediment of the mangrove area at Khura Buri, Phang Nga province were studied in May 2019 (rainy season) and February 2020 (dry season). A total of 19 groups of the macrobenthos were recorded in all stations. The three dominant groups in abundance were polychaetes, bivalves, and amphipods at 78.10%, 5.23% and 5.17%, respectively. The abundance of macrobenthos groups between the 4 stations was not different in mangrove and non-mangrove areas. The abundance of macrobenthos in dry season were higher values than in rainy season. The average density of macrobenthos ranged from 3,467–15,556 (mean 9,995±4,534) ind./m² and in mangrove areas were higher values than in without mangrove areas, except for MG2 in rainy season. Grain size composition of sediment was clay, total organic matter ranged from 2.43–29.46% (mean 13.29±9.92%) Sulfide content in sediment in rainy season were higher values than in dry season, ranged from 1.92–60.61% (mean 25±21.06%).

Keywords: Khura Buri, Macrobenthos, Mangrove

คำนำ

ป่าชายเลน เป็นสังคมพืชที่อยู่ในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน ประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้หลากหลายชนิด และมีใบเขียวตลอดปี (evergreen species) ส่วนใหญ่จะเป็นพรรณไม้ผลัดใบ ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่เชื่อมต่อระหว่างแผ่นดินกับพื้นน้ำทะเล ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นดินเลนน้ำกร่อย และมีน้ำทะเลท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอ เป็นแหล่งรวมของสังคมพืชและสังคมสัตว์หลายชนิด เนื่องจากป่าชายเลนเป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตสูงจึงเป็นแหล่งที่มีแร่ธาตุสูง และมีวงจรการหมุนเวียนของห่วงโซ่อาหารที่ซับซ้อน (วีระชาติ, 2543) ถือได้ว่าป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีบทบาทสำคัญกับสิ่งมีชีวิตในทะเลรวมไปถึงสัตว์พื้นทะเล

สัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ คือกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลังและกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร (จิตติมา, 2544) ที่หากินและอาศัยตามพื้นหน้าดินหรือพื้นท้องน้ำ โดยแต่ละชนิดจะกินอาหารที่แตกต่างกันไป เช่น กินสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ซากสิ่งมีชีวิต และแบคทีเรียตามพื้นหน้าดินหรือพื้นท้องน้ำ รวมไปถึงแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์ขนาดเล็ก (ชุตินธร, 2551ก) จัดเป็นผลผลิตขั้นทุติยภูมิในระบบห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศทางทะเล จึงมีความสำคัญต่อสัตว์ทะเล (สุชาติ และประจวบ, 2542) สัตว์พื้นทะเลสามารถช่วยในการย่อยสลายของเสียควบคุมตะกอนอินทรีย์สาร โดยกลุ่มสัตว์พื้นทะเลบางชนิดสามารถนำมาเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำบริเวณนั้นๆ ได้ (ชุตินธร, 2551ข) และช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับผิวดิน เนื่องจากลักษณะการอยู่อาศัยส่งผลต่อความสมดุลของการหมุนเวียนสารอาหารในระบบ รวมถึงเป็นการช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรียได้ (กรร และจินตนา, 2552)

ป่าชายเลนบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยเฉพาะในจังหวัดระนอง พังงา และตรัง ถือเป็นพื้นที่ที่มีสภาพความสมบูรณ์สูง (Aksornkoe, 1993) ป่าชายเลนกระบี่ ตั้งอยู่ในอำเภอกระบี่ จังหวัดพังงา อยู่ในเขตทะเลอันดามัน จัดเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางระบบนิเวศสูง (สมบัติ และคณะ, 2549) ในพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณป่าชายเลนของมนุษย์ เช่น การเกษตร นาเกลือ การประมง และเพื่อกิจกรรมอื่นๆ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2555) รวมไปถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงของโลกซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในพื้นที่ การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกชุม และความหนาแน่นของกลุ่มสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในบริเวณป่าชายเลนกระบี่ จังหวัดพังงา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ สำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาและจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลให้ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนกระบี่ อำเภอกระบี่ จังหวัดพังงา ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 (ฤดูฝน) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 (ฤดูแล้ง) โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็นบริเวณมีป่าชายเลน 3 สถานี (MG1, MG2 และMG3) และบริเวณไม่มีป่าชายเลน 1 สถานี (MG0) (Fig. 1)

เก็บตัวอย่างสัตว์พื้นทะเลด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (Ekman grab sampler) ขนาด 15×15 เซนติเมตร สถานีละ 4 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างดินมากรองผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Standard sieve) ขนาดตา 500 ไมครอน เพื่อแยกสิ่งมีชีวิตออกจากตะกอนดิน และนำตัวอย่างบนตะแกรงร่อนเก็บรักษาด้วยน้ำยารักษาสภาพ (สารละลายฟอร์มาลิน) ความเข้มข้น 10% หลังจากนั้นนำตัวอย่างสัตว์พื้นทะเลมาจำแนกกลุ่ม และนับจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาความชุกชุมและความหนาแน่น

ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนดินด้วยท่อพลาสติก (Corer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ปักลงในดินลึกประมาณ 15 เซนติเมตร สถานีละ 3 ซ้ำ เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบและขนาดของตะกอนดินด้วยวิธี Wet-sieving

method วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สารรวม ด้วยวิธี Weight Loss-on-Ignition Method และวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์ในดิน ด้วยวิธี Acid Volatile Sulfide (AVS test column) (กองวิเคราะห์ดิน, 2535)

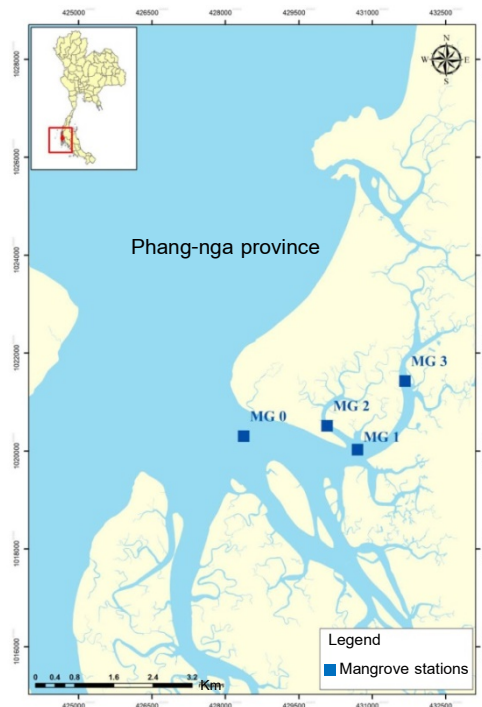


Fig. 1 Study stations at Khura Buri, Phang Nga province

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่

พบสัตว์พื้นทะเลทั้งหมด 7 ไฟลัม โดยจำแนกเป็น 19 กลุ่ม ได้แก่ Phylum Nemertean พบ นีเมอริทีน Phylum Annelida พบ ไล่เดือนทะเล Phylum Sipuncula พบ หนอนถั่ว Phylum Arthropoda พบ ออสตาคอส, ไมซีด, โรทะเล, คูมาเซีย, ทาโนดาเซีย, แอมฟิพอด, ไอโซพอด, โคฟีพอด, กุ้ง และปู Phylum Mollusca พบ หอยฝาเดียว และหอยสองฝา Phylum Echinodermata พบ ปลิงทะเล, ดาวเปราะ และดาวทะเล และ Phylum Chordata พบ แอมฟิออกซัส โดยพบกลุ่มไล่เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 78.10%, 5.23% และ 5.17% ตามลำดับ (Fig. 2A) ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนกวร และจิตติมา (2552) ซึ่งทำการศึกษาสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณคุระบุรี โดยพบสัตว์ทั้งหมด 14 กลุ่ม มีไล่เดือนทะเลเป็นกลุ่มเด่น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในบริเวณป่าชายเลนทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งพบว่ากลุ่มของไล่เดือนทะเลเป็นสัตว์พื้นทะเลกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ และยังพบคริสต์เตีย หอยสองฝา และอาร์โทโพดาเป็นกลุ่มรองลงมา (หทัยรัตน์, 2551; Angsupanich and Aksornkoae, 1996a; Frith et al., 1972; Fujioka et al., 2008)

เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่โดยรวมพบว่าฤดูแล้งมีความชุกชุมมากกว่าฤดูฝน และมีความแตกต่างในสถานีเก็บตัวอย่าง (Fig.2B) โดยสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ที่พบในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 (ฤดูฝน) พบทั้งหมด 15 กลุ่ม พบไล่เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และออสตราคอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 72.48%, 7.01% และ 6.29% ตามลำดับ ในสถานี MG1 มีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือสถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG2 มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 35.79%, 30.76%, 19.42% และ 14.03% ตามลำดับ ส่วนใน

เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 (ฤดูแล้ง) พบสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ทั้งหมด 17 กลุ่ม โดยได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือแอมฟิพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 80.61%, 6.36% และ 4.42% ตามลำดับ สถานี MG2 มีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือสถานี MG3 สถานี MG1 และ สถานี MG0 มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 28.16%, 26.95%, 23.57% และ 21.32% ตามลำดับ

การแพร่กระจายและความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในพื้นที่การศึกษามีความแตกต่างในสถานีเก็บตัวอย่าง โดยพบความชุกชุมในสถานี MG1 มากที่สุด รองลงมาคือสถานี MG0, MG3 และ MG2 โดยสถานี MG0 (พื้นที่ไม่มีป่าชายเลน) พบทั้งหมด 13 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือไอโซพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 80.70%, 4.56% และ 5.36% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลในฤดูฝน พบทั้งหมด 9 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือไอโซพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 66.67%, 12.04% และ 9.26% ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้งพบทั้งหมด 11 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 86.42%, 3.77% และ 2.64% ตามลำดับ (Fig. 2C) สถานี MG1 พบทั้งหมด 14 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือแอมฟิพอด และออสตาคอส มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 67.28%, 8.13% และ 6.10% ตามลำดับ โดยในฤดูฝนพบทั้งหมด 13 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือออสตาคอส และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 60.80%, 14.07% และ 5.53% ตามลำดับ ในฤดูแล้งพบทั้งหมด 11 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือแอมฟิพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 71.67%, 9.90% และ 6.48% ตามลำดับ (Fig. 2D) สถานี MG2 พบทั้งหมด 15 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 76.64%, 5.37% และ 7.48% ตามลำดับ ซึ่งในฤดูฝนพบทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และหนอนถั่ว มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 85.90%, 8.97% และ 3.85% ตามลำดับ ในฤดูแล้งพบทั้งหมด 14 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือแอมฟิพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 74.57%, 9.14% และ 4.57% ตามลำดับ (Fig. 2E) และในสถานี MG3 พบทั้งหมด 15 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และแอมฟิพอด มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 88.12%, 4.55% และ 2.18% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลในฤดูฝนพบทั้งหมด 8 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือหอยสองฝา และออสตาคอส มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 84.12%, 7.65% และ 2.94% ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้งพบทั้งหมด 10 กลุ่ม ได้เดือนทะเลมีความชุกชุมสูงสุด รองลงมาคือแอมฟิพอด และหอยสองฝา มีค่าความชุกชุมเท่ากับ 90.15%, 3.28% และ 2.99% ตามลำดับ (Fig. 2F)

จากการศึกษาความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่มีความแตกต่างกันทั้งในสถานีเก็บตัวอย่างและฤดูกาล โดยพบว่าความชุกชุมเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่จะพบในสถานี MG1 สูงสุด ในขณะที่ MG2 มีความชุกชุมเฉลี่ยต่ำสุด และพบความชุกชุมในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาระดับจุลโมเลกุลในพื้นที่ โดยในสถานี MG2 และฤดูฝนมีค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมและปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินสูงเมื่อเทียบกับสถานีและฤดูอื่น ค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมและค่าซัลไฟด์ในดินส่งผลกระทบเชิงลบต่อความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุเทพ และคณะ (2551) และจากการศึกษาของสมถวิล และคณะ (2561ข) พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมสูงพบสัตว์พื้นทะเลน้อย โดยพบสัตว์พื้นทะเลส่วนใหญ่ไม่ต่างกัน มีกลุ่มได้เดือนทะเลชุกชุมสูงสุด เนื่องจากลักษณะการกิน (กินซากพืชซากอินทรีย์วัตถุ) และลักษณะการอยู่อาศัยร่วมด้วย

ความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่

สัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลน อ่าวคุระบุรี จังหวัดพังงา มีความแตกต่างทั้งในฤดูกาลและสถานีเก็บตัวอย่าง (Fig. 3A) โดยในฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562) มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 6177.78 ± 618.84 ตัวต่อตารางเมตร โดยสถานี MG1 มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2211.11 ± 1820.73 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือสถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG2 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1900.00 ± 1437.19 , 1200.00 ± 330.61 และ 866.67 ± 1152.92 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 13811.11 ± 432.09 ตัวต่อตารางเมตร โดยในสถานี MG2 มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3888.89 ± 921.26 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือ สถานี MG3, สถานี MG1 และสถานี MG0 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 3722.22 ± 560.28 , 3255.56 ± 1013.08 และ 2944.44 ± 1367.64 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในพื้นที่การศึกษาอยู่ในช่วง $3,467 \pm 681.14 - 15,556 \pm 2,633.72$ ตัวต่อตารางเมตร กลุ่มไส้เดือนทะเลมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด (Fig. 3B) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Angsupanich and Aksornkoe (1996b) ซึ่งพบกลุ่มไส้เดือนทะเลมีความหนาแน่นสูงสุด และมีความหนาแน่นของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลน บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี อยู่ในช่วง 42-8560 ตัวต่อตารางเมตร

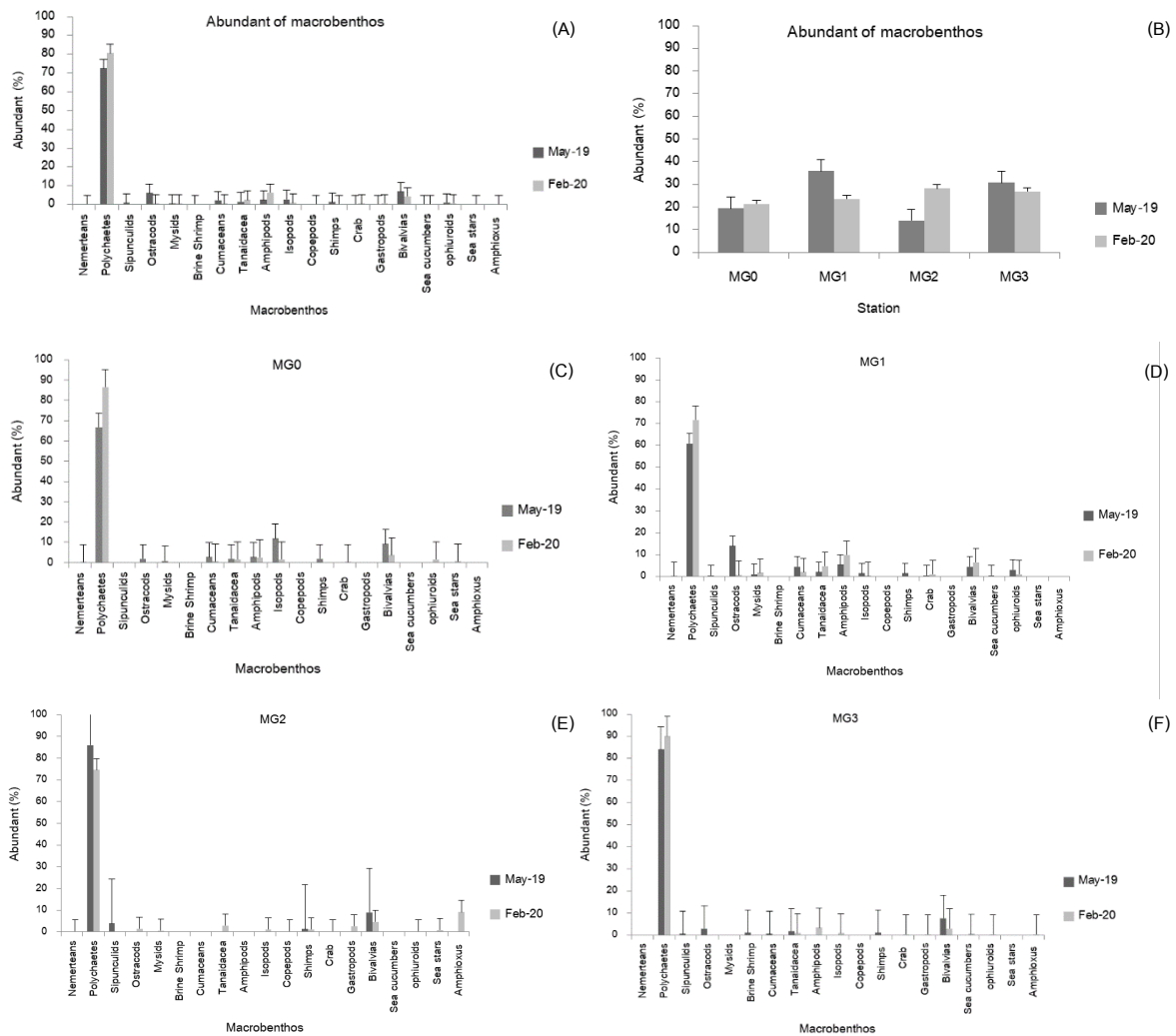


Fig. 2 Community composition of macrobenthos in mangrove area at Khura Buri, Phang Nga province in May 2019 and February 2020

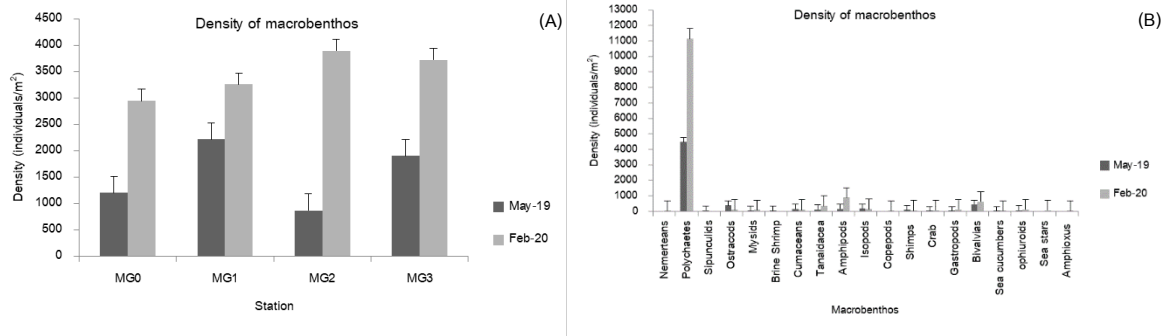


Fig. 3 Average density of macrobenthos in mangrove at Khura Buri, Phang Nga province on May 2019 and February 2020

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาองค์ประกอบตะกอนดินบริเวณป่าชายเลน อำเภอกระบุรี จังหวัดพังงา เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 (ฤดูฝน) และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ฤดูแล้ง) ทั้ง 4 สถานี พบว่าองค์ประกอบของตะกอนดินส่วนใหญ่เป็นดินเลน (<0.063 mm) 71.61% รองลงมาคือดินทรายละเอียด (0.063–0.125 mm) 16.98% และดินทราย (0.125–2 mm) 11.42% (Fig. 4)

ปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยมีความแตกต่างกัน ทั้ง 4 สถานี โดยพบว่าสถานี MG2 มีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลพบว่าฤดูแล้งมีค่ามากกว่าฤดูฝน โดยในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 (ฤดูฝน) สถานี MG2 มีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG1 มีค่าปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยอยู่ที่ $25.21 \pm 22.73\%$, $9.27 \pm 0.13\%$, $7.89 \pm 3.75\%$ และ $2.43 \pm 0.54\%$ ตามลำดับ ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ฤดูแล้ง) ในสถานี MG2 มีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG1 มีค่าปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยอยู่ที่ $29.46 \pm 2.97\%$, $16.70 \pm 1.47\%$, $12.61 \pm 3.24\%$ และ $2.76 \pm 0.37\%$ ตามลำดับ (Fig. 5A) ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของสมถวิล และคณะ (2561ก) ที่ทำการศึกษปริมาณสารอินทรีย์ในป่าชายเลนอ่าวคุ้งกระเบน พบปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 2.97–22.12% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้โดยพบปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 2.43–29.46%

สำหรับปริมาณซัลไฟด์ในดินเฉลี่ยทั้ง 4 สถานี มีความแตกต่างเช่นเดียวกัน โดยในฤดูฝนบริเวณป่าชายเลนมีค่าซัลไฟด์ในดินมากกว่าฤดูแล้ง และพบว่าสถานี MG2 มีปริมาณซัลไฟด์เฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 (ฤดูฝน) รองลงมาคือ สถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG1 มีค่าปริมาณซัลไฟด์เฉลี่ยอยู่ที่ $60.61 \pm 0.89\%$, $33.46 \pm 0.49\%$, $3.09 \pm 0.05\%$ และ $2.84 \pm 0.04\%$ ตามลำดับ ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ฤดูแล้ง) สถานี MG2 มีปริมาณซัลไฟด์เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สถานี MG3, สถานี MG0 และสถานี MG1 มีค่าปริมาณซัลไฟด์เฉลี่ยอยู่ที่ $40.19 \pm 1.17\%$, $29.76 \pm 0.87\%$, $28.14 \pm 0.82\%$ และ $1.92 \pm 0.06\%$ ตามลำดับ (Fig. 5B)

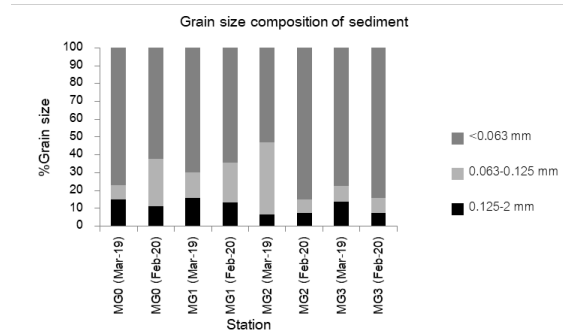


Fig. 4 Grain size composition of sediment in mangrove area at Khura Buri, Phang Nga province in May 2019 and February 2020

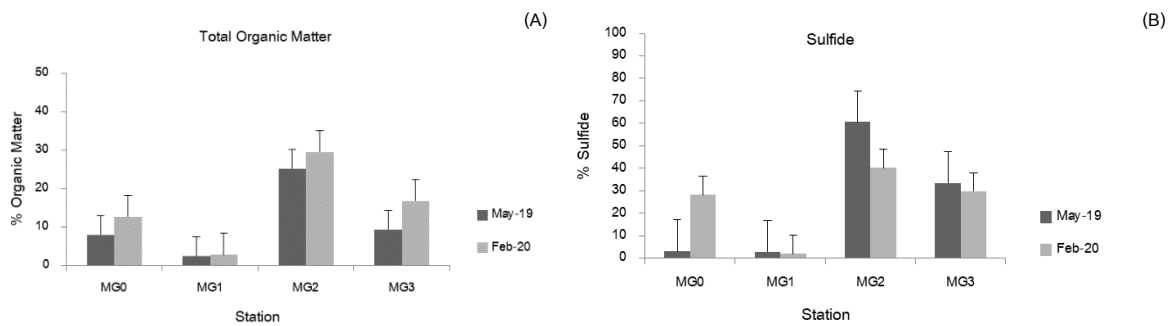


Fig. 5 Total Organic Matter and Sulfide content in mangrove at Khura Buri, Phang Nga province in May 2019 and February 2020

สรุป

ลักษณะองค์ประกอบของตะกอนดินในพื้นที่ศึกษา เป็นดินเลน (<0.063 mm) มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 2.43–29.46% โดยในฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าฤดูแล้ง สถานี MG2 มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเฉลี่ยสูงกว่าสถานีอื่นๆ ส่วนปริมาณซัลไฟด์อยู่ในช่วง 1.92–60.61% ในฤดูฝนมีปริมาณซัลไฟด์ในดินเฉลี่ยสูงกว่าฤดูแล้ง ยกเว้นสถานี MG0 ซึ่งมีปริมาณซัลไฟด์ในดินเฉลี่ยในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน

องค์ประกอบและความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลน อ่าวคุระบุรี จังหวัดพังงา พบได้เดือนทะเล หอยสองฝา และแอมฟิพอดเป็นสัตว์กลุ่มเด่น สัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในฤดูแล้งมีความชุกชุมสูงกว่าฤดูฝน และพบความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณป่าชายเลนสูงกว่าบริเวณไม่มีป่าชายเลน ยกเว้นสถานี MG2 ในช่วงฤดูแล้งซึ่งพบความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่น้อยที่สุด

ความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3,467–15,556 ตัวต่อตารางเมตร โดยกลุ่มได้เดือนทะเลมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด และพบความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และบริเวณป่าชายเลนสูงกว่าบริเวณไม่มีป่าชายเลน ยกเว้นสถานี MG2 ในช่วงฤดูฝนซึ่งพบความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่น้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ที่กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ และตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไข ให้เกิดความสมบูรณ์ รวมถึงขอบคุณบุคลากรและครอบครัวที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

- กองวิเคราะห์ดิน. 2535. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของกลุ่มเคมีดินที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- กรรกร วงษ์กำแหง, จินตนา ปลาทอง. 2552. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. สำนักพิมพ์ไอดีไซน์. กรุงเทพฯ.
- จิตติมา आयุตตะกะ. 2544. การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ชนกพร จันทร์ขันธ์, จิตติมา आयุตตะกะ. 2552. ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่ในแหล่งหญ้าทะเลกระบี่ จังหวัดพังงา. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 254–261.
- ชุตินธร มูลทองน้อย. 2551. แพลงก์ตอนและสัตว์หน้าดิน. ม.ป.พ. ม.ป.ท.
- วีระชาติ เทพพิพิธ. 2543. นิเวศวิทยาป่าชายเลน. สำนักพิมพ์ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- สมถวิล จริตควร, พงษ์รัตน์ดี ราชโรจน์วัฒนา, เบญจวรรณ ชิวปรีชา และวิษญา กันบัว. 2561. ใต้เดือนทะเลบริเวณป่าชายเลนอ่าวคังกระเบน จังหวัดจันทบุรี, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 23: 533–545.
- สมบัติ ภู่วชิรานนท์, กาญจนา อุดุลยานโกศล, ภูธร แซ่หลิม, อติศร เจริญวัฒนาพร, ชัยมงคล แยมอรุณพัฒนาพร, จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์. 2549. หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย, สำนักพิมพ์ลิ้มมาร์ค แอ็ดเวอร์ไทซิง. ภูเก็ต.
- สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน. 2555. พื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดพังงา, ม.ป.พ. ม.ป.ท.
- สุเทพ เจือละออง, ศุภวัตร กาญจน์อดิเรกกลาก, สุธิดา กาญจน์อดิเรกกลาก และศุภฤกษ์ ราชมณี. 2551. ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล. ณ โรงแรมเมโทรโพล, ภูเก็ต, หน้า 145–157.
- สุชาติ สว่างอารีรักษ์, ประจวบ โมฆรัตน์. 2542. การศึกษาประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณอ่าวสะป่า จังหวัดภูเก็ต. วารสารการประมง 52(3): 220–240.
- หทัยรัตน์ สิ้นสวัสดิ์, ทิพามาศ อุปน้อย, วีระชาติ เพ็งจำรัส, เจนวิทย์ สุขกา, สมหญิง พ่วงประสาน และมงคล คล่องสมุทร. 2551. องค์ประกอบวงศ์ใต้เดือนทะเลบริเวณป่าชายเลนบ้านทุ่งละออง จ.พังงา. ใน: การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ณ โรงแรมเมโทรโพล, ภูเก็ต. หน้า 427–434.
- Aksornkoe, S. 1993. Ecology and management of mangroves. IUCN. Bangkok.
- Angsupanich, S., Aksornkoe, S. 1996. Macrobenthic fauna in shrimp-farms adjacent mangrove, Kradae Chae Canal, Ban Don Bay, Southern Thailand. La mer 34: 75–81.
- Frith, Dawn W., Ratsuda, T., Bhatia, O. 1972. Zonation and abundance of macrofauna on a mangrove shore, Phuket Island. Phuket Marine Biological Center Research Bulletin no. 10.
- Fujioka, Y., Tabuchi, R., Hirata, Y., Yoneda, R., Patanaponpaiboon, P., Pongpam, S., Ohba, H. 2008. Disturbance and recovery of mangrove forests and macrobenthic communities in Andaman Sea, Thailand following the Indian Ocean Tsunami. In: Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, FL, USA. pp 825–829.

การศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำทะเลหมู่เกาะล้าน: เปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างสองวิธี

Study of microplastics in sea water at Mue Koh Larn: Comparison of two sampling methods

ขวัญทิพย์ พงษ์ประพันธ์^{a,*}, ธรณ์ ธารงนาวาสวัสดิ์^a, วิภูษิต มั่นทะจิตร^b

Kwantip Pongprapan^{a,*}, Thon Thamrongnawasawat^a, Vipoosit Manthachitra^b

^aภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาวนิชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

^aDepartment of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Aquatic Science, Faculty of science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

*Corresponding author. Email address: kwantippongprapan@gmail.com

บทคัดย่อ

เปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำทะเลหมู่เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี ด้วยวิธีการเก็บสองวิธี คือ ถูกลากแบบแมนต้าและถูกลากแพลงก์ตอน เพื่อศึกษาความแตกต่างของวิธีการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก ซึ่งอาจส่งผลให้ไมโครพลาสติกที่พบแตกต่างกัน ผลการศึกษาไมโครพลาสติกที่พบมีสามลักษณะ คือ ชิ้นส่วน เส้นใย และฟิล์ม โดยปริมาณไมโครพลาสติกที่พบเฉลี่ย 0.52 ± 0.15 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และ 0.17 ± 0.07 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร จากถูกลากแบบแมนต้าและถูกลากแพลงก์ตอน ตามลำดับ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่พบสูงขึ้นเมื่อใช้ถูกลากแบบแมนต้า นอกจากนี้ ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบยังมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยถูกลากแบบแมนต้าพบไมโครพลาสติกชนิด rayon มากที่สุด รองลงมาคือ nylon และ polyethylene terephthalate (PET) ตามลำดับ ส่วนถูกลากแพลงก์ตอนพบไมโครพลาสติกชนิด rayon, polyethylene terephthalate (PET) มากที่สุด รองลงมาคือ nylon

คำสำคัญ: ถูกลากแบบแมนต้า, ถูกลากแพลงก์ตอน, ไมโครพลาสติก, หมู่เกาะล้าน

Abstract

Two methods for microplastics sampling, manta net vs plankton net, were compared for seawater sampling around Mue Koh Larn, Chonburi Province. We found three shapes of microplastics namely: fragments, fibers, and films. Two sampling approaches yielded significantly different microplastics abundance despite collection being done simultaneously at the same location. Average abundances were 0.52 ± 0.15 and 0.17 ± 0.07 items/m³ for manta net and plankton net, respectively. Furthermore, we found different major types of plastic items when two different methods of sampling were employed. Samples collected by the manta net were mostly rayon followed by nylon and polyethylene terephthalate (PET). Meanwhile, samples collected using the plankton net were mostly rayon and PET followed by nylon.

Keywords: Manta net, Microplastics, Mue Koh Larn, Plankton net

คำนำ

ปัญหาขยะกำลังเป็นปัญหาสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าปัญหาโลกร้อนที่ทุกประเทศกำลังเผชิญขยะส่วนใหญ่เกิดจากมนุษย์มีการจัดการที่ไม่เหมาะสม ขยะที่เกิดขึ้นถูกทิ้งลงสู่ทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจ ซึ่งขยะดังกล่าวเป็นขยะพลาสติกน้ำหนักเบาและไม่สามารถย่อยสลายได้ในเวลาอันสั้น จึงถูกพัดพาไปในที่ที่ห่างไกล โดยคลื่น ลม กระแสน้ำ ข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ปีพ.ศ.2559 พบว่าประเทศไทยมีขยะมูลฝอย 27.04 ล้านตัน แบ่งเป็นขยะที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้องจำนวน 9.59 ล้านตัน (ร้อยละ 36) นำกลับมาใช้ประโยชน์ จำนวน 5.76 ล้านตัน (ร้อยละ 21) เหลือเป็นขยะที่มีการกำจัดที่ไม่ถูกต้องอีกจำนวน 11.69 ล้านตัน (ร้อยละ 43) นอกจากนี้ยังมีขยะสะสมตกค้างในพื้นที่อีก 10.13 ล้านตัน ซึ่งส่วนหนึ่งของขยะที่มีการกำจัดที่ไม่ถูกต้องและขยะสะสมตกค้างในพื้นที่จำนวน 21.82 (11.69+10.13) ล้านตันนี้อาจถูกลมพัดพาลงสู่แม่น้ำลำคลองและไหลออกสู่ทะเลในที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

จากการที่พลาสติกได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ทำให้ปริมาณการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1.5 ล้านตันต่อปี ในปี 1952 เป็น 322 ล้านตันต่อปี ในปี 2016 (Coppock et al., 2017) โดยทั่วไปพลาสติกจะย่อยสลายได้ยากในกระบวนการทางธรรมชาติ จึงก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เป็นภัยต่อสิ่งมีชีวิต ขยะในทะเลแบ่งออกเป็นสี่กลุ่มตามขนาดคือ เมกะพลาสติก (>1 ม.), แมคโครพลาสติก (<1 ม.), เมโสพลาสติก (<2.5 ซม.) และไมโครพลาสติก (<5 มม.) (GESAMP, 2016) เศษขยะพลาสติกในทะเลจะผ่านกระบวนการย่อยสลาย ซึ่งจะส่งผลให้กลายเป็นไมโครพลาสติกทั้งด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ มีรายงานพบขยะพลาสติกในสัตว์ทะเลที่เสียชีวิตแล้ว เช่น การพบพลาสติกในท้องของซากวาฬน้ำจืด การพบพลาสติกในท้องลูกพะยูนมาเรียม การพบหลอดพลาสติกเข้าไปติดในโพรงจมูกของเต่าทะเล เป็นต้น

ไมโครพลาสติก (microplastics) เป็นชิ้นส่วนของพลาสติกที่แตกตัวออกมา มีขนาดเล็กและแพร่กระจายตัวได้ง่าย มีโอกาสในการเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้มากขึ้น มนุษย์สามารถได้รับไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายผ่านสายใยอาหาร สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (primary microplastics) ถูกผลิตขึ้นโดยตรงจากโรงงานตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น พลาสติกในโฟมล้างหน้า เครื่องสำอาง สครับขัดผิว หรือ ยาสีฟัน อีกประเภทหนึ่ง คือ ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (secondary microplastics) เกิดจากการที่พลาสติกขนาดใหญ่แตกหักหรือผุร่อนจากคลื่น แสงอาทิตย์ หรือแรงบีบอัดจนกลายเป็นชิ้นเล็กๆ แบ่งตามลักษณะได้สามรูปแบบ คือ ชิ้นส่วน (fragment) เส้นใย (fiber) และฟิล์ม (film) (GESAMP, 2016)

การท้องที่ยาวจัดเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมที่นำพลาสติกลงสู่ทะเล (Derraik, 2002) และน้ำจากปากแม่น้ำเป็นสาเหตุหลักของการนำพาไมโครพลาสติกจากแผ่นดินไหลลงสู่ทะเล (Zhao et al., 2014) ในแต่ละปีพื้นที่เขตเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรีมีการใช้ประโยชน์จากพลาสติกจำนวนมาก เมืองพัทยานีมีชุมชนอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่น บางแห่งมีคลองไหลผ่านชุมชนและไหลออกสู่ทะเล น้ำเสียจากชุมชนมีโอกาสปนเปื้อนไมโครพลาสติก (Alam et al., 2019) หากไม่มีการบำบัดจะทำให้ไมโครพลาสติกลงสู่คลองและไหลออกสู่ทะเล บริเวณใกล้เคียงที่อาจได้รับผลกระทบได้แก่ อ่าวพัทยา เกาะล้าน เกาะครก และเกาะสาก เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อระบุปริมาณและชนิดของไมโครพลาสติกทั้งหมดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือสองชนิดที่แตกต่างกัน คือ ดงลากแพลงก์ตอน (plankton net) และดงลากแบบแมนต้า (manta net)

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา เมืองพัทยานีอยู่ในอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ตั้งอยู่ภาคตะวันออกของประเทศไทย ด้านทิศตะวันตกติดต่อกับทะเลอ่าวไทย บริเวณชายหาดพัทยานีเริ่มตั้งแต่พัทยานีเหนือจนถึงพัทยานีใต้ ระยะทางยาวประมาณ

3 กิโลเมตร เป็นลักษณะหาดทราย บริเวณชายหาดพัทยามีกิจกรรมการใช้ประโยชน์หลายรูปแบบ กิจกรรมบนบก เช่น พักผ่อนริมหาด กิจกรรมทางน้ำ เช่น ขี่เจ็ตสกี เรือกล้วย เป็นที่ขึ้นลงเรือเร็วสำหรับทัวร์ และมีการจัดพื้นที่สำหรับการเล่นน้ำ นอกจากนี้ยังมีสถานบริการ ห้างสรรพสินค้าและโรงแรมหลายแห่งติดถนนเลียบริมชายหาด สุดชายหาดทางด้านทิศใต้เป็นท่าเรือสำหรับนักท่องเที่ยวที่จะเดินทางไปยังเกาะต่างๆ เมืองพัทยามีหมู่เกาะใกล้เคียงสองแห่ง ได้แก่ หมู่เกาะล้านและหมู่เกาะไผ่

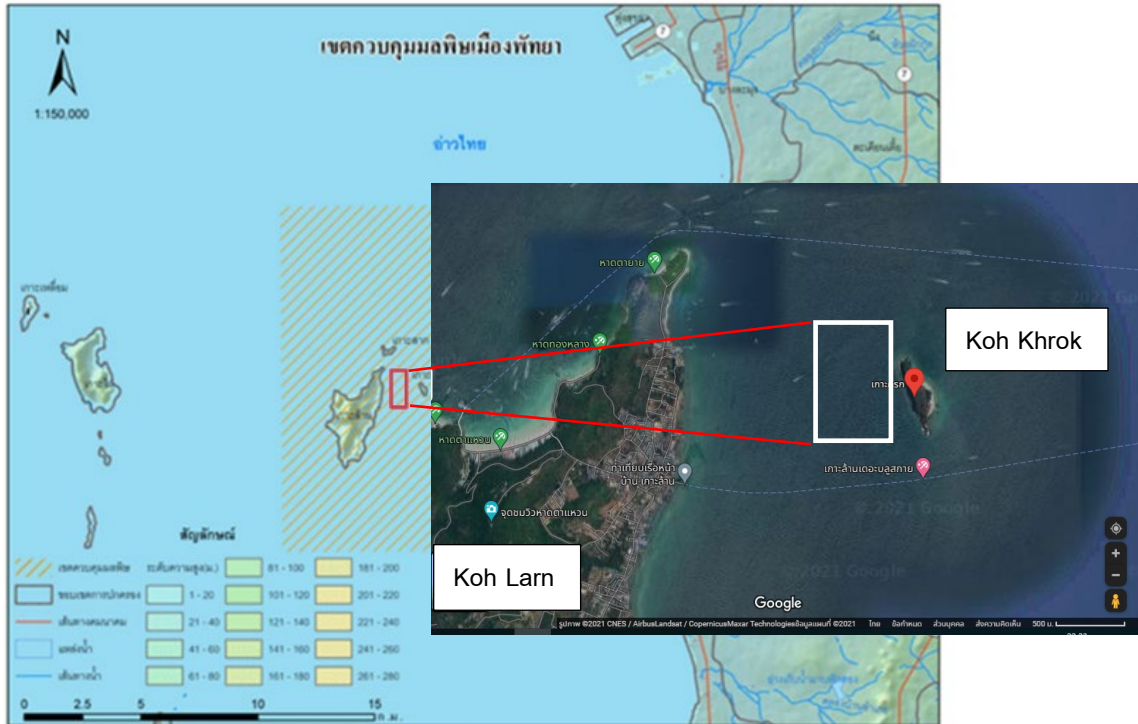


Fig. 1 Water sampling locations in Mue Koh Lam within the boundary of the white rectangle in the inset

เกาะล้านตั้งอยู่ทางด้านฝั่งตะวันตกของเมืองพัทยา ห่างจากหาดพัทยาประมาณ 10 กิโลเมตร และมีพื้นที่ประมาณ 5.5 ตารางกิโลเมตร มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาร้อยละ 90 ของเกาะ มีชายหาดอยู่เกือบทุกด้านของเกาะ มีท่าเรือสองท่า ได้แก่ ท่าเรือหาดตาแหวนอยู่ทางด้านทิศเหนือของเกาะและท่าเรือหน้าบ้านอยู่ทางทิศตะวันออกของเกาะ เกาะล้านมีชุมชนตั้งอาศัยอยู่ เนื่องจากการท่องเที่ยวเกาะล้านได้รับความนิยมอย่างมากไม่ว่าจะเป็นนักท่องเที่ยวไปเข้าเียนกลับหรือแบบนอนค้างคืน ทั้งชาวไทยและต่างชาติจากสถิติของกรมเจ้าท่าปี 2560 ระบุว่ามียกท่องเที่ยวเดินทางจากท่าเรือแหลมบาลีฮายไปยังท่าเรือหน้าบ้าน 1,388,116 คนต่อปีและจากท่าเรือแหลมบาลีฮายไปยังท่าเรือหาดตาแหวน 1,478,988 คนต่อปี (กรมเจ้าท่า, 2561) เมื่อมีคนบนเกาะมากมีการใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย ปริมาณขยะมีเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าระบบกำจัดจะรองรับได้ ทำให้เกิดปัญหาขยะล้นเกาะ โดยมีขยะตกค้างอยู่บนเกาะมากถึง 50,000 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

เกาะครก ตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของเกาะล้าน อยู่ห่างจากหาดพัทยาประมาณ 8 กิโลเมตร โดยรอบเกาะเป็นโขดหิน มีหาดทรายอยู่เพียงหาดเดียวทางทิศตะวันออกของเกาะซึ่งมีความยาวของหาดประมาณ 100 เมตร

วิธีการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากพื้นที่ระหว่างเกาะล้านและเกาะครก ตามพื้นที่ในกรอบเส้นสีขาว Fig. 1 โดยการลากถุงลากแพลงก์ตอน ขนาดตาข่าย 330 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตรและถุงลากแบบแมนต้า ขนาดตาข่าย 300 ไมครอน ขนาดปากยาว 60 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร โดยใช้เรือลากอวนด้วยความเร็ว 1 นอตเป็นเวลาประมาณ 15 นาที ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา (คลื่น ลม และกระแสน้ำ) (Kovač et al., 2016) อ่านค่าที่ได้จากโฟลมิเตอร์ (flow meter) จดบันทึกหลังจากนั้นนำสิ่งที่ได้ภายในถุงลากแพลงก์ตอนและถุงลากแบบแมนต้าใส่ในขวดแก้วเก็บตัวอย่างขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 ซ้ำ

การเตรียมตัวอย่าง

ขั้นตอนการคัดแยกไมโครพลาสติกดัดแปลงจาก (Masura et al., 2015) มีขั้นตอนโดยสังเขปคือ นำน้ำตัวอย่างที่เก็บได้มาแยกขนาดอนุภาคแขวนลอยด้วยตะแกรงร่อนขนาดตาราง 5 มิลลิเมตรตามด้วยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อแยกอนุภาคแขวนลอย 2 ขนาด คือ ที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรแต่ใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตรและขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร

อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรแต่ใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร นำมาแยกไมโครพลาสติกด้วยตาเปล่า นับปริมาณ วัดขนาด และจดบันทึก ส่วนอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร จะถูกกรองผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน นำตัวอย่างที่ค้างอยู่บนผ้ากรองและที่ผ่านผ้ากรองไปย่อยสารอินทรีย์โดยเติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) (0.05 M) ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร พร้อมกับบ้วนสารและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อย่อยสารอินทรีย์ธรรมชาติ ในกรณีที่สารอินทรีย์ย่อยไม่หมดให้ทำการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงทำซ้ำจนกว่าสารอินทรีย์ย่อยหมด หลังจากนั้นเพิ่มความหนาแน่นของสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 6 กรัมต่อน้ำ 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทำการกรองด้วยผ้ากรองขนาด 300 ไมครอน น้ำที่ผ่านผ้ากรองจะนำมากรองด้วยกระดาษ GF/C นำตัวอย่างที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) เพื่อแยก รูปร่าง สี และขนาด

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ชนิดพลาสติกด้วยเครื่อง Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer

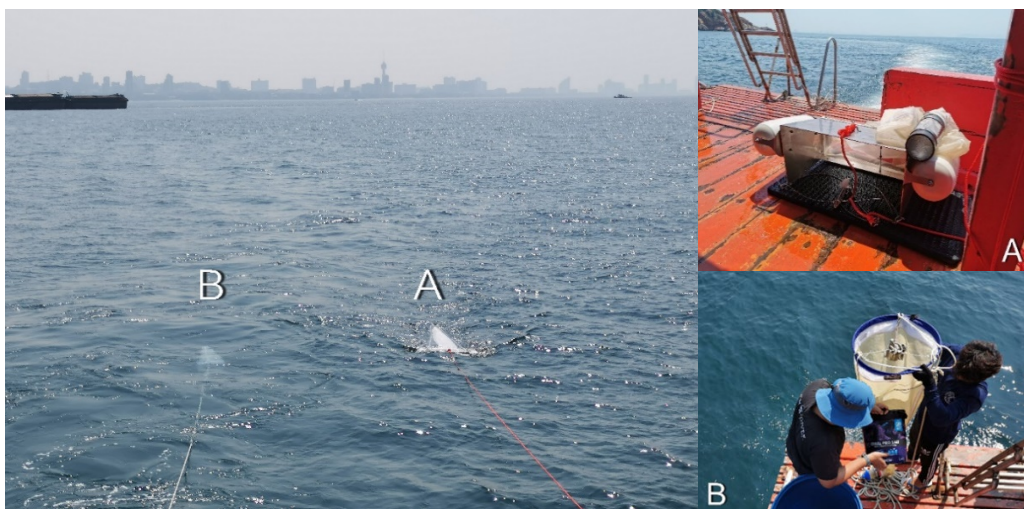


Fig. 2 Microplastics sampling using (A) manta net and (B) plankton net

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แยกไมโครพลาสติกที่พบตามลักษณะ ได้สามลักษณะ คือ ชิ้นส่วน เส้นใย และฟิล์ม (GESAMP, 2016) จาก Fig. 3 จะเห็นว่าผลที่ได้สอดคล้องกับผลของ Kovač et al.(2016) และ Green et al.(2018) โดยไมโครพลาสติกที่พบในเป็นไมโครพลาสติกประเภททุติยภูมิ ที่เกิดจากเส้นใยเสื้อผ้า เชือก แห อวน และพลาสติกที่เป็นฟิล์ม ผลการศึกษาแสดงดัง Table 1 และ Fig. 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยเป็นไมโครพลาสติกที่มีปริมาณมากที่สุดในการเก็บตัวอย่างทั้งสองวิธี

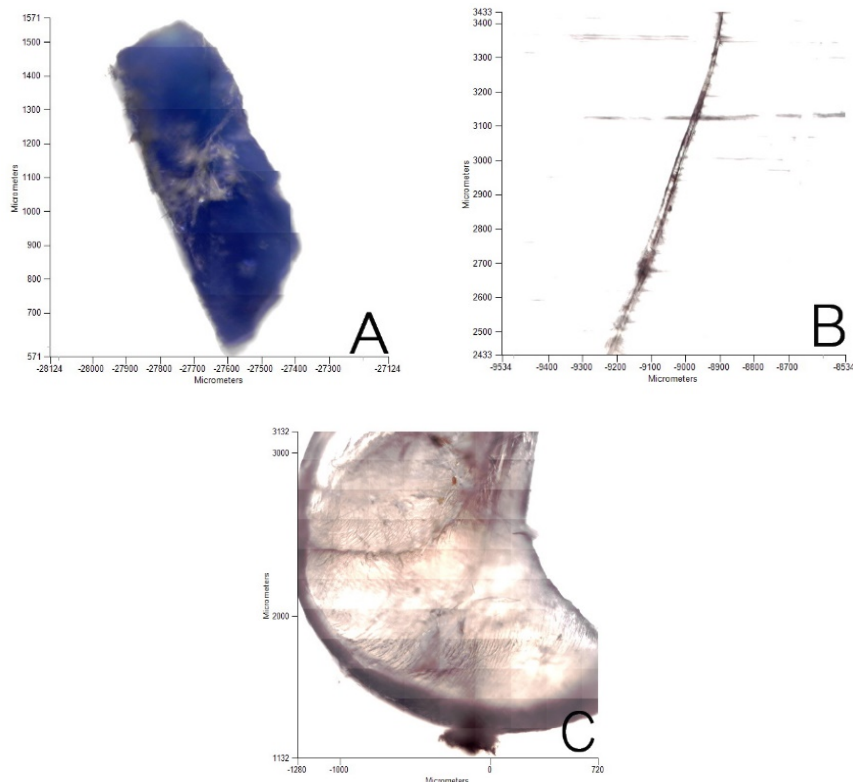


Fig. 3 Three types of microplastics found in this study: (A) fragment, (B) fiber, and (C) film

ไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ศึกษาซึ่งระบุด้วยว่าขยะส่วนใหญ่มาจากของเสียในบ้านเรือนและการทำประมงที่ใช้เชือก แห อวน ไมโครพลาสติกที่ได้จากการใช้ถุงลากแบบแมนต้ามีปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับไมโครพลาสติกที่ได้จากถุงลากแพลงก์ตอน ปริมาณไมโครพลาสติกจากถุงลากแบบแมนต้าเฉลี่ย คือ 0.52 ± 0.15 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ในทางกลับกันปริมาณไมโครพลาสติกจากถุงลากแพลงก์ตอนเฉลี่ย คือ 0.17 ± 0.07 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร

จากการเปรียบเทียบเครื่องมือทั้งสองแบบ พบว่าถุงลากแบบแมนต้าสามารถเก็บไมโครพลาสติกได้ปริมาณมากกว่าถุงลากแพลงก์ตอน เนื่องจากถุงลากแบบแมนต้าเป็นการเก็บตัวอย่างที่ผิวน้ำ ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและความหนาแน่นน้อย ลอยอยู่บนผิวน้ำ ทำให้ถุงลากแบบแมนต้าเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกได้ปริมาณมากกว่า Green et al.(2018) เปรียบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างในแบบต่าง ๆ ขนาดตาข่ายที่ต่างกัน โดยใช้ bongo nets ($>500\mu\text{m}$), manta nets ($>300\mu\text{m}$) และ plankton nets ($>200\mu\text{m}$ และ $>400\mu\text{m}$) เก็บเทียบกับขวด 1 ลิตร (กรองผ่านฟิวเตอร์ $0.45\mu\text{m}$) โดยขวด 1 ลิตรจะเก็บตัวอย่างลึกลงไป 5 เซนติเมตรจากผิวน้ำ พบว่าการเก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลากแบบแมนต้า สามารถเก็บตัวอย่างลักษณะเส้นใยได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการเก็บโดยใช้ขวด การเก็บโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนโดยใช้ตาข่ายแบบละเอียดและแบบหยาบ เก็บเทียบกับการเก็บด้วยขวด พบตัวอย่างลักษณะฟิล์มมากขึ้นเมื่อใช้ตาข่ายแบบละเอียด

การใช้ถุงลากแบบแมนต้าและถุงลากแพลงก์ตอนและในการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ข้อดีของการใช้ถุงลากแบบแมนต้า คือ ถุงลากแบบแมนต้าเก็บตัวอย่างที่ผิวน้ำ สามารถเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่กว้างและสามารถกรองน้ำใน ปริมาณมากๆ ได้ เมื่อเทียบกับถุงลากแพลงก์ตอน อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้คือ สภาพอากาศ คลื่นลม ถ้าคลื่นลมแรง หรือความเร็วเรือไม่สม่ำเสมอจะทำให้การเก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลากแบบแมนต้า ไม่เสถียร ซึ่งอาจนำไปสู่ความล้มเหลวของกระบวนการเก็บตัวอย่างได้ (Kovač et al., 2016) แต่ในทางกลับกัน คลื่นและความเร็วของเรือไม่มีผลกระทบต่อการใช้ถุงลากแพลงก์ตอน อย่างไรก็ตาม นอกจากนั้น การเก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนยังถือว่าถูกกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บตัวอย่างโดยใช้ ถุงลากแบบแมนต้า แม้ว่าจะได้ปริมาณไมโครพลาสติกน้อยกว่าก็ตาม

Table 1 Number of microplastics types found using two sampling approaches

Microplastics type	Plankton net (items/m ³)						Manta net (items/m ³)					
	1	2	3	4	5	Mean±SD	1	2	3	4	5	Mean±SD
Fragment	0.004	0.000	0.000	0.018	0.000	0.004±0.008	0.000	0.000	0.117	0.000	0.058	0.035±0.052
Fiber	0.038	0.240	0.138	0.004	0.061	0.096±0.094	0.456	0.358	0.126	0.288	0.224	0.290±0.126
Film	0.042	0.000	0.070	0.116	0.142	0.074±0.057	0.114	0.100	0.334	0.339	0.088	0.195±0.130

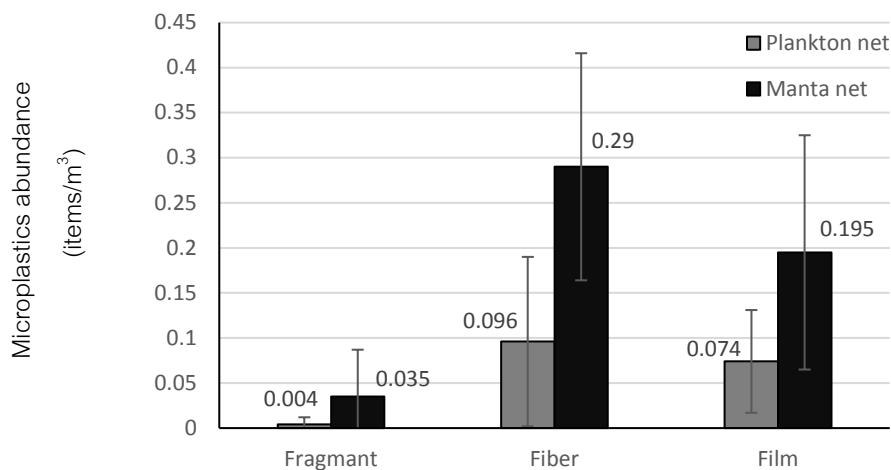


Fig. 4 Microplastics abundances at Mue Koh Larn sampled by using manta net (black) and plankton net (grey)

ผลการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) ปริมาณไมโครพลาสติกโดยใช้ถุงลากแบบแมนต้าพบ 297 ชิ้น จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR 44 ชิ้น (14.81%) ถุงลากแพลงก์ตอน พบ 135 ชิ้น วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR 42 ชิ้น (31.11%) จากการนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบไมโครพลาสติกชนิดต่าง ๆ ดัง Table 2 ถุงลากแบบแมนต้าและถุงลากแพลงก์ตอนพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยมากที่สุด คือ rayon, polyester+viscose (80+20), cotton+polyester (65+35) ซึ่งเป็นชนิดพลาสติกที่ใช้ทำเสื้อผ้า โดยถุงลากแบบแมนต้าพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.189±0.072 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ส่วนถุงลากแพลงก์ตอนพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.049±0.067 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร พลาสติกที่ถุงลากแบบแมนต้าพบรองลงมา คือ polyester, nylon เป็นพลาสติกที่ใช้ทำเชือก แห อวน พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.086±0.091 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร polyethylene terephthalate (PET) เป็นพลาสติกที่ใช้ทำขวดน้ำดื่ม พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.071±0.146 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ส่วนพลาสติกที่ถุงลาก

แพลงก์ตอนพบรองลงมา คือ polyethylene terephthalate (PET) พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.048 ± 0.065 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร polyester, nylon พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.039 ± 0.042 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร

Table 2 Types of plastics found in this study

FTIR	Plankton net (items/m ³)		Manta net (items/m ³)	
	Mean	SD	Mean	SD
Polyester, nylon	0.039	0.042	0.086	0.091
Polyethylene (PE)	0.008	0.018	0.024	0.033
Low density polyethylene (LDPE)	0.003	0.006	0.038	0.037
Medium density polyethylene (MDPE)	0.000	0.000	0.051	0.075
Polypropylene (PP)	0.022	0.029	0.027	0.037
Rayon, polyester+viscose (80+20), cotton+polyester(65+35)	0.049	0.067	0.189	0.072
Polyethylene terephthalate (PET)	0.048	0.065	0.071	0.146
Polyurethane (PU)	0.000	0.000	0.004	0.009
Polystyrene (PS)	0.000	0.000	0.013	0.030
Poly(ethylene-co-vinyl acetate)	0.000	0.000	0.007	0.015
Copolymer	0.007	0.015	0.011	0.017

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้ลักษณะของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดในน้ำทะเลหมู่เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี คือ เส้นใย รองลงมาคือ ฟิล์ม และชิ้นส่วน ตามลำดับ กิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการท่องเที่ยว การทำประมง อาจส่งผลต่อปริมาณของไมโครพลาสติกในพื้นที่ได้ จากการเปรียบเทียบเครื่องมือทั้งสองแบบคือ ถุงลากแพลงก์ตอนและถุงลากแบบแมนต้า พบว่าถุงลากแบบแมนต้าสามารถเก็บไมโครพลาสติกได้ปริมาณมากกว่าถุงลากแพลงก์ตอน เนื่องจากถุงลากแบบแมนต้าเป็นการเก็บตัวอย่างที่ผิวน้ำ ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและความหนาแน่นน้อย ลอยอยู่บนผิวน้ำ ทำให้ถุงลากแบบแมนต้าเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกได้ปริมาณมากกว่า เครื่องมือเก็บตัวอย่างทั้งสองมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้พบว่าถุงลากแบบแมนต้าเป็นเครื่องมือเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทางด้านปริมาณได้ดีกว่าถุงลากแพลงก์ตอน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธรรณ อารังนาวาสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.วิภูษิต มั่นทะจิตร บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน), หน่วยปฏิบัติการต่อต้านขยะทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คุณรุจิรา สุขแสงจันทร์ ในการเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการ คุณนิษฐกานต์ เหมินทร์, คุณฐิตาพล กันทะวงศ์ และคุณศุภาภิก วินทะชัย ที่คอยช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. สถานการณ์ขยะทะเลในประเทศไทย.

<http://www.pcd.go.th/public/News/GetNews.cfm?task=lt2009&id=17560>, 24 สิงหาคม 2561

กรมเจ้าท่า. 2561. รายงานการสำรวจเรือโดยสาร/ท่องเที่ยว.

https://www.md.go.th/stat/images/pdf_report_stat/2561/retravel_61.1.pdf, 22 กันยายน 2561.

Alam, F.C., Sembiring, E., Muntalif, B.S., Suendo, V.J.C. 2019. Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area (Case study: Ciwalengke River, Majalaya district, Indonesia). *Chemosphere* 224: 637–645.

Coppock, R.L., Cole, M., Lindeque, P.K., Queirós, A.M. Galloway, T.S. 2017. A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environ. Pollut.* 230: 829–837.

Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 44(9): 842–852.

GESAMP. 2016. Source, fate, and effects of microplastics in the marine environment: Part two of a global assessment, report and studies, In: Kershaw, P.J., Rochman, C.M. (Eds.). Report Studies GESAMP No. 93. International Maritime Organization. London, England.

Green, D.S., Kregting, L., Boots, B., Blockley, D.J., Brickle, P., da Costa, M., Crowley, Q. 2018. A comparison of sampling methods for seawater microplastics and a first report of the microplastic litter in coastal waters of Ascension and Falkland Islands. *Mar. Pollut. Bull.* 137: 695–701.

Kovač Viršek, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P. Kržan, A. 2016. Protocol for microplastics sampling on the sea surface and sample analysis. *J. Vis. Exp.*: 1–9. doi.org/10.3791/55161

Masura, J., Baker, J. Foster, G., Herring, C.A.C. Editor, T. 2015 Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.

Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., Li, D. 2014. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary system, China: First observations on occurrence, distribution. *Mar. Pollut. Bull.* 86(1–2): 562–568.

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกระหว่างเกาะโลซินและแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ

Comparative study of microplastics quantity between Losin Island and Chao Phraya River,
Samut Prakan

ศุภาภิกษา วินทะชัย^{a,*}, ธรณ์ อังรณนาवासวัต^a, วิภูษิต มัณฑะจิตร^b

Supakit Wintachai^{a,*}, Thon Thamrongnawasawat^a, Vipoosit Manthachitra^b

^aภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

^bภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

^aDepartment of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Aquatic Science, Faculty of science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: pimpilai.w@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษากการเปรียบเทียบไมโครพลาสติกบริเวณเกาะโลซิน จังหวัดปัตตานี และแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือ RCL จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณและชนิดของไมโครพลาสติก โดยทำการเก็บตัวอย่างในน้ำด้วยเครื่องมือสำหรับเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำแบบแมนต้า (manta net) ในระหว่างเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 และนำมาเตรียมตัวอย่างโดยย่อยสลายสารอินทรีย์ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาทำการนับจำนวนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometer ผลการศึกษาพบปริมาณไมโครพลาสติกบริเวณเกาะโลซิน 1.08 ± 0.17 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ส่วนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาพบ 8.99 ± 2.41 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้พบพลาสติกชนิด polypropylene มากที่สุด โดยปริมาณไมโครพลาสติกพบบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยามีมากกว่าเกาะโลซิน แต่พบชนิดที่โดดเด่นเหมือนกัน

คำสำคัญ: เกาะโลซิน, แม่น้ำเจ้าพระยา, ไมโครพลาสติก, FTIR

Abstract

This study compared microplastics abundances between Losin Island and Chao Phraya River, Samut Prakan (RCL Port). Sampling was done between September and October 2020 using a manta net. Prior to any analysis, samples were treated with hydrogen peroxide to remove any organic materials. After that, samples were visually inspected using a stereo microscope (to determine microplastics shapes and sizes) and subsequently by a Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometer. Microplastics from Chao Phraya (8.99 ± 2.41 items/m³) are significantly greater than those from Losin (1.07 ± 0.17 items/m³). In addition, most microplastics items from this study were polypropylene (PP) for both Chao Phraya and Losin Island samples.

Keywords: Chao Phraya River, FTIR, Losin Island, Microplastics

คำนำ

ในปัจจุบันการใช้พลาสติก และวัสดุสังเคราะห์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะมีความสะดวกราคาไม่สูง ใช้งานทนทาน ทำให้มีความสำคัญเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตประจำวันในมนุษย์ จึงส่งผลให้มีขยะพลาสติกมากขึ้น เนื่องจากการย่อยสลาย หรือการกำจัดต้องใช้ระยะเวลาอันยาวนาน ซึ่งจากการสำรวจพบว่าประเทศไทยติดอันดับ 6 ของโลก ที่มีขยะทะเลมากที่สุด (Jambeck et al., 2015) พลาสติกต่าง ๆ เป็นภัยคุกคามต่อสิ่งมีชีวิต เช่น การถูกพันด้วยเชือกพลาสติก การกลืนกินส่งผลให้เกิดการอุดตันของลำไส้ อีกทั้งเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็กลอยส่งผลให้โอกาสที่สิ่งมีชีวิต จะกลืนกินก็ จะยิ่งสูงขึ้น เป็นความเสี่ยงต่อระบบนิเวศด้วย (Ma et al., 2019) โดยขยะพลาสติกเหล่านี้ ก็จะมีการผูกพัน แดกตัว หรือมีการย่อยสลาย มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งเรียกว่า ไมโครพลาสติก โดยจุดเริ่มต้นของขยะเหล่านี้มาจากการใช้เวลานานในการย่อยสลาย การจัดการขยะไม่ดี ทั้งขยะสูงตามคลอง แม่น้ำ ซึ่งจะไหลออกสู่ทะเลในที่สุด จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ไมโครพลาสติกปนเปื้อนอยู่ในน้ำทะเลมีปริมาณมากขึ้น โดยแม่น้ำเป็นเส้นทางสำคัญในการนำขยะพลาสติกทุกขนาดลงสู่ทะเลและสร้างปัญหาต่อระบบนิเวศทางทะเลเพิ่มขึ้น และเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง (Lebreton et al., 2017; Schmidt et al., 2017a; Siegfried et al., 2017)

โดยแม่น้ำเป็นตัวนำพาที่สำคัญสำหรับการนำเศษขยะประเภทต่าง ๆ ลงไปในทะเล (Rech et al., 2014; Sadri and Thompson, 2014) เคยมีการศึกษาพบไมโครพลาสติกบริเวณท่าพระจันทร์ เฉลี่ย 104 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร Ta et al. (2020) ซึ่งแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายใหญ่ที่สำคัญของประเทศไทย ไหลผ่านหลายจังหวัดในภาคกลางจนถึงกรุงเทพมหานคร และไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยที่บริเวณจังหวัดสมุทรปราการ

ในขณะที่เกาะโลซิน ตั้งอยู่ในจังหวัดปัตตานี เป็นเกาะที่เล็กไกลฝั่งมากที่สุดในประเทศไทย มีลักษณะเป็นยอดกองหินโผล่ พื้นน้ำขึ้นมา ไม่มีหาดทรายไม่มีต้นไม้ มีเพียงประการูที่เป็นจุดสังเกตให้กับนักเดินเรือ ซึ่งได้ทะเลบริเวณนี้ เต็มไปด้วยความสมบูรณ์ด้านทรัพยากรทางทะเลเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็น ปะการัง ฝูงปลา หรือ แม้กระทั่งสัตว์ทะเลหายาก จึงเป็นแหล่งที่สำคัญ อีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การท่องเที่ยวดำน้ำลึก จากความห่างไกลจากที่มาของพลาสติกจึงอาจทำให้พื้นที่นี้พบปริมาณไมโครพลาสติกน้อย

การศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกมาทำการวิเคราะห์ปริมาณและแยกชนิดที่แตกต่างกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของไมโครพลาสติก รวมไปถึงความสัมพันธ์ของชนิดไมโครพลาสติก บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาและบริเวณเกาะโลซิน เพื่อป้องกันถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นได้ และเป็นข้อมูลในการศึกษาต่อไปในอนาคต เนื่องจากภายในปี ค.ศ. 2100 มีการเพิ่มขึ้นของไมโครพลาสติกทั่วโลกประมาณสามเท่า Koelmans et al. (2017) ดังนั้น การศึกษาข้อมูลการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเล จึงมีความจำเป็นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานปริมาณการปนเปื้อน และเป็นการประเมินสถานการณ์ปัจจุบันด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทำการศึกษา

พิกัดในการเก็บตัวอย่างเกาะโลซิน จังหวัดปัตตานี (07°20'046"N 101°59'713"E) พิกัดในการเก็บตัวอย่างแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือ RCL จังหวัดสมุทรปราการ (13°39'27"N 100°34'10"E)

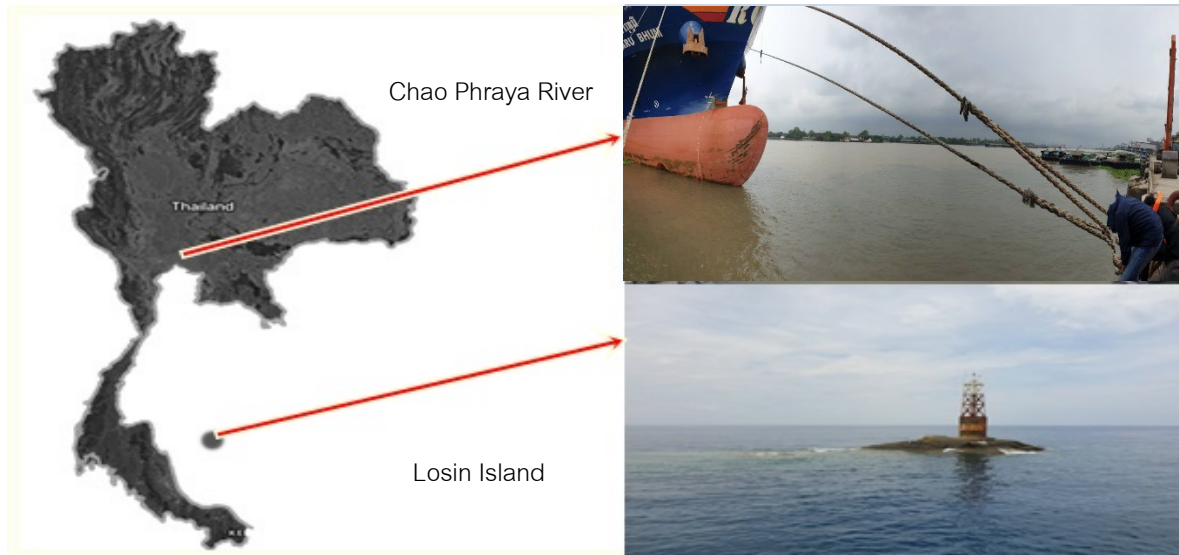


Fig. 1 Two study locations: Chao Phraya River (near RCL Port, Samut Prakan) vs Losin Island, Pattani

การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่ทำการศึกษากาะโลชินที่อยู่ห่างฝั่งจังหวัดปัตตานีประมาณ 67 กิโลเมตร ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 และแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือ RCL จังหวัดสมุทรปราการอยู่ห่างปากแม่น้ำประมาณ 20 กิโลเมตร ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 (เก็บตัวอย่างช่วงน้ำลง) โดยใช้ manta net ยาว 0.6 เมตร กว้าง 0.25 เมตร ติดตั้ง flow meter ไว้ที่ปากทวน และลากบริเวณผิวน้ำเป็นเวลา 15-20 นาที อ่านค่าที่ได้จาก flow meter หลังจากนั้น นำตัวอย่างน้ำที่กระบอกกันถูกใส่ในขวดเก็บตัวอย่างให้หมดเพื่อนำไปวิเคราะห์ (เก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ไมโครพลาสติก

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดัดแปลงจาก (Masura et al., 2015) เทตัวอย่างผ่านผ้ากรองขนาด 20 ไมโครเมตร ใช้น้ำกลั่นไล่ตัวอย่างบนผ้ากรองลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร นำตัวอย่างทั้งหมดในบีกเกอร์เติมสารละลายเพอร์สซัลเฟต (0.05 M) ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นปิดฝอยล์บนบีกเกอร์ ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2-4 วัน หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับการย่อยสารอินทรีย์ที่เร็วมากน้อยแค่ไหน โดยสังเกตจากสีของตัวอย่างน้ำว่าเขียวหรือใส ถ้าใสแล้วนั้นหมายความว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์เสร็จสมบูรณ์ หลังจากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 6 กรัมต่อปริมาณตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร แล้วปิดฝอยล์ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน และสุดท้ายนำตัวอย่างทำการกรองผ่านผ้ากรอง ขนาด 300 ไมโครเมตร ตามด้วยการนำน้ำมารองซ้ำอีกครั้งด้วยกระดาษ GF/C และทำการอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้น หลังจากนั้นทำการสับตัวอย่างผ่านกลังจตุรทศแบบสเตอริโอ และนำตัวอย่างที่นับได้วิเคราะห์ผ่านเครื่อง Fourier-transform infrared (FTIR) spectrometer นำข้อมูลของไมโครพลาสติกแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยาและเกาะโลชิน โดยใช้สถิติ Chi-Square Tests

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

แม่น้ำเจ้าพระยาพบไมโครพลาสติกจำนวน 323 ชิ้น วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR จำนวน 33 ชิ้น (10.22%) และเกาะโลซินพบไมโครพลาสติกจำนวน 226 ชิ้น วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR จำนวน 18 ชิ้น (7.96 %) การศึกษานี้ต้องการศึกษาความแตกต่างของปริมาณและชนิดไมโครพลาสติกจากสองสถานที่ที่ต่างกัน คือ แม่น้ำเจ้าพระยา และเกาะโลซิน โดยพบว่าปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่าเกาะโลซิน (Fig. 2)

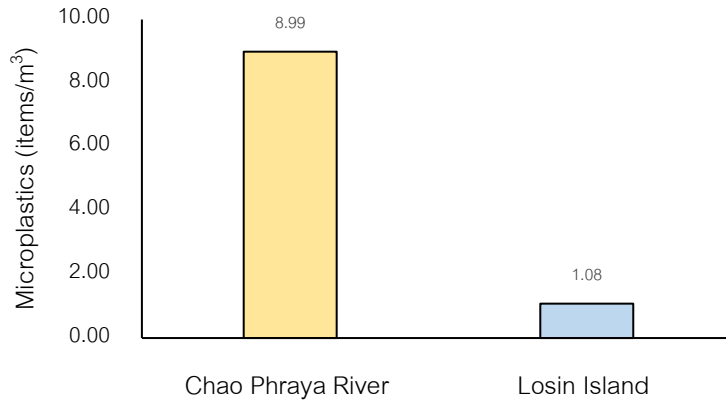


Fig. 2 Microplastics quantity around Chao Phraya River, Samut Prakan and in Losin Island, Pattani

แม่น้ำเจ้าพระยาพบไมโครพลาสติก เฉลี่ย 8.99 ± 2.41 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร และเกาะโลซิน เฉลี่ย 1.08 ± 0.17 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร (ซึ่งเป็นการรายงานครั้งแรก) ซึ่งไมโครพลาสติกบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาในการศึกษานี้้นน้อยกว่าการศึกษาของ Ta et al. (2020) ที่พบไมโครพลาสติกในแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าพระจันทร์ เฉลี่ย 104 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตรและน้อยกว่าการศึกษาของ Ta and Babel (2020) ที่พบไมโครพลาสติกในน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ เฉลี่ย 48 ± 8 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามไมโครพลาสติกที่พบมีแนวโน้มว่าจะได้รับอิทธิพลจากการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำ โดยไมโครพลาสติกที่พบ ในช่วงที่น้ำสูงขึ้น เป็นไมโครพลาสติกที่มาจากทะเล (Sukhsangchan et al., 2020) และไมโครพลาสติกจากแม่น้ำลงสู่ทะเลในช่วงน้ำลงนั้นจะมีปริมาณสูงกว่าช่วงน้ำขึ้น (Chinfak et al., 2021) นอกจากนี้ยังพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Mani et al. (2015) ทำการศึกษาที่แม่น้ำไรน์ ที่ไหลผ่านหลายประเทศ เช่น เยอรมัน สวิตเซอร์แลนด์ พบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มาจากบริเวณที่มีคนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะบริเวณโรงบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังพบไมโครพลาสติกสูงในเขตอุตสาหกรรมมูร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้โดยแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านหลายจังหวัด อีกทั้งบริเวณที่ทำการศึกษเป็นบริเวณที่มีคนอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่บริเวณพื้นที่ทำการศึกษอีกด้วย ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao et al. (2014) ทำการศึกษาที่แม่น้ำแยงซีเกียง ประเทศจีน เปรียบเทียบกับทะเลห่างฝั่งในทะเลจีนตะวันออก พบไมโครพลาสติกในแม่น้ำมีมากกว่าในทะเลห่างฝั่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้โดยแม่น้ำเจ้าพระยาพบไมโครพลาสติกมากกว่าเกาะโลซินที่อยู่ไกลฝั่ง เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยามีต้นน้ำไหลผ่านแผ่นดินกว้าง ทำให้เกิดไมโครพลาสติกจากการแตกตัวของขยะพลาสติกเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ในแม่น้ำยังมีปริมาณน้ำจำกัดเมื่อเทียบกับทะเล ทำให้ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีสูงกว่าในทะเล

ชนิดของไมโครพลาสติกจากแม่น้ำเจ้าพระยาและเกาะโลซินถูกวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง FTIR พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาพบ polypropylene (PP) มากที่สุด 51.08% รองลงมา คือ polyethylene (PE) 23.53% cellulose 16.41% other 5.57% และ polystyrene (PS) 3.41% ตามลำดับ ในขณะที่เกาะโลซินพบ PP มากที่สุด 29.65% รองลงมา คือ

copolymer 20.35% nylon 18.58% other 11.95% PE 11.06% cellulose 6.64% และ PS 1.77% ตามลำดับ (Fig. 3) และจากผลการศึกษาค้นคว้าปริมาณไมโครพลาสติกในแต่ละชนิดของแม่น้ำเจ้าพระยาและเกาะโลซิน แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ทั้งนี้ผลการศึกษานิตพลาสติกที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Ta et al. (2020) ที่ทำการศึกษาในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณท่าพระจันทร์พบ PP และ PE ที่โดดเด่นเหมือนกัน

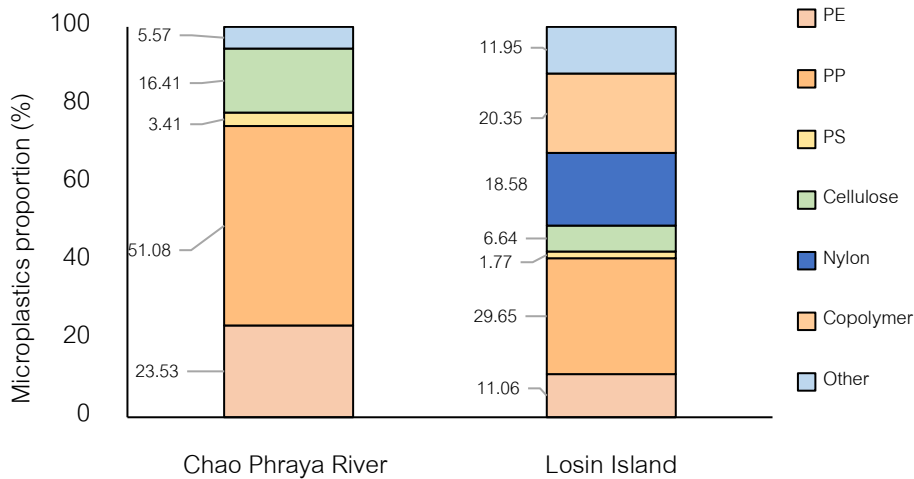


Fig. 3 Microplastics types at two sites in this study

ตัวอย่างจากแม่น้ำเจ้าพระยาไม่พบไมโครพลาสติกทั้ง nylon และ copolymer ในขณะที่ตัวอย่างจากเกาะโลซินพบ nylon ซึ่งพลาสติกชนิดนี้ที่พบส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย (Fig. 4a) ซึ่งอาจเป็นแหล่งที่มาของพลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้นใยจากอุปกรณ์จำพวก ข่าย เอ็น เชือก (ปีติพงษ์, 2559) ในทางกลับกันเส้นใยอาจมาจากวัสดุเชือกที่มาจากการสัญจรทางทะเล และกิจกรรมประมงในพื้นที่ศึกษา (Andrady, 2011; Thompson et al., 2004) เนื่องจากวัสดุมีความคงทนสูง (Ceresana, 2013) และยังมีรายงานว่าผ้าเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกลักษณะเส้นใยได้ (Brown et al., 2011) ทั้งนี้ยังพบพลาสติกชนิด copolymer ซึ่งถูกดัดแปลงโดย PP เต็ม ethylene 10% และการนำมาใช้งานมีความแตกต่างจาก PP (Mileva et al., 2016) จึงเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์หรือกิจกรรมของมนุษย์ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน

ชนิดพลาสติกที่พบเหมือนกันระหว่างเกาะโลซินและแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่จะไม่มีรูปร่างที่แน่นอน (Fig. 4b) คือ PP และ PE ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในประเภทถุงที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ภาชนะบรรจุ และบรรจุภัณฑ์ (Plastics Europe, 2018) ในขณะที่ PS ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในรูปของโฟม ซึ่งมีการใช้งานหลากหลายรูปแบบ เช่น บรรจุภัณฑ์อาหาร (American Chemistry Council, 2014) ส่วน cellulose มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมสิ่งทอ และมีการจำแนกพอลิเมอร์จากเซลลูโลส เช่น rayon ทั้งนี้บางชนิดไม่ได้รวมหมวดหมู่นี้ไว้ ในขณะที่ความเป็นจริงไม่ควรละเลย (Liu et al., 2020) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้โดยพบ rayon และ cotton ที่นำถูกมาจำแนกไว้ใน cellulose และ other เป็นพลาสติกที่นอกเหนือจากการจำแนกหมวดหมู่นี้ในครั้งนี้

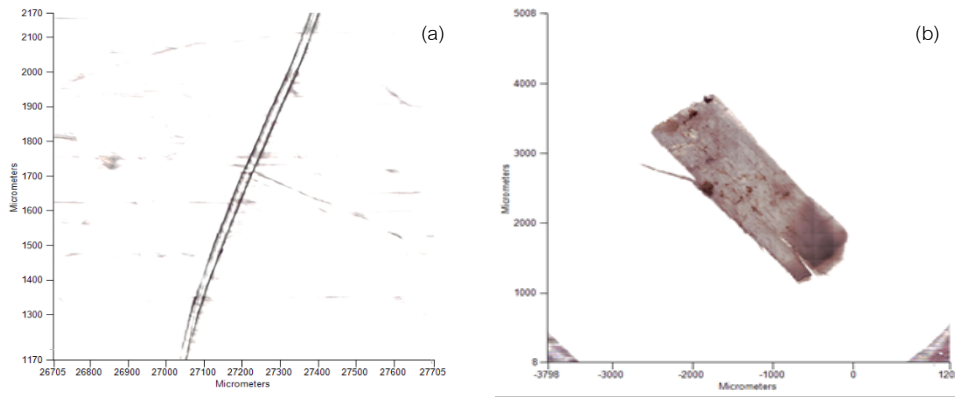


Fig. 4 Photographs of microplastics from the FTIR (a) nylon and (b) polypropylene

สรุป

ในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกมากขึ้นในชีวิตประจำวันส่งผลให้อัตราการเกิดของขยะพลาสติกมากขึ้นตามไปด้วย จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าชนิดของไมโครพลาสติกมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมมนุษย์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันระหว่างเกาะโลซินและแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเกาะโลซินพบไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มาจาก nylon ซึ่งบ่งบอกถึงการมีกิจกรรมทางประมงในพื้นที่ศึกษาหรือบริเวณข้างเคียงที่ถูกนำมาจากคลื่น อย่างไรก็ตามแม่น้ำเจ้าพระยาและเกาะโลซินพบไมโครพลาสติกชนิด polypropylene มากที่สุดเหมือนกัน บ่งบอกถึงพลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาใช้มากที่สุด อีกทั้งยังพบว่าปริมาณไมโครพลาสติกทั้งหมดระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยาพบมากกว่าเกาะโลซิน เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาจังหวัดสมุทรปราการเป็นรอยต่อระหว่างทะเลอ่าวไทยจึงส่งผลให้รองรับขยะได้มากที่สุดก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเล ส่วนเกาะโลซินเนื่องจากเป็นเกาะที่อยู่ไกลฝั่งมาก กระแสน้ำ กระแสลม และคลื่นมีส่วนในการกระจายไมโครพลาสติกออกไป จึงส่งผลให้พบไมโครพลาสติกที่เกาะโลซินปริมาณน้อยมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนทุนในการวิจัยที่เกาะโลซิน บริษัท อาร์ ซีแอล โลจิสติกส์ จำกัด และบริษัท สิงห์ เอสเตท จำกัด (มหาชน) ที่อำนวยความสะดวกและอนุญาตให้ใช้พื้นที่บริเวณท่าเรือในการเก็บตัวอย่างที่แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรณ อารังนาวาสวัสดิ์ ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำตั้งแต่เริ่มงานวิจัยจนสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิภูษิต มั่นทะจิตร ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน), หน่วยปฏิบัติการต่อต้านขยะทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณ คุณรุจิรา สุขแสงจันทร์ ในการเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการและแนะนำขั้นตอนวิธีการใช้เครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิจัย รวมถึงการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกด้วยเครื่อง Fourier-transform Infrared spectroscopy (FTIR) ขอขอบคุณ คุณนิษฐกานต์ เหมินทร์ และคุณขวัญทิพย์ พงษ์ประพันธ์ ที่คอยอำนวยความสะดวกในทุกด้านระหว่างการดำเนินงาน ตั้งแต่เริ่มงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพโรสานท์กุล, นภาพร เดียดประดม. 2559. การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา บริเวณชายหาดเจ้าหลาว และชายหาดคู้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. ใน: การประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 17. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- American Chemistry Council, 2014. Polystyrene. <https://www.chemicalsafetyfacts.org/polystyrene/#.ChemicalSafetyFacts.org>
- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62(8): 1596–1605.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, L.E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R.C. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Envi. Sci. Tech.* 45: 9175–9179.
- Ceresana, 2013. Market study engineering plastics, Ceresana, Sep 2013. <https://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/engineering-plastics/>
- Chinfak, N., Sompongchaiyakul, P., Charoenpong, C., Shi, H., Yeemin, T., Zhang, J. 2021. Abundance, composition, and fate of microplastics in water, sediment, and shellfish in the Tapi-Phumduang River system and Bandon Bay, Thailand. *Science of the Total Environment.* 781: 146700.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* 347: 768–771.
- Koelmans, A. A., Kooi, M., Law, K.L., Sebille, E.V. 2017. All is not lost: deriving a top-down mass budget of plastic at sea. *Environmental Research Letters* 12: 114028.
- Lebreton, L.C., Van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* 8: 15611.
- Made, J., Zhaob, J., Zhu, Z., Li, L., Yu, F. 2019. Effect of Microplastic size on the adsorption behavior and mechanism of triclosan on polyvinyl chloride. *Environmental Pollution* 254: 113104.
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., Holm, P.B. 2015. Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports.* 5:17988. doi.org/10.1038/srep17988
- Masura, J., Baker, J. Foster, G., Herring, C.A.C., Editor, T. 2015 Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.
- Mileva, D., Wang, J., Gahleitner, M., Doshev, P., Androsch, R. 2016. Crystallization behaviour of heterophasic propylene-ethylene copolymer at rapid cooling conditions. *Polymer.* 102: 214–220.
- PlasticsEurope. 2018. PlasticsEurope, Plastics-The facts 2018: An analysis of european plastics production, demand and waste data. https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf
- Rech, S., Macaya-Caquilpan, V., Pantoja, J., Rivadeneira, M., Madariaga, D.J., Thiel, M. 2014. Rivers as a source of marine litter: a study from the SE Pacific. *Mar. Pollut. Bull.* 82(1–2): 66–75.

- Sadri, S., Thompson, R. 2014. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Mar. Pollut. Bull.* 81(1): 55–60.
- Schmidt, C., Krauth, T., Wagner, S. 2017a. Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environ. Sci. Technol.* 51(21): 12246–12253.
- Siegfried, M., Koelmans, A.A., Besseling, E., Kroeze, C. 2017. Export of microplastics from land to sea. A modelling approach. *Water Res.* 127: 249–257.
- Sukhsangchan, R., Keawsang, R., Worachananant, S., Thamrongnawasawat, T., Phaksopa, J. 2020. Suspended microplastics during a tidal cycle in sea-surface waters around Chao Phraya River mouth, Thailand. 1513-1874. doi.org/10.2306
- Ta, A.T., Babel, S., Haarstrick, A. 2020. Microplastics contamination in a high population density area of the Chao Phraya River, Bangkok. *Eng. Technol. Sci.* 52(4): 534–545.
- Ta, A.T., Babel, S. 2020. Microplastics pollution with heavy metals in the aquaculture zone of the Chao Phraya River Estuary, Thailand. *Mar. Pollut. Bull.* 161: 111747.
- Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., Mc Gonigle, D., Russell, A.E. 2004. Lost at sea, where is all the plastic? *Science* 304: 838.
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., Li, D. 2014. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Mar. Pollut. Bull.* 86(1–2), 562–568.

**สาขาส่งเสริมการเกษตร
และคหกรรมเกษตร
(Subject: Agricultural Extension
and Home Economic)**

**ภาคบรรยาย
(Oral Presentation)**

ความมั่นคงทางอาหารและความต้องการอาหารของชุมชนการเกษตร บ้านคูวา จังหวัดสงขลา

Food security and food need of Ban Kuwa agricultural community Songkhla Province

กอบชัย วรพิมพงษ์^{a,*}, พรรณา สุวรรณชาติ^b, เพ็ญ สุขมาก^b, พงศ์เทพ สุธีรวุฒิ^b, กุลทัต หงษ์ชยางกูร^b

Kobchai Worrapimphong^{a,*}, Wanna Suwanchatree^b, Phen Sukmag^b, Pongthep Sutheravut^b,

Kullatat Hongchayangkool^b

^aสาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

^bสถาบันนโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

^aFaculty of Natural resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

^bPublic Policy Institute, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: kobchai.w@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลพื้นฐาน ความมั่นคงทางอาหาร และความต้องการอาหาร ของชุมชนบ้านคูวา อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา เครื่องมือในการศึกษาคือ แบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้าง เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 138 ครัวเรือน ผลการศึกษาพบว่า ชุมชนบ้านคูวาเป็นชุมชนการเกษตร มีสมาชิกเฉลี่ย 3.67 คน/ครัวเรือน ภาพรวมมีรายได้มากกว่ารายจ่าย ชุมชนมีแหล่งอาหารที่หลากหลาย ทั้งในธรรมชาติ ผลิตเอง ผลิตในชุมชน และจากภายนอกชุมชน ครัวเรือนส่วนใหญ่มีความปลอดภัยจากการบริโภคอาหาร ภัยธรรมชาติและความเสื่อมของสภาพแวดล้อมส่งผลเสียต่อสุขภาพของอาหารบางประการ ชุมชนมีแนวโน้มต้องการอาหารจากการผลิตเองและจากภายนอกชุมชนเพิ่มขึ้น ข้อเสนอจากการศึกษาควรดูแลสุขภาพแวดล้อมให้เหมาะสม และสนับสนุนการผลิตอาหารเองเพื่อเพิ่มความมั่นคงทางอาหารและลดความต้องการอาหารจากนอกชุมชน

คำสำคัญ: ความต้องการอาหาร, ความมั่นคงทางอาหาร, ชุมชนการเกษตร

Abstract

This study aimed to explore general information, food security and food need of Kuwa community, Ranot District, Songkhla Province. Schedule interview was employed as a tool for data collection with sample size at 138 households. The results showed that Kuwa community was agricultural community, mean of family member was 3.67 people/household. Overview of the community, household had more income than expenditure. The community had various source of food availability consists of natural source, private food production, community food production and from outside community. Most households were safe from food consumption. Natural disasters and environmental degradations affected some food stability aspects. This community had trend to need more food from private production and outside community. Finally, the study suggested that the environment should be protected, promote household private food production to increase food security and reduce need of food from outside community.

Keywords: Agricultural community, Food need, Food security

คำนำ

ความหมายของความมั่นคงทางอาหาร (Food security) เริ่มต้นขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1996 จากการประชุม World Food Security and Food Summit ณ กรุงโรม ประเทศอิตาลี มีการนิยามความมั่นคงทางอาหารไว้ว่า “ความมั่นคงทางอาหารเป็นสภาวะการณ์ที่ประชาชนทั้งหลายสามารถเข้าถึงอาหารทั้งในมิติทางกายภาพ และเศรษฐกิจได้อย่างปลอดภัยพอเพียงแก่ความต้องการของร่างกายทุกเมื่อ” (FAO, 2006) สำหรับในประเทศไทย พระราชบัญญัติคณะกรรมการอาหารแห่งชาติ พ.ศ. 2551 ให้ความหมายความมั่นคงทางอาหารว่า หมายถึง การเข้าถึงอาหารที่มีอย่างเพียงพอสำหรับการบริโภค อาหารมีความปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมตามความต้องการตามวัยเพื่อการมีสุขภาพะที่ดี รวมทั้งการมีระบบการผลิตที่เกื้อหนุน รักษาความสมดุลของระบบนิเวศและความคงอยู่ของฐานทรัพยากรอาหารทางธรรมชาติของประเทศ ทั้งในภาวะปกติหรือเกิดภัยพิบัติ สาธารณภัยหรือการก่อการร้ายอันเกี่ยวเนื่องมาจากอาหาร ซึ่งความหมายตาม พรบ. นี้จะสอดคล้องกับ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (ภาณุมาศ, 2559) ความมั่นคงทางอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิต สำหรับประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการสูญเสียของทรัพยากรทางธรรมชาติและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมและการลดลงของการพึ่งตนเองในด้านอาหารของครัวเรือน รวมไปถึงการเข้าถึงและการมีอยู่ของทรัพยากรอาหารตามแหล่งธรรมชาติ ซึ่งเป็นเหตุให้ชุมชนอยู่ในสภาวะความเสี่ยงในความมั่นคงทางด้านอาหาร (ธนนชัย, 2555) การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานบางประการของครัวเรือนและสถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนบ้านควา ตำบลบ้านขาว อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ในเขตลุ่มน้ำทะเลน้อย ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) ที่มีความสำคัญ ในระดับนานาชาติ หรือ Ramsar site ดังนั้นคณะผู้ทำการศึกษาจึงคาดหวังว่าผลการศึกษานี้สามารถเป็นข้อมูลในการประเมินและเฝ้าระวัง รวมถึงการกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับความมั่นคงทางอาหารให้เกิดความยั่งยืนทั้งระบบต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แนวทางความมั่นคงทางอาหารขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO (FAO, 2006) และ สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2551) เป็นกรอบการศึกษา (Framework) โดยมีการแบ่งความมั่นคงทางอาหารออกเป็น 4 มิติ คือ การมีอาหารเพียงพอ (Food availability) การเข้าถึงอาหาร (Food access) การใช้ประโยชน์จากอาหาร (Food utilization) และ เสถียรภาพของอาหาร (Food stability) ขั้นตอนของการศึกษามีดังต่อไปนี้

1) รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากเอกสารทางวิชาการ เช่น บทความวิชาการ วิทยานิพนธ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางอาหาร จากแหล่งต่างๆ

2) ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยใช้แบบสัมภาษณ์ (Schedule interview) มีคำถามแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน และ สถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารปัจจุบันของครัวเรือน นำเครื่องมือที่ออกแบบเสร็จไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมิน IOC แล้วนำมาปรับแก้ก่อนนำไปเก็บข้อมูลในพื้นที่ชุมชนบ้านควา

3) การเก็บข้อมูลในพื้นที่: นำแบบสัมภาษณ์ที่ปรับแก้จากผู้เชี่ยวชาญมาเก็บข้อมูลในชุมชน โดยหน่วยวัดในการศึกษาคือระดับครัวเรือน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากข้อมูลครัวเรือนทั้งหมดในฐานข้อมูลประชากรขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านขาว ปี 2563 โดยที่ชุมชนบ้านความีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 460 ครัวเรือน ประกอบด้วย หมู่ 4 บ้านควา 266 ครัวเรือน และ หมู่ 5 บ้านควาตก 194 ครัวเรือน นำมาคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปออนไลน์ SurveyMonkey® (<https://www.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>) ซึ่งมีพื้นฐานวิธีการคำนวณด้วยวิธี Finite Population Correction (Cochran, 1963 อ้างถึงใน Israel, 2003) โดยกำหนด Confidence Level 95% และ

Margin of Error 7% ได้ขนาดตัวอย่างที่ 138 ตัวอย่าง เมื่อนำไปกระจายตามสัดส่วนครัวเรือน ได้ขนาดตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้านคือ หมู่ที่ 4 บ้านควา 80 ครัวเรือน และ หมู่ที่ 5 บ้านควาตก 58 ครัวเรือน การเก็บข้อมูลในพื้นที่ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีจับฉลากแบบไม่คืนที่ (บุญธรรม, 2546) ในการเก็บข้อมูล

4) การวิเคราะห์ข้อมูล: นำข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์มาคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหา ค่าความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) ร้อยละ (Percentage) รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน สถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารทั้ง 4 มิติ และแนวโน้มความต้องการอาหารของชุมชนบ้านควา

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) ข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน

ข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน พบว่าสมาชิกเฉลี่ยของแต่ละครัวเรือนคือ 3.67 ± 1.40 คน เป็นแรงงานให้กับครัวเรือนได้เฉลี่ย 2.40 ± 0.96 คน อาชีพหลักของครัวเรือนในชุมชนบ้านควาคือ การเกษตร (77.50%) มีรายได้เฉลี่ยจากอาชีพหลักครัวเรือนละ $10,635.51 \pm 8,328.14$ บาท/เดือน ในขณะที่มีรายจ่ายเฉลี่ยต่อครัวเรือนที่ $9,846.76 \pm 5,431.67$ บาท/เดือน จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าในภาพรวมแล้วครัวเรือนมีรายรับที่เพียงพอกับรายจ่าย อีกทั้งมีครัวเรือนกว่าครึ่ง (54.20%) มีอาชีพเสริม อย่างไรก็ตามครัวเรือนส่วนใหญ่ (83.80%) มีภาระหนี้สิน โดยมีหนี้สินเฉลี่ยครัวเรือนละ $682,226.89 \pm 1,158,062.68$ บาท โดยเกือบทั้งหมด (97.40% ของครัวเรือนที่มีภาระหนี้สิน) เป็นหนี้ในระบบ อาทิ ธนาคาร สหกรณ์ฯ ธกส. กลุ่มออมทรัพย์

การถือครองพื้นที่ของครัวเรือนในชุมชนบ้านความีการถือครองเฉลี่ยครัวเรือนละ 23.08 ± 20.23 ไร่ กิจกรรมทางการเกษตรที่พบมากที่สุด คือ นาข้าวและปาล์มน้ำมันอย่างละ 53 แปลงเท่ากัน รองลงมาคือ ผัก/พริก จำนวน 47 แปลง ไม้ผล/ไม้ยืนต้น/มะพร้าว จำนวน 19 แปลง สวนผสมผสาน 10 แปลง เลี้ยงสัตว์ 5 แปลง จากข้อมูลกิจกรรมทางการเกษตรจะเห็นได้ว่า จำนวนแปลงพืชเศรษฐกิจ คือ ปาล์มน้ำมัน มีจำนวนเท่ากับแปลงผลิตอาหารหลัก คือ ข้าว ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงการเกษตรที่สำคัญสามารถส่งผลถึงความมั่นคงทางอาหารได้ในอนาคต ซึ่ง ประเทศไทย และคณะ (2563) ทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการปรับตัวของกลุ่มชาวนาในจังหวัดพัทลุง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาเป็นพืชเศรษฐกิจเช่นเดียวกัน

2) สถานการณ์ความมั่นคงของอาหาร

2.1) การมีอาหารเพียงพอ (Food availability)

ครัวเรือนในชุมชนบ้านความีแหล่งอาหารที่หลากหลาย โดยในแต่ละครัวเรือนมีแหล่งอาหารมากกว่า 3 แหล่ง แบ่งเป็น แหล่งอาหารในธรรมชาติ (97.90%) สามารถผลิตอาหารได้เอง (99.30%) รวมถึงแบ่งปันอาหารกันในชุมชน และมีการซื้ออาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชนมาบริโภค โดยที่ทุกครอบครัว อาศัยการแบ่งปันอาหารที่ผลิตได้ในชุมชนผ่านการแจกจ่ายหรือซื้อขายในราคาถูก และพึ่งพาแหล่งอาหารซื้อขายที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชน แหล่งอาหารที่ผลิตเองของประชาชนในชุมชนได้มาจากพื้นที่รอบบ้าน (93.40%) และแปลงการเกษตรที่ถือครองอยู่ (86.80%) ในส่วนของแหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชน ประกอบด้วย ร้านค้าในชุมชน (97.90%) ตลาดนัดในชุมชน (99.30%) ตลาดภายนอกชุมชน (90.80%) และ ร้านค้าสมัยใหม่ อาทิ เซเว่น-อีเลฟเว่น โลตัส ฯลฯ (82.40%) จากข้อมูลจะ

เห็นได้ว่าครัวเรือนในชุมชนมีแหล่งอาหารที่หลากหลายและมีการพึ่งพากันเองในชุมชน (Table 1) สัดส่วนภาพรวมของแหล่งอาหารแต่ละแหล่งที่ครัวเรือนในชุมชนบริโภคพบว่า แหล่งอาหารที่มีสัดส่วนมากที่สุดคือ แหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชน ($35.07 \pm 19.27\%$) รองลงมาคือแหล่งอาหารที่แบ่งปันกันในชุมชน ($25.17 \pm 16.47\%$) แหล่งอาหารธรรมชาติในชุมชน ($19.92 \pm 14.16\%$) และแหล่งอาหารผลิตเอง ($19.96 \pm 14.27\%$) พบในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน (Table 2) แหล่งอาหารที่สำคัญของชุมชนบ้านควาคือแหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกชุมชน แต่เมื่อคิดรวมแหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดในชุมชนทั้ง 3 แหล่ง คือ จากธรรมชาติ, ผลิตเอง และแบ่งปันกันในชุมชน ยังคงมีสัดส่วนเกิน 50% และมากกว่าสัดส่วนของแหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชน

Table 1 Food sources for family in the community

Type of family's food source	Yes (%)	No (%)
1) Food from natural (such as forest, public land, public lake, etc.)	97.90	2.10
2) Private food production	99.30	0.70
2.1) Area around house	93.40	6.60
2.2) Own agricultural land	86.80	13.20
3) Community food production (sharing or selling in community)	100.00	0.00
4) Food from outside community	100.00	0.00
4.1) Grocery store in community	97.90	2.10
4.2) Weekly market in community	99.30	0.70
4.3) Market outside community	90.80	9.20
4.4) Modern convenience store (7-11 store, Tesco-lotus, etc.)	82.40	17.60

Table 2 Food source proportion in the community

Food source	Mean of % \pm SD
Food from natural	19.92 ± 14.16
Private food production	19.96 ± 14.27
Community food production (Sharing/Selling in community)	25.17 ± 16.47
Food from outside community	35.07 ± 19.27

2.2) การเข้าถึงอาหาร (Food access)

ครัวเรือนในชุมชนบ้านควาจะระบุถึงสิทธิในการเข้าถึงแหล่งอาหารในธรรมชาติว่าตนเองมีสิทธิในแหล่งอาหารนั้น 92.30% และทั้งหมดทราบว่าในชุมชนมีการแบ่งปันอาหารภายในชุมชนผ่านการแจกจ่ายและซื้อ-ขายกันในราคาไม่แพง ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของครัวเรือนในชุมชนบ้านควาสำหรับการซื้ออาหารและน้ำดื่มเฉลี่ยเป็นเงิน $5,102.16 \pm 2,588.55$ บาท/เดือน โดยกลุ่มอาหารที่มีการใช้จ่ายมากที่สุด คือกลุ่มเนื้อสัตว์, ไข่, นม เป็นเงิน $1,704.49 \pm 1,160.03$ บาท/เดือน ในขณะที่รายจ่ายของผักและผลไม้มีได้สูงมากนัก (654.23 ± 620.76 บาท/เดือน) อาจจะมีพิจารณาได้ว่าชุมชนบ้านควานี้เป็นชุมชนการเกษตรจึงสามารถผลิตอาหารกลุ่มนี้เพื่อการบริโภคในชุมชนได้ผ่านการผลิตด้วยตนเองรวมถึงแจกจ่ายหรือซื้อขาย

ตนเองในชุมชน นอกจากค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารแล้ว ครัวเรือนส่วนใหญ่ยังค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการผลิตอาหารเองของ ครัวเรือนมีมูลค่า 1,451.15±783.03 บาทต่อปี ซึ่งประมาณการจากมูลค่าเมล็ดพันธุ์ อุปกรณ์การเกษตร สารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตอาหารบริโภคในครัวเรือน

2.3) การใช้ประโยชน์จากอาหาร (Food utilization)

ครัวเรือนในชุมชนบ้านควาส่วนใหญ่ (90.10%) รับประทานอาหารวันละ 3 มื้อ ในขณะที่ส่วนน้อย (9.90%) รับประทานอาหารวันละ 2 มื้อ ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าครัวเรือนส่วนใหญ่รับประทานครบ 3 มื้อตามมาตรฐาน และมีส่วนน้อยที่รับประทานอาหารเพียง 2 มื้อ และไม่มีครอบครัวใดรับประทานอาหารน้อยกว่า 2 มื้อ/วัน อาการเจ็บป่วยที่สงสัยว่าเกิดจากการรับประทานอาหารและน้ำดื่ม พบว่าในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา (กรกฎาคม 2562 – มิถุนายน 2563) ครัวเรือนส่วนน้อย (12.00%) มีอาการป่วยที่สงสัยว่าเกิดจากการบริโภคอาหารหรือน้ำดื่ม อย่างไรก็ตามครัวเรือนส่วนใหญ่ (88.00%) ไม่มีอาการป่วยที่สงสัยว่าเกิดจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่ม ดังนั้นจากข้อมูลการเจ็บป่วยที่สงสัยว่าเกิดจากการบริโภคอาหารและน้ำดื่มแสดงให้เห็นว่าอาหารและน้ำดื่มในชุมชนบ้านความีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค สำหรับการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากสุขลักษณะของแต่ละครัวเรือนหรือการปนเปื้อนของอาหารและน้ำดื่มโดยเหตุสุดวิสัย นอกจากนี้อาการเจ็บป่วยเรื้อรังที่อาจมีผลเกี่ยวข้องกับอาหารเป็นประเด็นการศึกษาหนึ่งถึงการใช้จ่ายประโยชน์จากอาหารของชุมชนบ้านควา โดยพิจารณาถึงกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือ NCDs ที่มีความเกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหาร (นันทกร, 2562) โดยเก็บข้อมูลครัวเรือนที่สมาชิกป่วยเป็นโรคความดันโลหิต โรคเบาหวาน โรคไต โรคหัวใจ โรคเกาต์ และโรคอื่นๆ ที่อาจเกี่ยวข้องกับอาหาร ซึ่งผลการศึกษาพบว่า โรคที่พบบ่อยที่สุดคือ โรคความดันโลหิตสูง/ต่ำ 19.00% รองลงมาคือโรคเบาหวาน 8.50% และโรคไขมันในเลือดสูง 7.75% เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของประชากรในประเทศไทยที่ป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงที่ 24.70% (กลุ่มพัฒนาระบบสาธารณสุข, ม.ป.ป.) พบว่าในชุมชนบ้านความีแนวโน้มประชาชนในชุมชนป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ

2.4) การมีเสถียรภาพของอาหาร (Food stability)

2.4.1) ผลกระทบของภัยธรรมชาติต่อปริมาณและคุณภาพของอาหารที่บริโภคในครัวเรือน พบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่ (78.20%) ได้รับความกระทบด้านเสถียรภาพของอาหารจากภัยธรรมชาติ ในขณะที่ส่วนน้อย (21.80%) ระบุว่าไม่ได้รับผลกระทบนี้ โดยผลกระทบจากภัยธรรมชาตินี้แบ่งเป็น อาหารไม่เพียงพอกับการบริโภค 91.90% อาหารไม่มีคุณภาพ 88.30% และ อาหารมีราคาแพง 97.30% (Table 3) จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า อาหารมีราคาแพงจะเป็นผลกระทบที่สำคัญในพื้นที่ชุมชนช่วงเวลาเกิดภัยธรรมชาติ ซึ่งภัยธรรมชาติของชุมชนจากการพูดคุยกับผู้นำชุมชนคือ น้ำท่วมในช่วงฤดูฝนเนื่องจากพื้นที่ของชุมชนบ้านควาอยู่กึ่งกลางระหว่างลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและลุ่มน้ำปากพนังทำให้ชุมชนได้รับผลกระทบจากทั้ง 2 ลุ่มน้ำ ในช่วงที่ชุมชนประสบปัญหาน้ำท่วมอาจจะส่งผลให้อาหารมีราคาแพงเนื่องจากปัญหาด้านการขนส่ง ซึ่งจากผลการศึกษา ข้อ 2.1) แสดงให้เห็นว่าชุมชนบ้านควาพึ่งพาอาหารจากภายนอกชุมชนถึง 35.07% ของอาหารที่บริโภคในครัวเรือน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันระหว่างสัดส่วนความต้องการอาหารจากนอกชุมชนและผลกระทบเมื่อเกิดภัยธรรมชาติ

Table 3 Natural disaster affected to food quantity and quality for family

Type of effect	Affected (%)	Not affected (%)
Food scarcity	91.90	8.10
Low food quality	88.30	11.70
Food is too expensive	97.30	2.70

2.4.2) ผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ถือครองที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งผลิตอาหาร: ครั้วเรือนในชุมชนกว่าครึ่ง (62.70%) ระบุว่าได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ถือครองที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหาร ในขณะที่กว่า 1 ใน 3 (37.30%) ระบุว่าสภาพแวดล้อมในพื้นที่ถือครองไม่เสื่อมโทรม ซึ่งลักษณะความเสื่อมโทรมในพื้นที่ถือครองของครั้วเรือนในชุมชนที่พบในการศึกษาประกอบด้วย ดินเสื่อมคุณภาพ 83.30% น้ำไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรและบริโภค 91.10% มีศัตรูพืชรบกวนรวมถึงโรครบาดในสัตว์น้ำและปศุสัตว์ 95.60% (Table 4) ผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ถือครองที่สำคัญจากการศึกษา คือศัตรูพืช โรครบาดในสัตว์น้ำและปศุสัตว์ ที่พบถึง 95.60% ของครั้วเรือนที่ได้รับผลกระทบด้านความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ถือครอง ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้กับประชาชนถึงการจัดการปัญหาศัตรูพืชและโรครบาดในสัตว์น้ำและปศุสัตว์ รวมถึงสนับสนุนปัจจัยการผลิตที่สำคัญ อาทิ พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ที่ต้านทานต่อโรค ยารักษาสัตว์ที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนสามารถผลิตอาหารที่ปลอดภัยและพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น อันจะช่วยให้ลดการพึ่งพาอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชนได้

Table 4 Environmental degradations in own land affected to family food production

Type of environmental degradation	Degraded (%)	Not degraded (%)
Soil degradation	83.30	16.70
Lack of water for agriculture and consumption	91.10	8.90
Pest and disease in aquaculture/livestock	95.60	4.40

3) ความต้องการอาหาร

แนวโน้มความต้องการอาหารจากแหล่งต่างๆ ของครั้วเรือนในชุมชนบ้านควา พบว่าครั้วเรือนส่วนมาก(47.50%) มีความต้องการอาหารจากแหล่งธรรมชาติลดลง ในขณะที่ครั้วเรือนส่วนใหญ่ (52.8%) มีแนวโน้มต้องการอาหารจากแหล่งอาหารผลิตเองมากขึ้น ในส่วนของแหล่งอาหารที่ผลิตในชุมชน ผ่านการแจกจ่ายหรือซื้อขายในราคาไม่แพงครั้วเรือนส่วนมาก (48.9%) มีความต้องการเท่าเดิม อย่างไรก็ตามแหล่งอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกชุมชนครั้วเรือนส่วนใหญ่ในชุมชน (84.4%) มีแนวโน้มต้องการมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับสัดส่วนของแหล่งอาหารที่ประชาชนบริโภคในครอบครัว (หัวข้อ 2.1) ที่แหล่งอาหารจากภายนอกชุมชนมีสัดส่วนมากที่สุดอยู่แล้ว (35.07%) อาจจะทำให้ในอนาคตชุมชนบ้านควาพึ่งพาอาหารที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกชุมชนมากขึ้นและส่งผลถึงความมั่นคงในอาหารของชุมชนในอนาคตได้ สำหรับรายละเอียดของแนวโน้มความต้องการอาหารจากแหล่งต่างๆ แสดงดัง Table 5

Table 5 Trend of food needed from each source

Food source	Trend of need (%)		
	Decrease	Be the same	Increase
Food from natural	47.50	25.50	27.00
Private food production	12.00	35.20	52.80
Community food production (Sharing/Selling in community)	30.50	48.90	20.60
Food from outside community	3.50	12.10	84.40

สรุป

ชุมชนบ้านควาเป็นชุมชนการเกษตรที่ปัจจุบันมีการเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตรจากเดิมที่ผลิตพืชอาหารมาเป็นพืชเศรษฐกิจมากขึ้น ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน แต่ส่วนใหญ่ยังคงเป็นพืชอาหาร ชุมชนมีการพึ่งพาแหล่งอาหารที่หลากหลาย ทั้งแหล่งอาหารในธรรมชาติที่สามารถหาบริโภคได้ แหล่งผลิตในชุมชนทั้งที่ผลิตเองและมีการแจกจ่าย ชื้อขายในชุมชน แหล่งอาหารที่มีต้นกำเนิดจากภายนอกชุมชนที่มีช่องทางจำหน่ายที่หลากหลายและเพียงพอกับความต้องการ อาหารและน้ำดื่มที่ครัวเรือนบริโภคมีความปลอดภัย อย่างไรก็ตามประชาชนในชุมชนทราบว่าภัยธรรมชาติและความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของแหล่งอาหารต่างๆ ของชุมชน ในประเด็นความต้องการอาหาร ชุมชนมีแนวโน้มต้องการอาหารที่ผลิตเองและจากภายนอกชุมชนเพิ่มมากขึ้น ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ เอกชน และภาคประชาสังคมควรช่วยกันให้ความรู้ และสนับสนุนปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในการผลิตอาหารด้วยตนเอง รวมถึงการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมให้ดียิ่งขึ้น อาทิ การบำรุงแหล่งน้ำธรรมชาติ คุ คลอง สาธารณะ ทะเลสาบสงขลา มีการปล่อยพันธุ์สัตว์น้ำ รวมถึงการควบคุมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้ถูกกฎหมายและเหมาะสม เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารของชุมชน และช่วยลดความต้องการอาหารจากภายนอกชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาคั้งนี้ และขอขอบคุณผู้นำชุมชนและประชาชนในชุมชนบ้านควาที่เอื้อเฟื้อและช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลในการศึกษาคั้งนี้จนเสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มพัฒนาระบบสาธารณสุข. ม.ป.ป. ประเด็นสาธารณสุขวันความดันโลหิตสูงโลก ปี 2561. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. http://www.thaincd.com /document/file/info/non-communicable-disease/ประเด็นสารวันความดันโลหิตสูง_61.pdf, 19 มิถุนายน 2563.
- ธันนชัย มุ่งจิต. 2555. แนวทางการเสริมสร้างศักยภาพด้านความมั่นคงทางอาหารบ้านแม่สุริน อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.
- นันทกร ทองแดง. 2562. โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (โรค NCDs). คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล. <https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1371>, 10 มิถุนายน 2563.
- บุญธรรม จิตต์อนันต์. 2546. การวิจัยทางสังคมศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พรไทย ศิริสาธิตกิจ, ชลลดา แสงมณี ศิริสาธิตกิจ, ฐากร สิทธิโชค. 2563. การศึกษาการรวมกลุ่มของชาวนาพัทลุงเพื่อพัฒนารูปแบบการปรับตัว ท่ามกลางสถานการณ์สวนยางพาราและสวนปาล์มน้ำมันรูกนา. วารสารวิชาการวิทยาลัยบริหารศาสตร์ 3(4): 50–65.

ภาณุมาศ สุนทรวิจิตร. 2559. ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนคลองแดน กรณีศึกษาตำบลคลองแดน อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2551. ยุทธศาสตร์ประเทศไทยเพื่อความมั่นคงด้านอาหารและพลังงาน. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการประจำปี 2551. โรงแรมแอมบาสซาเดอริชตี จอมเทียน จังหวัดชลบุรี.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. Food security. Policy Brief June 2006 Issue 2.

http://www.fao.org/fileadmin/templates/faoitally/documents/pdf/pdf_Food_Security_Cocept_Note.pdf, 17 March 2020.

Israel, G.D. 2003. Determining sample size. PEOD 6, University of Florida. <https://bit.ly/3lufgzM>, 10 October 2021.

แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรตำบลพระพุทธรบาท อำเภอสรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

Achievement motivation in *Apis cerana* beekeeping of beekeeper of Phraphutthabat Sub-district, Si Chiang Mai District, Nong Khai Province

สุพีระ วรแสน^๑, จิราธร บึงลี^๑, อุดม กุศล^๒, นิสารัตน์ ทิพยดารา^{๑*}

Supeera Worasaen^๑, Jirathorn Buenglee^๑, Udom Kuson^๒, Nisaratt Tippyadara^{๑*}

^๑คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย หนองคาย 43000

^๒สำนักงานสหกรณ์จังหวัดหนองคาย กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หนองคาย 43000

^๑Faculty of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University Nong Khai Campus, Nong Khai 43000, Thailand

^๒Nong Khai Provincial Cooperative Office, Department of Cooperative Extension, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Nong Khai 43000, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: nisati@kku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาระดับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 40 คน เป็นเวลา 12 เดือน โดยใช้แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและไคสแควร์ พบว่า เกษตรกรมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เฉลี่ยโดยรวม 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด พิจารณารายด้านเรียงจากมากไปน้อย ด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง ความมีเอกลักษณ์ ทักษะในการจัดระบบงาน ความกระตือรือร้น ความกล้าเสี่ยงและการตัดสินใจ ค่าเฉลี่ยคือ 4.75, 4.65, 4.61, 4.56, 4.54 และ 4.51 ตามลำดับ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้านความกล้าเสี่ยง การตัดสินใจ และทักษะในการจัดระบบงานขึ้นอยู่กับเพศ ($p < 0.05$) ส่วนความรับผิดชอบต่อตนเอง และความมีเอกลักษณ์ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ และความกระตือรือร้นไม่ขึ้นอยู่กับเพศและประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: เกษตรกร, การเลี้ยงผึ้ง, ผึ้งโพรง, แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

Abstract

This research aims to study the level of achievement motivation and the relationship between personal factors and achievement motivation level in *Apis cerana* beekeeping of beekeepers who are members of the Phraphutthabat Sub-district Beekeeping Cooperative Ltd. The sample of 40 people were collected for 12 months using the achievement motivation questionnaire. Data were analyzed with descriptive statistics and chi-squares. It was found that the beekeepers had an overall average of 4.60 at the highest level. Considering each aspect in descending order, self-responsibility, unique characteristic, work organization skills, enthusiasm, risk taking and decision, averages were 4.75, 4.65, 4.61, 4.56, 4.54 and 4.51, respectively. The relationship analysis revealed that achievement motivation risk taking, decision and work organization skills depended on gender ($p < 0.05$). Self-responsibility and unique characteristic independent of gender and enthusiasm independent of gender and beekeeping experience ($p > 0.05$).

Keywords: Achievement motivation, *Apis cerana*, Beekeeper, Beekeeping

คำนำ

ผึ้งเป็นแมลงที่มีประโยชน์แก่มนุษย์ ทั้งในด้านช่วยเพิ่มผลผลิตของพืชผลทางการเกษตร เป็นแมลงที่ช่วยผสมเกสรให้พืชได้ดี ทำให้มนุษย์มีอาหารกินและสร้างรายได้ (ปิยะมาศ, 2551) ในสภาพธรรมชาติเมื่อพื้นที่ป่าลดลงและมีการเกิดไฟป่าขึ้นทำให้มีการเผาทำลายผึ้งด้วย ดังนั้นเพื่อให้ได้น้ำผึ้งเพียงพอกับความต้องการ จำเป็นต้องมีการเริ่มเรียนรู้เรื่องผึ้งและการทดลองเลี้ยงผึ้งขึ้น ซึ่งผึ้งโพรง (*Apis cerana*) เป็นตัวเลือกที่นำมาเลี้ยงมากที่สุดเพราะเป็นผึ้งพื้นเมือง (native species) มีการกระจายอยู่เกือบทั่วทุกประเทศในทวีปเอเชีย ในประเทศไทยนิยมเลี้ยงมากในพื้นที่ภาคใต้เพราะมีสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศเหมาะสม และมีพืชอาหารเพียงพอต่อการเลี้ยง (Wongsiri and Tangkanasing, 1986) สาเหตุที่พืชอาหารมีความสำคัญกับการเลี้ยงผึ้งเป็นอย่างมากเนื่องจากพืชมีน้ำหวาน (nectar) และเกสร (pollen) จากดอกไม้ น้ำหวานและเกสรนี้เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งโปรตีนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของผึ้งและตัวอ่อนภายในรัง (Herbert, 1976) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเลี้ยงผึ้งโพรง ได้แก่ (1) น้ำผึ้ง เป็นผลผลิตของน้ำหวานจากดอกไม้ และจากแหล่งน้ำหวานอื่นๆ เช่น น้ำหวานจากเปลือย ที่ผึ้งไปเก็บมา และผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกายภาพบางประการแล้วสะสมไว้ในรังผึ้ง (2) เกสร คือ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของดอกไม้ที่ผึ้งไปเก็บรวบรวม โดยวิธีการเข้าไปคลุกเคล้ากับอับเกสร ให้เกสรติดตามตัว และใช้ขาปิดเชื่อมรวมกันเป็นก้อน ติดไว้ที่ขาหลัง บริเวณอวัยวะที่เรียกว่า “ตะกร้าเก็บเกสร” และนำกลับมาเก็บรังผึ้ง เพื่อใช้เป็นอาหารประเภทโปรตีน สำหรับประชากรในรัง และโดยเฉพาะใช้เลี้ยงตัวอ่อน และ (3) ไขผึ้ง จัดเป็นไขสัตว์ ไขผึ้งแท้บริสุทธิ์ต้องได้มาจากรวงรังผึ้งเท่านั้น ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดผสมกัน โดยผลิตออกมาจากต่อมผลิตไขผึ้ง ที่อยู่บริเวณด้านล่างส่วนท้องของผึ้ง (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15, 2564)

เกษตรกรในตำบลพระพุทธรบาท อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ได้จัดทะเบียนเป็นสหกรณ์เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2564 ในชื่อ “สหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด” ในระยะแรกตั้งมีสมาชิกรวม 34 คน ถือหุ้นจำนวน 630 หุ้น เป็นเงินค่าหุ้นมูลค่า 6,300 บาท (หกพันสามร้อยบาทถ้วน) เพื่อเพิ่มผลผลิตและเพิ่มมูลค่าให้กับเกษตรเลี้ยงผึ้งโพรงป่า ในปัจจุบันมีสมาชิกทั้งหมด 44 คน แต่เดิมชาวบ้านได้รวมกลุ่มเลี้ยงผึ้งโพรงป่าแบบธรรมชาติมานานกว่า 3 ปี ซึ่งคุณอาโน ร่มเย็น ที่เป็นประธานกลุ่มสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ร่วมกับสมาชิก ได้ทำการศึกษาและทดลองหาวิธีการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าในพื้นที่ตำบลพระพุทธรบาท อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย จนประสบความสำเร็จ และได้ถ่ายทอดความรู้ให้กับชาวบ้านที่สนใจอยากจะทำเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมสร้างรายได้ การเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด จะเลี้ยงแบบวิถีธรรมชาติหรือเลียนแบบธรรมชาติ โดยการสร้างกล่องไม้ไม่จำกัดขนาดเพื่อเป็นรังผึ้ง แต่ส่วนใหญ่จะมีขนาดกว้าง 35 ซม. ยาว 50 ซม. และสูง 40 ซม. เจาะรูขนาดเล็กบริเวณด้านล่างกึ่งกลางด้านที่เป็นความกว้างของกล่อง ด้านบนกล่องจะเป็นฝาปิดเป็น ส่วนที่ผึ้งที่ทำรัง ที่สามารถปิด-เปิดได้ ผึ้งโพรงป่าจะถูกล่อเข้ามาทำรังในกล่องไม้นี้ ถูกล่อผึ้งเข้ากล่องที่เลี้ยงจะเริ่มตั้งแต่นั้นเดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป และในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงที่ผึ้งจะเข้ากล่องไม้ที่จะใช้เลี้ยงดีที่สุดและยังเป็นช่วงที่ผึ้งจะแยกไปตามกล่องไม้ได้มากที่สุด คือ จาก 1 กล่อง แยกเพิ่มเป็น 6 กล่อง จากนั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนถือเป็นเดือนห้ำจะเป็นช่วงเก็บน้ำผึ้งที่มีคุณภาพดีที่สุด หลังเก็บน้ำผึ้งเสร็จแล้วก็จะปล่อยผึ้งคืนสู่ป่าเพราะในช่วงฤดูฝนจะไม่ค่อยมีเกสรดอกไม้ที่ถือเป็นอาหารของผึ้ง หากยังเลี้ยงไว้ผึ้งจะตาย ดังนั้นจึงให้ผึ้งกลับไปอยู่ในธรรมชาติในช่วงนั้นก่อนช่วงเดือนพฤศจิกายน แม้ว่าว่าจะไม่มีการนำกล่องไม้ที่จะใช้เลี้ยงไปปล่อย ผึ้งที่เคยเลี้ยงก็จะกลับมาที่กล่องไม้เอง เป็นวัฏจักรเช่นนี้ทุกปี (สำนักงานสหกรณ์จังหวัดหนองคาย, 2564)

จากการสัมภาษณ์คุณอาโน ร่มเย็นและกรรมการสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ในวันที่ประชุมใหญ่สามัญประจำปี 2546 ของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด เมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2546 เกี่ยวกับปัญหาในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า พบว่าปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือการเลี้ยงและการขยายรัง ซึ่งหมายถึงการเพิ่ม

ศักยภาพการผลิตน้ำผึ้งให้ทันและเพียงพอกับความต้องการของตลาด ดังนั้นการนำทฤษฎีเกี่ยวกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์มาเป็นแรงขับเคลื่อนที่บุคคลให้มีความพยายามที่จะดำเนินกิจกรรมให้ประสบ ความสำเร็จตามจุดประสงค์ที่วางไว้ และเป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาจะใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ตามแนวทางของ McClelland มีความสำคัญต่อการศึกษาเรื่องแรงจูงใจมาก เพราะเขาคิดว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะช่วยสอนให้บุคคลรู้จักความสำเร็จและความล้มเหลว และยังช่วยให้คิดว่าบุคคลควรจะทำงานในระดับที่เหมาะสมกับตนเอง จึงจะช่วย ให้ ประสบผลสำเร็จ นอกจากนี้ McClelland ยังเชื่อว่าทฤษฎีของเขาสามารถนำไปใช้เพื่อฝึกบุคคลให้รู้จักคิดและแสดงออก เพื่อให้ เกิดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ได้ และสามารถนำไปใช้ได้ดีกับบุคคลที่มีสัมฤทธิ์ผลในการทำงานต่างๆ ได้ดีอีกด้วย แรงจูงใจนี้เป็น องค์ประกอบที่ผลักดันให้บุคคลมีความรับผิดชอบมากขึ้น และมีความต้องการความสำเร็จสูงขึ้น ลักษณะของคนที่มีความจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะเป็นคนที่มีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะรับภาระหรือความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน ไม่ชอบเกี่ยงงาน จะค้นหาว่าปัญหาจะถูกแก้ได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ตั้งเป้าหมายไว้สูงกว่าปกติและชอบเสี่ยงกับเป้าหมายในระดับที่เป็นไปได้หรือสถานการณ์ที่ท้าทาย ตลอดจนต้องการข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เกี่ยวกับผลการปฏิบัติงานของตน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะทำให้บุคคลในอาชีพประสบความสำเร็จในชีวิตหรือหน้าที่การงานนั้น เกิดจากความ ต้องการที่จะประสบผลสำเร็จในงานที่ทำบุคคลที่มีความต้องการประสบความสำเร็จ จะมีความพยายามที่จะเอาชนะอุปสรรคต่างๆ เมื่อสามารถเอาชนะก็จะประสบความสำเร็จ จะมีความสบายใจหรือภูมิใจ ถ้าหากไม่สำเร็จก็จะรู้สึกวิตกกังวล (McClelland, 1985) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาระดับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับระดับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด

วิธีดำเนินการศึกษา

รูปแบบการศึกษา

เป็นการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย แบบสอบถามแบบปลายเปิดเป็นหลัก ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 12 เดือน (ธันวาคม 2563 - พฤศจิกายน 2564)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด อำเภอศรีเชียงใหม่ จำนวน 40 ราย จาก ประชากรเป้าหมาย 44 ราย โดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ที่แสดงในรายงานสมาชิกเข้าใหม่-ลาออก สำหรับปีบัญชีสิ้นสุดวันที่ 31 กรกฎาคม 2564 (สำนักงานสหกรณ์จังหวัดหนองคาย, 2564)

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. แบบสอบถามแบบปลายเปิดเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ได้แก่ เพศ วุฒิการศึกษา และประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า รวม 3 ข้อ
2. แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า (Achievement Motivation) ประกอบด้วย 6 ด้าน คือ (1) ความกล้าเสี่ยง (Risk taking) จำนวน 6 ข้อ (2) ความกระตือรือร้น (enthusiasm) จำนวน 7 ข้อ

(3) ความรับผิดชอบต่อตนเอง (Self-responsibility) จำนวน 7 ข้อ (4) ความต้องการทราบผลการตัดสินใจ (Decisions) จำนวน 8 ข้อ (5) ทักษะในการจัดระบบงาน (Work organization skills) จำนวน 6 ข้อ และ (6) ความมีเอกลักษณ์ (Unique Characteristic) จำนวน 6 ข้อ รวมจำนวน 40 ข้อ เป็นแบบสอบถามแบบปลายปิด (close end) กำหนดให้ผู้ตอบเลือกได้คำตอบเดียว ลักษณะของแบบสอบถามเป็นคำถามชนิดจัดอันดับคุณภาพ ตามแนวคิดของลิเคอร์ท (Likert) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ มีคะแนน 5 ถึง 1 คือ เห็นด้วยมากที่สุดเห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด และมีเกณฑ์การแปลผล 5 ระดับ คือ ระดับสูงมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.50–5.00) ระดับสูง (คะแนนเฉลี่ย 3.50–4.49) ระดับปานกลาง (คะแนนเฉลี่ย 2.50–3.49) ระดับต่ำ (คะแนนเฉลี่ย 1.50–2.49) และระดับต่ำมาก (คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.49) พัฒนาปรับปรุงมาจากแบบสอบถามของ ดร.ชนัน จิตคำพร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่อ้างอิงแนวคิดของ McClelland (1961) มีระดับการวัดแบบอันตรภาค (Interval Scale) ตามวิธีของ จตุภูมิ (2555) ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC: Index of Item Objective Congruence) และทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability Test) โดยทำการแจกกับกลุ่มเกษตรกรกลุ่มผู้เลี้ยงปลาอำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย จำนวน 30 ชุด มีค่าครอนบาร์คแอลฟา (Cronbach's Alpha Analysis Test) ที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94 ซึ่งมีค่าเกินกว่า 0.700 หมายถึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาได้ (กัลยา, 2546)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ข้อมูลด้านสมาชิกของสหกรณ์จากสำนักงานสหกรณ์จังหวัดหนองคาย และข้อมูลด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า โดยใช้แบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา แสดงผลเป็นค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย และใช้สถิติเชิงอนุมานเปรียบเทียบความแตกต่างของเพศ และประสบการณ์การเลี้ยงผึ้งโพรงป่ากับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ใช้วิธีการทดสอบสถิติวิธีไคสแควร์ (Chi-square) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด จำนวน 44 คน แต่สามารถเก็บข้อมูลได้ 40 คน คิดเป็นร้อยละ 90.9 เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 90.0 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 10.0 มีระดับการศึกษาก่อนปริญญาตรี และสูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 97.5 และ 2.5 ตามลำดับ เกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงน้อยกว่า 1 ปี คิดเป็นร้อยละ 7.5 มีประสบการณ์ในการเลี้ยงอยู่ในช่วง 1–3 ปี คิดเป็นร้อยละ 17.5 มีประสบการณ์ในการเลี้ยงอยู่ในช่วง 3–5 ปี คิดเป็นร้อยละ 72.5 และมีประสบการณ์ในการเลี้ยงมากกว่า 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.5 ดัง Table 1

Table 1 Baseline Characteristics (n = 40)

Characteristics	Frequency (Percent)
1. Gender	
1.1 Male	36 (90.0)
1.2 Female	4 (10.0)
2. Education level	
2.1 Before bachelor's degree	39 (97.5)
2.2 Bachelor's degree	0
2.3 higher bachelor's degree	1 (2.5)
3. Experience	
3.1 < 1 year	3 (7.5)
3.2 1 to 3 years	7 (17.5)
3.3 3 to 5 years	29 (72.5)
3.4 > 5 years	1 (2.5)

ผลการประเมินแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด พบว่า มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง (Individual Responsibility) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.75 อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านความมีเอกลักษณ์ (Unique Characteristic) มีค่าเฉลี่ย 4.65 อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านทักษะในการจัดระบบงาน (Work organization skills) มีค่าเฉลี่ย 4.61 อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความกระตือรือร้น (Enthusiasm) มีค่าเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความกล้าเสี่ยง (Moderate risk taking) มีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจ (Decisions) มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 4.51 อยู่ในระดับมาก ดัง Table 2

Table 2 Results Analysis Description (n = 40)

Items	Mean	Category
1. Risk taking	4.54	Very High
2. Enthusiasm	4.56	Very High
3. Self-Responsibility	4.75	Very High
4. Decisions	4.51	High
5. Work organization skills	4.61	Very High
6. Unique Characteristic	4.65	Very High
Mean total	4.60	Very High

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด พบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในด้านความกล้าเสี่ยง ด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจ และด้านทักษะในการจัดระบบงานขึ้นอยู่กับเพศ ($p < 0.05$) ส่วนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้านความกระตือรือร้น ด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง และด้านความมีเอกลักษณ์ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ ($p > 0.05$) ดัง Table 3

Table 3 Frequency and result of Chi-square test of achievement motivation with gender

Items	Frequency		Asymp. Sig. (2-sided)
	Males	Female	
1. Risk taking			0.036*
Very High	23	0	
High	12	4	
Moderate	1	0	
2. Enthusiasm			0.793
Very High	21	3	
High	14	1	
Moderate	1	0	
3. Self-Responsibility			0.744
Very High	27	3	
High	9	1	
4. Decisions			0.000*
Very High	20	1	
High	16	1	
Moderate	0	2	
5. Work organization skills			0.042*
Very High	29	1	
High	7	3	
6. Unique Characteristic			0.840
Very High	22	3	
High	13	1	
Moderate	1	0	

Note: * $p < 0.05$.

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่ากับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด พบว่า ประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่ามีความสัมพันธ์กับด้านความกล้าเสี่ยง ด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง ด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจ ด้านทักษะในการจัดระบบงาน และด้านความมีเอกลักษณ์ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า ($p < 0.05$) ส่วนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้านความกระตือรือร้นไม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า ($p > 0.05$) ดัง Table 4

Table 4 Frequency and result of Chi-square test of achievement motivation with experience

Items	Frequency				Asymp. Sig. (2-sided)
	< 1 year	1 to 3 years	3 to 5 years	> 5 years	
1. Risk taking					0.002*
Very High	0	0	22	1	
High	3	6	7	0	
Moderate	0	1	0	0	
2. enthusiasm					0.100
Very High	0	4	19	1	
High	3	2	10	0	
Moderate	0	1	0	0	
3. Self-Responsibility					0.001*
Very High	0	3	26	1	
High	3	4	3	0	
4. Decisions					0.005*
Very High	0	0	20	1	
High	3	7	7	0	
Moderate	0	0	2	0	
5. Work organization skills					0.006*
Very High	0	4	25	1	
High	3	3	4	0	
6. Unique Characteristic					0.002*
Very High	0	2	22	1	
High	2	5	7	0	
Moderate	1	0	0	0	

Note: * $p < 0.05$.

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาถึงแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ใช้แนวคิดของ McClelland (1961) พบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเกษตรกรอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.60 โดยที่ไม่มีเกษตรกรคนใดมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในระดับต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของโสภณ (2536) ได้ศึกษาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อในลักษณะที่มีสัญญาผูกพันประเภทประกันราคา ในภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ประกอบด้วยจังหวัดลพบุรี สิงห์บุรี ช่างทอง เพชรบูรณ์ ชัยภูมิ และปราจีนบุรี จำนวน 102 คน พบว่า มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 75.49 ของผู้ตอบแนวคำถามสัมภาษณ์ทั้งหมด (102 คน) ซึ่ง McClelland (1961) ยังกล่าวไว้ว่าแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ยังเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในทางจิตวิทยาว่า บุคคลนั้นจะเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวในอนาคต กล่าวคือผู้ที่ทำงานได้อย่างประสบความสำเร็จจะต้องมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูง ความสำเร็จของงานจะกระทำได้โดยกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นสำคัญ เมื่อแต่ละบุคคลมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์สูงก็จะสามารถปฏิบัติสิ่งต่างๆ ได้สำเร็จและช่วยให้ผลการปฏิบัติงานที่ได้ ออกมามีประสิทธิผล เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่า ตำบลพระพุทธรบาท จำกัด พบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ด้านความกล้าเสี่ยง ด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจ และด้านทักษะในการจัดระบบงานขึ้นอยู่กับเพศ สอดคล้องกับการศึกษาของ Liu and Zhu (2009) ได้ศึกษาและวิเคราะห์แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนมัธยมปลาย 278 คน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนมัธยมปลายกับเพศมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในเพศชายมีสูงกว่าเพศหญิง

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่า ตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ด้านความกล้าเสี่ยง ด้านความรับผิดชอบ ด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจ ด้านทักษะในการจัดระบบงาน และด้านความมีเอกลักษณ์ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ ชนิกันต์ (2559) พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาตกเชิงพาณิชย์ในจังหวัดปทุมธานีที่มีทักษะและประสบการณ์ 1-10 ปี มีความพร้อมเฉลี่ยด้านวุฒิภาวะมาก เนื่องจากเป็นเกษตรกรกลุ่มดังกล่าวเป็นคนรุ่นใหม่เข้ามาสืบทอดกิจการต่อจากคุณแม่ หรือเพิ่งเริ่มเลี้ยงปลาตกได้ไม่นาน จึงมีความสนใจใฝ่รู้วิทยาการใหม่ๆ เพิ่มเติมอยู่เสมอ กลุ่มเกษตรกรที่มีประสบการณ์มากจะมีความพร้อมในการจัดการฟาร์มที่สูงด้วยเนื่องจากมีการเรียนรู้และฝึกฝนทักษะต่างๆ อยู่เป็นประจำ จึงมีความมั่นใจสูงที่จะนำสิ่งต่างๆ ที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้นำไปสู่การปฏิบัติจริง

ส่วนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าของเกษตรกรสมาชิกสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด ด้านความกระตือรือร้นไม่ขึ้นกับประสบการณ์ เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งโพรงป่าโดยส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 40 ปี ถึงวัยเกษียณ อาจเกี่ยวข้องกับความมานะอดทนที่ต้องการทำสิ่งที่ท้าทายให้ประสบความสำเร็จเพื่อต้องการการยอมรับจากชุมชน สังคม การมีรายได้ที่สูงและการมีหนี้สินที่น้อย สอดคล้องกับแนวคิดของ McClelland (1961) กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีความกระตือรือร้นไว้ว่า เป็นผู้ที่มีความขยันขันแข็ง เอาใจใส่ มานะพากเพียรต่อสิ่งที่ท้าทายความสามารถของตนเอง เป็นงานที่ต้องใช้ทักษะที่ซับซ้อน และสอดคล้องกับ การศึกษาของอารีญา และคณะ (2562) ซึ่งพบว่าเกษตรกรมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์น้อยเนื่องจากเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกหญ้าสนามมาแล้วมากกว่า 23 ปี มีการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมที่มีอายุโดยเฉลี่ย 55 ปี จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์น้อย เพราะแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นแรงจูงใจเกี่ยวข้องกับบุคคลในควมรับผิดชอบ ขยัน อดทน ที่จะพัฒนาเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับแรงจูงใจของเกษตรกรดังกล่าวมีรายได้จากการปลูกหญ้าสนามที่ค่อนข้างสูง ทำให้การดำเนินชีวิตไม่สนใจสิ่งกระตุ้น หรือสิ่งแวดล้อมภายนอก

สรุป

1. เกษตรกรที่เป็นสมาชิกของสหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด จำนวน 44 คน แต่สามารถเก็บข้อมูลได้ 40 คน คิดเป็นร้อยละ 90.9 เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง มีระดับการศึกษาก่อนปริญญาตรีมากที่สุด เกษตรกรส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงอยู่ในช่วง 3-5 ปี

2. การประเมินแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่าด้านความกล้าเสี่ยง ด้านความกระตือรือร้น ด้านความรับผิดชอบต่อตนเอง ด้านทักษะในการจัดระบบงาน และด้านความมีเอกลักษณ์ อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านความต้องการทราบผลการตัดสินใจอยู่ในระดับมาก

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า พบว่า ความกล้าเสี่ยง ความต้องการทราบผลการตัดสินใจ และทักษะในการจัดระบบงานขึ้นอยู่กับเพศ แต่ความกระตือรือร้น ความรับผิดชอบต่อตนเอง และความมีเอกลักษณ์ไม่ขึ้นอยู่กับเพศ

4. ความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่ากับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรงป่า พบว่า ความกล้าเสี่ยง ความรับผิดชอบต่อตนเอง ความต้องการทราบผลการตัดสินใจ ทักษะในการจัดระบบงาน และความมีเอกลักษณ์ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรง แต่ความกระตือรือร้น ไม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเลี้ยงผึ้งโพรง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณิศรเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย และคณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุน ผู้อำนวยการกลุ่มส่งเสริมสหกรณ์ 2 (นายณพรัตน์ กุลวงษ์) สำนักงานสหกรณ์ จังหวัดหนองคายได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสนับสนุนการดำเนินการ

เอกสารอ้างอิง

- จตุภูมิ เขตจัตุรัส. 2555. การวิจัยทางการศึกษา: วิจัยสู่การปฏิบัติ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชนิกานต์ โชติมา. 2559. ความพร้อมของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาชุกชุมเชิงพาณิชย์ในจังหวัดปทุมธานีในการเข้าสู่มาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี สำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (มกษ. 7417-2559). สำนักงานการประมง จังหวัดปทุมธานี, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ดรวรรษิ จิตคำพร. 2561. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานของผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 16. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.
- ปิยมาศ นานอก. 2551. ผึ้งและการใช้ประโยชน์. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 8(2): 75-80.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 15. 2564. การเลี้ยงผึ้งโพรงไทย. <https://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=15&chap=2&page=chap2.htm>
- สำนักงานสหกรณ์จังหวัดหนองคาย. 2564. รายงานการประชุมใหญ่สามัญประจำปี 2564 สหกรณ์เลี้ยงผึ้งโพรงป่าตำบลพระพุทธรบาท จำกัด. ศาลาประชาคมบ้านไทรงาม หมู่ที่ 7 ตำบลพระพุทธรบาท อำเภอศรีเชียงใหม่, หนองคาย.
- โสภณ จันทร์สว. 2535. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อในลักษณะที่มีสัญญาผูกพันประเภทประกันราคา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- อารีญา อุ่นเรือน, เมตตา เร่งชวนชวาย, ถวิกา เมฆอัคฆกรณ. 26 เมษายน 2562. แรงจูงใจในการปลูกหญ้าสนามของเกษตรกรหมู่ 16 แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรีกรุงเทพมหานคร. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2562, กรุงเทพฯ.
- Herbert, E.L. 1976. Honey bee nutrition. In: Graham, J.M. (Ed). The hive and the honey bee. Dadant & Sons. Hamilton, Illinois, IL, USA.
- Liu, Q., Zhu, X. 2009. Investigation and analysis on the achievement motivations of 278 senior high school students. International Journal of Psychological Studies 1(1): 229-240.
- McClelland, D.C. 1961. The achieving society. The Free Press. New York, NY, USA.
- Werdhiastutie, A., Suhariadi, F., Partiw, S.G. 2020. Achievement motivation as antecedents of quality improvement of organizational human resources. Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal) 3: 747-752.
- Wongsiri, S., Tangkanasing, P. 1986. *Apis cerana* F. Beekeeping in Thailand: Problems and research needs. J. Sci. Res. Chula. Univ. 11(1): 1-6.

การพึ่งตนเองของเกษตรกรโครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืนอ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายอัน เนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุดรธานี

Self-reliance of farmers the Huai Khlai Reservoir sustainable water management project under
the royal initiative in Udon Thani Province

ปิรัชญา ชาทานันท์*, สุนีพร สุวรรณมณีพงศ์, ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์

Pirachaya Chatanan*, Suneeporn Suwanmaneepong, Duangkamol Panrosthip Thunmathiwat

ภาควิชานวัตกรรมการสื่อสารและพัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Innovative Communication and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: 61604044@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการพึ่งตนเอง และปัจจัยที่ส่งผลต่อการพึ่งตนเองของเกษตรกรผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 106 ราย วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพรรณนา และ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีภาพรวมระดับความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 24.89$) โดยมีความรู้ทางด้านการมีภูมิคุ้มกัน ($\bar{x} = 9.33$) และด้านความปลอดภัย ($\bar{x} = 8.09$) อยู่ในระดับมาก ในขณะที่ด้านการมีเหตุผลอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 7.74$) และภาพรวมการพึ่งตนเองก็อยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน โดยที่มีการพึ่งตนเองที่ด้านอยู่ในระดับมากเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยดังนี้ คือ ด้านจิตใจ ($\bar{x} = 6.18$) ด้านสังคมและวัฒนธรรม ($\bar{x} = 6.66$) ด้านทรัพยากร ($\bar{x} = 6.89$) ด้านเทคโนโลยี ($\bar{x} = 7.18$) แต่ด้านเศรษฐกิจอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x} = 7.75$) สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อการพึ่งตนเอง คือ การถือครองที่ดิน และความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: การพึ่งตนเอง, ความรู้, ปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งตนเอง, เศรษฐกิจพอเพียง

Abstract

The purpose of this study were to determine the level of self-reliance of farmers who had benefited from the initiative, as well as the factors that influence it. A questionnaire was used to obtain data from 106 people in the sample group. Descriptive statistics and multiple regression were used to analyze the data. The overview knowledge of Sufficiency Economy Philosophy was high level. When divided by aspects, immunity ($\bar{x} = 9.33$) and moderation ($\bar{x} = 8.09$) knowledge were found to be at high levels. In addition, the rationality level was moderate ($\bar{x} = 7.74$). The overview of self-reliance was high level. When divided by aspects, mental ($\bar{x} = 6.18$), social and cultural ($\bar{x} = 6.66$), natural resource ($\bar{x} = 6.89$), and technological ($\bar{x} = 7.18$) found at high levels. It was moderate in terms of the economy. Land ownership and knowledge of the Sufficiency Economy Philosophy had affecting to self-reliance.

Keywords: Factors affecting self – reliance, Knowledge, Self – reliance, Sufficiency economy

คำนำ

บ้านโคกล่าม – แสงอร่าม ต.กุดหมากไฟ อ.หนองบัวข อ.อุตรธานี เป็นพื้นที่ที่มีอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาคาราคาเขินน้ำทางการเกษตรและใช้ประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ มูลนิธิชัยพัฒนาจึงได้คัดเลือกพื้นที่นี้ให้กับสถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริเข้ามาดำเนินงานภายใต้โครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.อุตรธานี ตั้งแต่ วันที่ 22 ธันวาคม 2553 เพื่อแก้ปัญหาการบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ให้ประชาชนในพื้นที่มีน้ำสำหรับกิจกรรมทางการเกษตรเพียงพอ โดยมีเป้าหมายให้ “ประชาชนพึ่งพาตนเองได้” อย่างยั่งยืน ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีการพัฒนาพื้นที่ตามหลักองค์ความรู้ 6 มิติ คือ น้ำ ดิน เกษตร พลังงานทดแทน ป่า และสิ่งแวดล้อม ควบคู่กับการส่งเสริมการรวมกลุ่มเพื่อประกอบอาชีพ การเพิ่มเติมองค์ความรู้ในการดำรงชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงผ่านการลงมือปฏิบัติงานการอบรมและการศึกษาดูงาน (มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ, 2554) ปัจจุบันมีการดำเนินงานมาแล้ว 8 ปี เป้าหมายหลักอย่างการพึ่งตนเองยังไม่มีผลการประเมินภาพรวมของโครงการฯ ตามหลักทฤษฎีการพึ่งตนเอง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาระดับการพึ่งตนเองและปัจจัยที่ส่งผลต่อการพึ่งตนเองของเกษตรกรที่ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ โดยใช้ทฤษฎีการพึ่งตนเองในชุมชนชนบท (TERMS) ของสัญญา (2536) ที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ซึ่งกล่าวว่า ชุมชนจะพึ่งตนเองได้ ต้องมีการพึ่งตนเองทั้งห้าด้าน ได้แก่ ด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐกิจ ด้านทรัพยากรธรรมชาติ ด้านสังคม และด้านจิตใจ นอกจากนี้จะเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับแล้วยังครอบคลุมประเด็นการพัฒนาพื้นที่ของโครงการฯ ด้วย ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ในการวางแผนพัฒนาพื้นที่และกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรในการศึกษาคือผู้แทนครัวเรือนเกษตรกรที่ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ จำนวน 144 ราย โดยผู้วิจัยทำการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane (1973) ที่ระดับค่าความเชื่อมั่น 95% ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 106 ราย จากนั้นกำหนดขนาดตัวอย่างตามสัดส่วนประชากรของหมู่บ้าน คือ บ้านโคกล่าม จำนวน 56 ราย และบ้านแสงอร่าม จำนวน 50 ราย และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยใช้ตารางเลขสุ่มโดยมีเลขกำกับหน่วยรายชื่อทั้งหมดของประชากร โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลด้วยตนเองตามรายชื่อที่สุ่มตัวอย่างไว้

เครื่องมือและการทดสอบเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ตอน คือ 1) ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ภาวะหนี้สิน การถือครองที่ดิน และการเปิดรับข้อมูลข่าวสาร 2) ความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นการเลือกตอบ ผิด หรือ ถูก โดยตอบถูกได้ 1 คะแนน และ 3) การพึ่งตนเอง เป็นการเลือกตอบ ปฏิบัติ หรือ ไม่ปฏิบัติ ซึ่งถ้าปฏิบัติได้ 1 คะแนน ดำเนินการทดสอบคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้วยการหาค่า IOC (Index of Item Objective Congruence) ซึ่งแต่ละข้อคำถามมีค่ามากกว่า 0.5 จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับเกษตรกรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ จำนวน 30 ราย เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสัมภาษณ์ในตอนที่ 2 โดยวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson method) มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.823 และแบบสัมภาษณ์ในตอนที่ 3 โดยวิธีการของครอนบาค (Cronbach) มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.804

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ได้กำหนดให้ระดับของคะแนนในการแปลผลเป็นไปตามเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1977) คือ ความกว้างของข้อมูล = (คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด) / จำนวนชั้น ได้เกณฑ์การแปลผล ดังนี้

ระดับความรู้เกี่ยวกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ทั้งหมด 33 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ด้านละ 11 ข้อ ได้แก่ ความพอประมาณ ความมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกัน มีเกณฑ์ระดับคะแนนของแต่ละด้าน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–4.33 หมายถึง ความรู้ระดับน้อย 4.34–7.67 หมายถึง ระดับปานกลาง และ 7.68–11.00 หมายถึง ระดับมาก และมีเกณฑ์ระดับคะแนนในภาพรวม คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–11.67 หมายถึง ระดับน้อย 11.68–22.34 หมายถึง ระดับปานกลาง และ 22.35–33.00 หมายถึง ระดับมาก

ระดับการพึ่งตนเอง ทั้งหมด 42 ข้อ แบ่งเป็น 5 ด้าน คือ 1) ด้านเศรษฐกิจ จำนวน 11 ข้อ 11 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–4.33 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 4.34–7.67 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 7.68–11.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก 2) ด้านสังคมและวัฒนธรรม จำนวน 7 ข้อ 7 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–3.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 3.01–5.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง 5.01–7.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก 3) ด้านทรัพยากร จำนวน 8 ข้อ 8 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–3.33 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 3.34–5.67 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง 5.68–8.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก 4) ด้านเทคโนโลยีจำนวน 9 ข้อ 9 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–3.66 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 3.67–6.33 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง 6.34–9.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก และ 5) ด้านจิตใจ จำนวน 7 ข้อ 7 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–3.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 3.01–5.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง 5.01–7.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก และสำหรับภาพรวมระดับการพึ่งตนเอง คะแนนเต็ม จำนวน 42 คะแนน มีเกณฑ์ระดับคะแนน คือ คะแนนเฉลี่ย 1.00–14.66 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับน้อย 14.67–28.35 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับปานกลาง 28.34–42.00 หมายถึง พึ่งตนเองในระดับมาก

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งตนเอง ระหว่างตัวแปรอิสระ 9 ตัว คือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ภาวะหนี้สิน การถือครองที่ดิน การเปิดรับข้อมูลข่าวสาร และความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กับตัวแปรตาม คือ การพึ่งตนเองทั้ง 5 ด้าน (ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคมและวัฒนธรรม ด้านทรัพยากรธรรมชาติ ด้านเทคโนโลยี และด้านจิตใจ) ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1) ข้อมูลพื้นฐาน เกษตรกรผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 72.6 อายุระหว่าง 51–60 ปี มากที่สุด ร้อยละ 35.8 รองลงมาคืออายุ 60 ปี ขึ้นไป ร้อยละ 32.1 น้อยที่สุดคืออายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 2.8 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 68.9 รองลงมาคือระดับ ปวส./ปวช. ร้อยละ 10.4 น้อยที่สุดคือระดับปริญญาตรี ร้อยละ 2.8 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 69.8 รองลงมาคือค้าขาย ร้อยละ 9.4 น้อยที่สุดคือช่างและโฮมสเตย์ ร้อยละ 0.9 มีรายได้ต่อปีอยู่ในระหว่าง 60,001–120,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 32.1 รองลงมาคือต่ำกว่า 60,000 บาท ร้อยละ 31.1 น้อยที่สุดคือระหว่าง 120,001–180,000 บาท ร้อยละ 11.3 ส่วนใหญ่ร้อยละ 77.4 เป็นครัวเรือนที่มีหนี้สิน โดยมีจำนวนหนี้สิน 200,000 บาทขึ้นไป มากที่สุด ร้อยละ 29.2 รองลงมาคือต่ำกว่า 50,000 บาท

ร้อยละ 17.0 น้อยที่สุดคือระหว่าง 50,001–100,000 บาท ร้อยละ 7.5 เกือบทั้งหมดมีกรรมสิทธิ์ที่ดินเป็นของตนเอง ร้อยละ 95.3 รองลงมาคือเป็นของตนเองและเช่า ร้อยละ 3.8 และมีเพียงร้อยละ 0.9 ไม่มีที่ดินเป็นของตนเอง

จากข้อมูลพื้นฐานข้างต้นจะพบว่า เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และกำลังจะเข้าสู่วัยสูงอายุ เนื่องจากประชากรชายและวัยแรงงานส่วนใหญ่ไปทำงานในพื้นที่อื่น ซึ่งสะท้อนให้เห็นปัญหาของการย้ายถิ่นฐานของแรงงาน เพื่อสร้างรายได้ให้กับครอบครัวมากกว่าการทำงานอยู่ในภูมิลำเนา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นิตยา และคณะ (2563) และ อรรถศาสตร์ และคณะ (2556) ที่กล่าวว่า วัยแรงงานมักจะไปทำงานนอกพื้นที่

สำหรับช่องทางในการเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงส่วนใหญ่ คือ โทรทัศน์ ร้อยละ 86.8 รองลงมา คือ มูลนิทัศน์ของหลวงพระฯ ร้อยละ 84.0 และน้อยที่สุด คือ เอกสารสิ่งพิมพ์ ร้อยละ 0.9 ความถี่ในการรับข้อมูลได้รับข้อมูลข่าวสารทุกวันมากที่สุด ร้อยละ 32.1 รองลงมา คือ น้อยกว่า 1 วัน/สัปดาห์ ร้อยละ 18.9 น้อยที่สุด คือ 4 วัน/สัปดาห์ ร้อยละ 2.8 การรับข้อมูลข่าวสารในแต่ละครั้งส่วนใหญ่ใช้เวลา 10 นาทีหรือน้อยกว่า ร้อยละ 67.9 รองลงมา คือ ระหว่าง 11–20 นาที ร้อยละ 13.2 น้อยที่สุด คือ ระหว่าง 41–50 นาที ร้อยละ 2.8 โดยส่วนใหญ่จะรับข้อมูลข่าวสารจากที่บ้าน ร้อยละ 92.5 รองลงมา คือ การอบรม ร้อยละ 16.0 และน้อยที่สุด คือ บ้านใกล้เรือนเคียง ร้อยละ 7.5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุจิตรา (2558) ที่พบว่าโทรทัศน์เป็นช่องทางในการเปิดรับข้อมูลข่าวสารมากที่สุด

2) ระดับความรู้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอยู่ในระดับมากและระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 53.8 และ 46.2 ตามลำดับ และมีภาพรวมระดับความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.89 เมื่อจำแนกเป็นรายด้านแล้วพบว่า ด้านการมีภูมิคุ้มกันและด้านความพอประมาณ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.33 และ 8.09 ตามลำดับ ส่วนด้านความมีเหตุผล อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.47 (Fig. 1)

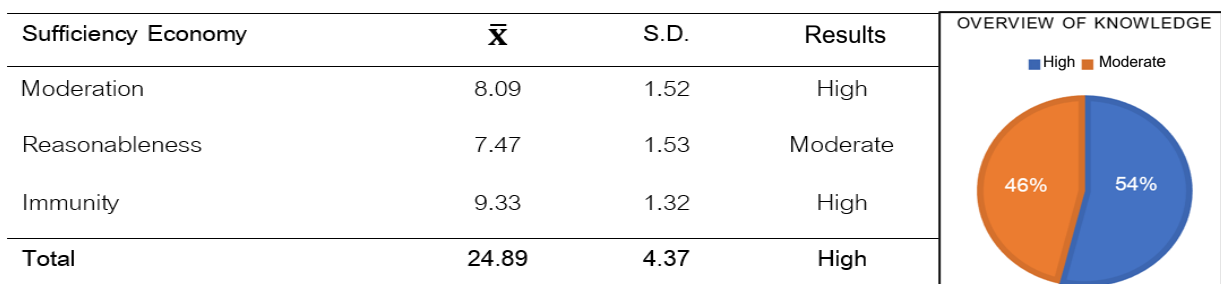


Fig. 1 Overview of the knowledge level about the Sufficiency Economy Philosophy

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความพอประมาณ ข้อคำถามที่ตอบถูกต้องทั้งหมด คือ เศรษฐกิจพอเพียงคือการใช้ทรัพยากรหรือสิ่งที่มีอยู่อย่างยั่งยืนเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด รองลงมา คือ การใช้ชีวิตแบบพอเพียงคือการพึ่งตนเองเป็นหลัก ร้อยละ 99.1 และตอบถูกน้อยที่สุด เพียงร้อยละ 35.8 คือ แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงคือการทำเกษตรโดยการปลูกพืชเลี้ยงสัตว์หลายชนิดเพื่อให้มีรายได้จากการค้าขาย (Fig. 2) ด้านความมีเหตุผล ข้อคำถามที่ตอบถูกต้องทั้งหมด 2 ข้อ คือ การดำรงชีวิตตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง สามารถแก้ปัญหาความยากจนได้ทำให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และการวางแผนก่อนการทำกิจกรรมใดๆ ช่วยให้ประหยัดเวลาและลดรายจ่าย รองลงมา คือ การประกอบอาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต เป็นแนวทางหนึ่งของเศรษฐกิจพอเพียง และ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสามารถประยุกต์ใช้ในทุกระดับ ทั้งบุคคล ครอบครัว ชุมชน และประเทศ ร้อยละ 99.1 เท่ากัน และข้อคำถามที่ตอบถูกน้อยที่สุด คือ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเหมาะสำหรับคนยากจน มีรายได้น้อยและเกษตรกรเท่านั้น เพียงร้อยละ 47.2 (Fig. 3)

ด้านการมีภูมิคุ้มกัน ข้อคำถามที่ตอบถูกต้องทั้งหมด มีสามข้อ คือ 1) การมีแผนสำรองและแผนเผชิญเหตุ เป็นการประยุกต์ใช้เศรษฐกิจพอเพียงในการปฏิบัติงานอย่างหนึ่ง 2) การมีเงินออม ประกันความเสี่ยงในอนาคต ถือเป็นภูมิคุ้มกันตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง และ 3) การพูดคุยปรึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในครอบครัวเป็นการสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีให้กับสมาชิกในครัวเรือน รองลงมา คือ การพัฒนาประเทศ คือการสร้างฐานรากทางเศรษฐกิจให้มั่นคง นั่นคือ ทำให้คนในชนบทส่วนใหญ่พอมีพอกินก่อน ร้อยละ 99.1 และข้อคำถามที่ตอบถูกน้อยที่สุด คือ การเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ชีวิตดีขึ้น แต่ไม่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต เพียงร้อยละ 46.2 (Fig. 4)

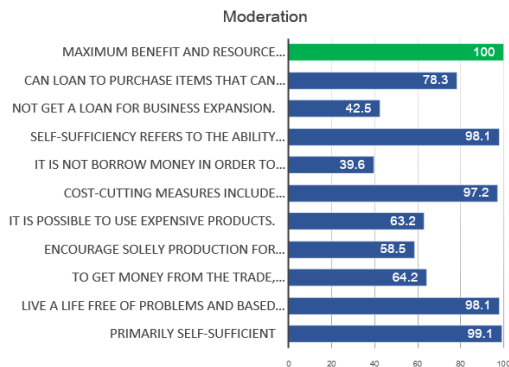


Fig. 2 Overview of Moderation

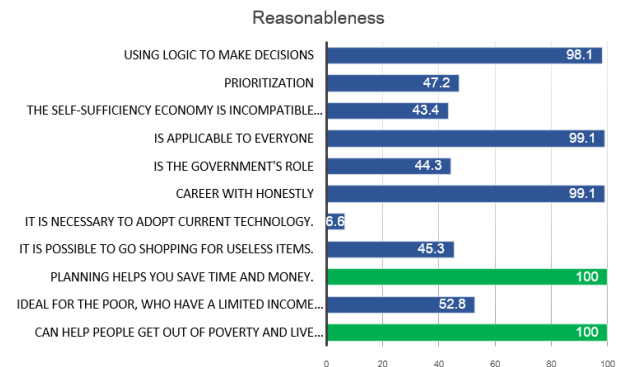


Fig. 3 Overview of Reasonableness

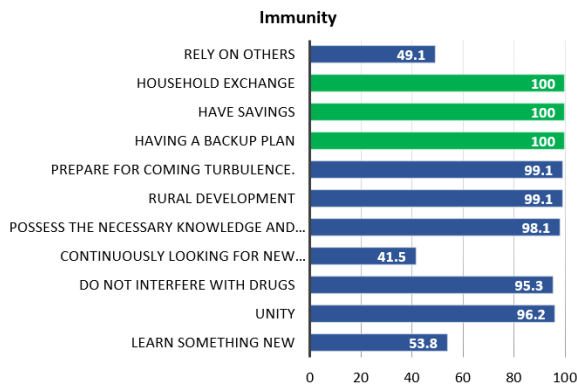


Fig. 4 Overview of Immunity

3) ระดับการพึ่งตนเอง จากการศึกษพบว่า เกษตรกรมีระดับการพึ่งตนเองโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก 4 ด้าน ได้แก่ ด้านสังคมและวัฒนธรรม ด้านทรัพยากร ด้านเทคโนโลยี และด้านจิตใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.66, 6.89, 7.18 และ 6.81 ตามลำดับ ยกเว้นด้านเศรษฐกิจที่อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.75 (Table 1)

Table 1 Overview of self – reliance level (There is a difference in the number of questions)

Self – reliance	\bar{X}	SD	Results
1. Economic	7.75	1.94	Moderate
2. Social - cultural	6.66	0.8	High
3. Natural resources	6.89	1.21	High
4. Technological	7.18	1.34	High
5. Mental	6.81	0.42	High
Total	35.29	3.81	High

แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า **ด้านเศรษฐกิจ** เกษตรกรเกือบทั้งหมดประกอบอาหารเองในครัวเรือน ร้อยละ 99.1 รองลงมาคือการวางแผนการผลิตที่สอดคล้องกับพื้นที่ ร้อยละ 93.4 และมีการทำบัญชีครัวเรือนเป็นประจำน้อยที่สุด เพียงร้อยละ 21.7 (Fig. 5) **ด้านสังคมและวัฒนธรรม** การมีผู้นำที่ช่วยกันระดมความคิดและนำความคิดเห็นนั้นมาพัฒนาท้องถิ่น ร้อยละ 99.1 รองลงมา คือ การแบ่งปัน/แลกเปลี่ยน ผลผลิตที่ได้ระหว่างคนในชุมชน ร้อยละ 98.1 และน้อยที่สุด คือ การรวมกลุ่มกับคนในชุมชนเพื่อการประกอบอาชีพ ร้อยละ 85.8 (Fig. 6) **ด้านทรัพยากร** มีการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ที่ดิน แหล่งน้ำ ป่าไม้ สิ่งแวดล้อม และทรัพยากรในชุมชน มากที่สุด ร้อยละ 97.2 รองลงมา คือ การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในพื้นที่เพื่อทำการเกษตรและประกอบอาชีพ และ การบริหารจัดการ/วางแผน การใช้ดิน น้ำ ป่า ที่เป็นทรัพยากรในพื้นที่ ร้อยละ 95.3 และข้อคำถามที่ปฏิบัติน้อยที่สุด คือ การทำลายขยะที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติโดยการฝังกลบ ร้อยละ 40.6 (Fig. 7) **ด้านเทคโนโลยี** มีการติดตามข้อมูลข่าวสาร เหตุการณ์ จากสื่อต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ ฯลฯ มากที่สุด ร้อยละ 99.1 รองลงมา คือ การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในด้านการประกอบอาชีพ ร้อยละ 97.2 และข้อคำถามที่ปฏิบัติน้อยที่สุด คือ การทำสารกำจัดศัตรูพืชจากสมุนไพรได้เอง เช่น สะเดา สาบเสือ ร้อยละ 62.3 (Fig. 8) **ด้านจิตใจ** มีการถ่ายทอดความรู้ ภูมิปัญญาสู่คนในชุมชนอย่างไม่ปิดบัง การไม่สร้างความเดือดร้อนรำคาญใจให้กับผู้อื่น การประกอบอาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต การให้ความช่วยเหลือกับผู้ที่ประสบความเดือดร้อน และ การภาคภูมิใจในอาชีพของตนเอง มากที่สุด ร้อยละ 100 รองลงมา คือ การช่วยเหลือชุมชนในการจัดกิจกรรมต่างๆ การมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง และการปรึกษาผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญ ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ในการประกอบอาชีพ ร้อยละ 98.1 และมีการปฏิบัติน้อยที่สุดในเรื่องการช่วยเหลือกันในการผลิต เช่น การเตรียมดิน เมล็ดพันธุ์ ร้อยละ 86.8 (Fig. 9)

ภาพรวมระดับความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับการศึกษาของ ภาววิชา (2562) แต่อย่างไรก็ตามความรู้ด้านความมีเหตุผลยังอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากการส่งเสริมความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติตามนโยบายของหน่วยงาน เกษตรกรอาจจะต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจอย่างเป็นระบบ

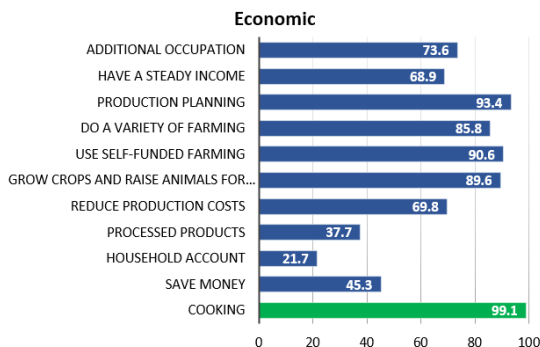


Fig. 4 Overview of Economic self – reliance

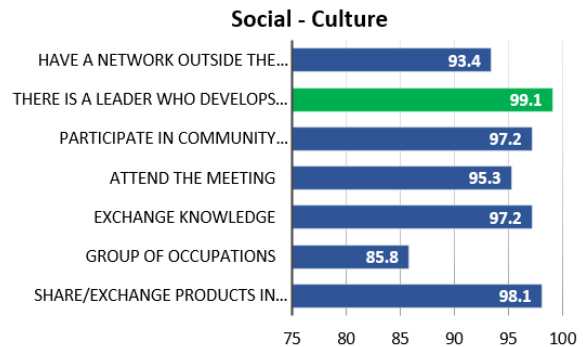


Fig. 5 Overview of Social - cultural self – reliance

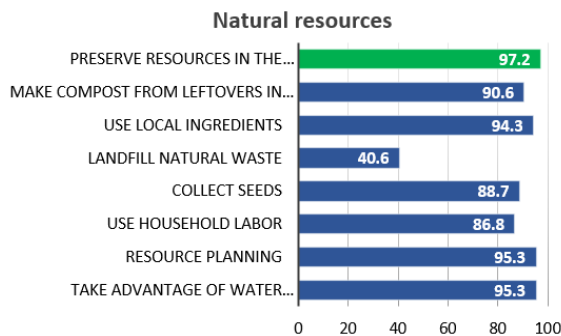


Fig. 6 Overview of Natural resources self – reliance

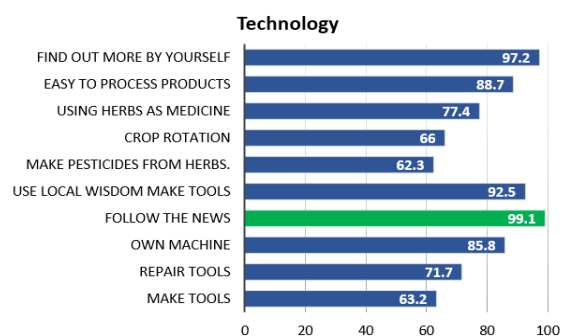


Fig. 7 Overview of Technology self – reliance

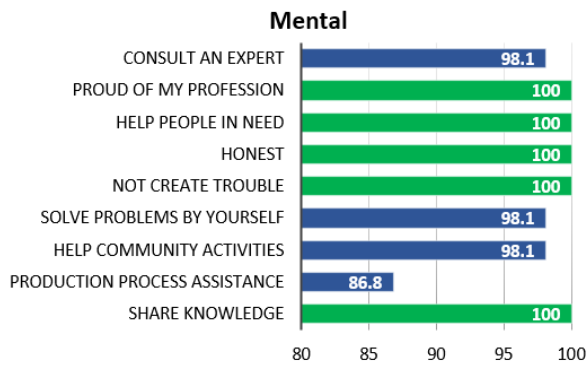


Fig. 8 Overview of Mental self – reliance

4) ปัจจัยที่มีผลต่อการพึ่งตนเองของเกษตรกรผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) พบว่า มีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ได้แก่ การถือครองที่ดิน และความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ที่สามารถพยากรณ์การพึ่งตนเองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสามารถพยากรณ์การพึ่งตนเองของเกษตรกร ได้ร้อยละ 20.3 ($R^2 = 0.203$) และมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (SE_{est}) เท่ากับ 3.558 โดยตัวแปรการถือครองที่ดิน มีค่าเป็นบวก กล่าวคือ หากมีการถือครองที่ดินมากขึ้น จะทำให้ระดับการพึ่งตนเองของเกษตรกร มีมากขึ้นไปด้วย ซึ่งที่ดินนั้นเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญตามหลักเศรษฐศาสตร์ของ วันรักษ์ (2553) และตัวแปรความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีค่าเป็นลบ กล่าวคือ หากมีความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมากขึ้น จะทำให้ระดับการพึ่งตนเองของเกษตรกรผู้ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการพัฒนาในพื้นที่เป็นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ สอดคล้องกับการศึกษาของจตุมาพร (2562) ที่พบว่าในพื้นที่ที่ใช้การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติเป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้จะมีการส่งเสริมความรู้ผ่านเอกสาร หนังสือ ก็ยากที่จะทำความเข้าใจ เนื่องจากการไม่ค่อยอ่านหนังสือเพราะได้รับการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาเท่านั้น จึงทำให้ปัจจัยความรู้มีทิศทางตรงกันข้าม (Table 2) ซึ่งสามารถสร้างสมการถดถอยเพื่อใช้พยากรณ์การพึ่งตนเองของเกษตรกรผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการฯ ได้ดัง Equation 1

$$Y = 44.165 + 0.066x_1 - 0.379x_2 \quad (1)$$

Table 2 Factors Affecting Self-Reliance

Variable	b	SE	t	Sig.
Constant	44.165	3.286	13.440	0.000*
Land ownership (X_1)	0.066	0.032	2.049	0.043*
knowledge about Sufficiency Economy Philosophy (X_2)	-0.379	0.102	-3.702	0.000*

Note: $R = 0.450$, $R^2 = 0.203$, $SE_{est} = 3.558$, $F = 2.709$.

*Significant at level 0.05.

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน อ่างเก็บน้ำห้วยคล้ายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.อุตรธานี ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และประกอบอาชีพเกษตรกรรวม ร้อยละ 69.8 มีรายได้ต่อปีอยู่ในระหว่าง 60,001–120,000 บาท มากที่สุด ร้อยละ 32.1 ส่วนใหญ่ร้อยละ 77.4 เป็นครัวเรือนที่มี

หนี้สิน โดยมีจำนวนหนี้สิน 200,000 บาทขึ้นไป และเกือบทั้งหมดมีกรรมสิทธิ์ที่ดินเป็นของตนเอง มีระดับความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อจำแนกเป็นรายด้านแล้วพบว่า ด้านความพอประมาณและการมีภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก ส่วนด้านความมีเหตุผล อยู่ในระดับปานกลาง ภาพรวมการพึ่งตนเองของเกษตรกรอยู่ในระดับมาก โดยมีการพึ่งตนเองระดับมาก 4 ด้าน คือ ด้านสังคมและวัฒนธรรม ด้านทรัพยากรธรรมชาติ ด้านเทคโนโลยี และด้านจิตใจ แต่มีการพึ่งตนเองด้านเศรษฐกิจที่อยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพึ่งตนเองของเกษตรกร คือ การถือครองที่ดิน และความรู้เกี่ยวกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. กระบวนการส่งเสริมด้านความรู้ นอกจากจะเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติแล้ว ควรมีการจัดกระบวนการให้เกษตรกรได้เกิดการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้รับ ทั้งนี้เพื่อจะได้พัฒนาความรู้ และการคิดอย่างมีเหตุผล

2. ประเด็นการพึ่งตนเองด้านเศรษฐกิจ ควรให้ความสำคัญกับการทำบัญชีครัวเรือนและการนำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เพราะเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ถึงการใช้จ่ายภายในครัวเรือนอย่างมีเหตุผล

เอกสารอ้างอิง

- จตุมาพร พลพงษ์, สมพันธ์ เตชะอธิก. 2562. กระบวนการเรียนรู้ของกลุ่มในชุมชนบ้านโคกล่ามและบ้านแสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ 20: 1492-1503.
- นิตยา พากุล, กัญญา มิชะมา, ยศ บริสุทธิ์. 2536. การบริหารจัดการทรัพยากรแหล่งน้ำขนาดเล็กเพื่อทำการเกษตรตลอดปีของชุมชนโคกล่ามแสงอร่าม อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 38(2): 270-279.
- ภาวิตา เจริญจินดารัตน์. 2562. การประยุกต์ใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงด้านการเกษตรและชีวิตประจำวันของโรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- มูลนิธิปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ. 2554. โครงการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน อ่างเก็บน้ำห้วยคล้าย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดอุดรธานี. http://www.pidthong.org/main-project.php?id=2&menu_id=1#.XLnnrOgzblU, 17 เมษายน 2562.
- วันรักษ์ มิ่งมณีนาคิน. 2553. เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น. ธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สัญญา สัญญาวิวัฒน์. 2536. ทฤษฎีสังคมวิทยา การสร้าง การประเมินค่าและการใช้ประโยชน์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สุจิตรา ลิอินทร์. 2558. การเปิดรับข่าวสาร ทศนคติ พฤติกรรมการใช้บริการและความภักดีของผู้บริโภคที่มีต่อสถานีบริการน้ำมัน พีทีที โกลฟ์ สเตชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อรรถศาสตร์ วิเชียรศาสตร์, ระพีพรรณ จันทรส, ธนพร เปี่ยมสกุล, ชนาภา บุตรเพ็ง, กฤษฎากรณ์ ว่องไว, วิบูล เป็นสุข. 2556. บริบทชุมชนหมู่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี โครงการปิดทองหลังพระ สืบสานแนวพระราชดำริ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 10(2): 163-174.
- Best, J.W. 1977. Research in education. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ, USA.
- Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory analysis. Harper and Row Publications. New York, NY, USA.

ระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่สำหรับสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราของเกษตรกรรายแปลง ในตำบลป่าบอน จังหวัดพัทลุง

Spatial Information System for the para rubber planting area surveying of individual farmers in Pha Bon Subdistrict, Phatthalung Province

ราชวัติ ทองเรือง*, สุเพชร จิระจกรกุล

Rajawat Thongrueng*, Supet Jirakajohnkool

สาขาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

Department of Sustainable Development Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Pathum Thani 12120, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: rajawat.rt@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่สำหรับสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราของเกษตรกรรายแปลงในตำบลป่าบอน จังหวัดพัทลุง ทำการศึกษาโดยการพัฒนาแอปพลิเคชันสำรวจจุดตัวอย่างแปลงปลูกยางพาราของเกษตรกร แล้วนำมาสร้างฐานข้อมูลจุดพิกัดภูมิศาสตร์แปลงปลูกยางพาราและสถิติเชิงพื้นที่ เพื่อใช้ติดตามแปลงปลูกยางพารา โดยทดสอบแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูลตัวอย่างแปลงปลูกยางพาราของเกษตรกรที่ได้ขึ้นทะเบียนเกษตรกรไว้กับเกษตรกรอำเภอ จำนวน 135 จุด ใน 11 หมู่บ้าน ผลการศึกษาพบว่า แอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถบันทึกข้อมูลสำรวจภาคสนามได้สะดวกและสามารถระบุพิกัดภูมิศาสตร์ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลสำรวจเพื่อประกอบการติดตามข้อมูลแปลงยางพารา และแสดงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจได้ในรูปแบบ Dashboard Online ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว เพื่อสนับสนุนการติดตามพื้นที่ปลูกยางพาราของเจ้าหน้าที่เกษตรกรอำเภอ และเกษตรกรยุค 4.0 โดยแอปพลิเคชันรองรับการทำงานกับอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟน ทำให้ตอบสนองต่อการใช้งานของเกษตรกรอำเภอที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว

คำสำคัญ: ตำบลป่าบอน, ยางพารา, ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

Spatial Information System for the para rubber planting area surveying of individual farmers in Pha Bon Subdistrict, Phatthalung Province, study by development the application for para rubber planting survey. Then creating a database of Geographic Coordinates points of rubber planting plots and concerned spatial statistics. The application was used for recording the 135 rubber parcel points in 11 villages. The results of the study revealed that the developed application can easily recording the Geo-spatial data for targeted areas surveying, according to geographic coordinates. It can use for monitoring the rubber plantation plots in Pha Bon Subdistrict, and can display the rubber plantation Geo-referenced data from the survey in the Online Dashboard via the Internet network. This application supports the survey of rubber planting areas of District Agricultural Officer and farmers in the agricultural 4.0 era. This application can easily and quickly help the District Agricultural Officer to display Geo-spatial para rubber planting data.

Keywords: Global Positioning System, Para rubber, Pha Bon Subdistrict, Spatial Information Systems

คำนำ

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems) เพื่อรวบรวมสารสนเทศเชิงพื้นที่สำหรับติดตามพิกัดภูมิศาสตร์ตำแหน่งพื้นที่ปลูกยางพาราของเกษตรกรรายแปลง เพื่อสนับสนุนให้กับการเกษตรกรรมแม่นยำสูง (Precision Agriculture) พื้นที่ศึกษาตำบลป่าบอน จังหวัดพัทลุง เพื่อเป็นแอปพลิเคชันที่สนับสนุนให้ได้ข้อมูลพื้นที่ปลูกยางพารารายแปลงสำหรับเกษตรกรอำเภอ ซึ่งรายงานจากสำนักงานสถิติจังหวัดพัทลุง (2563) รายงานสถิติจำนวนผู้ถือครองทำการเกษตรในอำเภอป่าบอน 7,610 ราย คิดเป็นพื้นที่ 63,050 ไร่ และพืชที่ปลูกส่วนใหญ่คือยางพารา มีจำนวนเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในอำเภอป่าบอน 4,070 ราย คิดเป็นพื้นที่ 58,985 ไร่ การพัฒนาระบบแอปพลิเคชันสำหรับการติดตามพื้นที่ปลูกยางพาราและบันทึกข้อมูลสถิติในการสำรวจภาคสนาม จึงจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้สามารถทำงานได้รวดเร็ว สำหรับติดตามศักยภาพอุตสาหกรรมยางพาราในพื้นที่ เพื่อให้ดำเนินตามยุทธศาสตร์การพัฒนายางพาราของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการที่เกษตรกรอำเภอได้สำรวจ และได้รับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งในบางครั้งข้อมูลอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว แอปพลิเคชันสำหรับติดตามแปลงปลูกยางพารานี้จะทำให้ได้รับข้อมูลที่รวดเร็ว และข้อมูลเป็นปัจจุบัน ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันด้วย Google AppSheets เพื่อบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล Google Sheet และสามารถแสดงผลจากพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจในหน้าต่างของ Google Data Studio Dashboard เพื่อแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่แปลงปลูกยางพาราที่ได้รับจากการสำรวจภาคสนามด้วยระบบระบุพิกัดบนพื้นโลก (Global Positioning System) ผ่านระบบแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกและความแม่นยำในการสำรวจพื้นที่ให้กับเจ้าหน้าที่เกษตรกรอำเภอ และการบันทึกข้อมูลสถิติผลผลิตของแปลงเพาะปลูกยางพารา เพื่อรองรับการเกษตรกรรมแม่นยำสูงในอนาคต และยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปสนับสนุนการวางแผนพัฒนาการเกษตรของผู้ปลูกยางพารา โดยการจัดทำข้อมูลเพื่อติดตามแปลงปลูกยางพาราซึ่งเป็นการรายงานผลการสำรวจด้วยระบบฐานข้อมูลออนไลน์ ซึ่งสามารถปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน และแสดงผลได้ตลอดเวลา เพื่อให้เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งนักวิจัยที่มีความสนใจสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

แปลงปลูกยางพาราชนิดเอกสารสิทธิ์ที่เป็นโฉนดที่ดิน (น.ส. 4) ทั้ง 11 หมู่บ้านของตำบลป่าบอน อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง โดยทำการสุ่มสำรวจเพื่อทดสอบการใช้งานระบบแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นหมู่บ้านละไม่น้อยกว่า 10 แปลง รวมทั้งหมด 135 แปลง สาเหตุที่เลือกทำการศึกษาในเขตพื้นที่นี้เนื่องจากในเขตพื้นที่นี้เป็นที่ตั้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางพาราและโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา

ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลสถิติผู้ปลูกยางพาราจากสำนักงานเกษตรกรอำเภอป่าบอน และข้อมูลรายงานรายชื่อเกษตรกรชาวสวนยางรายจังหวัดตามที่ตั้งสวนยางอำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง ปี พ.ศ. 2563 จำนวน 2,177 ราย ที่ได้รับการรายงานแห่งประเทศไทย สาขาป่าบอน ซึ่งจะได้เป็น Attribute Data ในรูปแบบ Microsoft Excel แสดงตัวอย่างใน Fig. 1

RB_ID	orderID	RegisterID	Ownership	citizenID	Name Surname	DocumentType	Type	Moo	Tambon	Amphur	Province	Area(RAU)	Year	Age	Ownership	Tree	Product	Quantity	Surv
102513	1718	9011160431	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	8.41	2549	15	Owner	600 latex	2000	allme	
102799	1876	9308005731	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	5.07	2532	32	Owner	400 latex	1250	allme	
101357	908	9308051171	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	5	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	2.28	2540	24	Owner	180 latex	300	allme	
101248	833	9308016661	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	5	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	4.55	2548	16	Owner	350 latex	1200	allme	
101896	1289	9308040301	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	5.16	2555	9	Owner	435 latex	1250	allme	
102494	1703	8007012301	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	7.14	2542	22	Owner	560 latex	1200	allme	
102753	1849	9308002271	Owner			Parcel Type No4	RRIT 251	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	7.59	2550	14	Owner	600 latex	1300	allme	
102801	1877	9308005741	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	4.62	2540	24	Owner	380 latex	1300	allme	
102794	1874	9308005191	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	3.05	2547	17	Owner	225 latex	650	allme	
102795	1874	9308005191	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	7.96	2548	16	Owner	600 latex	1700	allme	
102800	1877	9308005741	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	8.97	2554	10	Owner	485 latex	2250	allme	
102825	1892	9308010301	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	19.99	2539	25	Owner	1520 latex	6840	allme	
102498	1706	9001002691	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	10.11	2549	15	Owner	990 latex	2300	allme	
103007	1990	9308062171	Owner			Parcel Type No4	RRIM 60	9	Pha Bon	Pha Bon	Phatthalung	10.28	2548	16	Owner	810 latex	2500	allme	

Fig. 1 Table reporting list of para rubber farmers in provinces according to the location of para rubber plantations in Pha Bon District Phatthalung Province, 2020

การออกแบบและพัฒนาระบบ

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลในการลงสำรวจภาคสนาม และเป็นฐานข้อมูลของงานวิจัย โดยฐานข้อมูลนี้จะถูกจัดเก็บไว้บนระบบ google cloud ซึ่งเป็นระบบออนไลน์ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ซึ่งผู้ที่ได้รับสิทธิ์เท่านั้นจึงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ มีขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบแอปพลิเคชัน Google Sheet ชื่อ Rubber Plang โดยให้ข้อมูลสอดคล้องกับข้อมูลรายงานรายชื่อเกษตรกรชาวสวนยางรายจังหวัดตามที่ตั้งสวนยาง อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง ปี พ.ศ. 2563 ที่ได้รับมาจากการยางแห่งประเทศไทย สาขาป่าบอน โดยให้มีการจัดเก็บข้อมูลสถิติเชิงพื้นที่ต่างๆ ของแปลงปลูกยางพารา พิกัดละติจูด ลองจิจูด ภาพถ่ายแปลงปลูกยางพารา และวันที่ที่ทำการสำรวจ

2. ออกแบบหน้าจอ และฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ออกแบบแอปพลิเคชันให้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน โดยการออกแบบจะเน้นการกดผ่านอินเทอร์เน็ตเฟสที่พัฒนาขึ้นผ่านหน้าจอทัชสกรีนของเครื่องสมาร์ทโฟน ซึ่งจะมียังฟังก์ชันการทำงานอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ ฟังก์ชัน ADDDATA ฟังก์ชัน MAP และฟังก์ชัน GRAPH

3. การติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน โดยทำการติดตั้งแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาเสร็จแล้วบนเครื่องสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถติดตั้งได้ทั้งเครื่องสมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android และเครื่องสมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ iOS

4. ออกแบบหน้าจอ Google Studio Dashboard เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประมวลผลข้อมูล และแสดงผลข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามแบบออนไลน์ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา โดยแอปพลิเคชัน Google Studio Dashboard นี้ถูกจัดเก็บไว้บนระบบ Google cloud ซึ่งเป็นระบบออนไลน์ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ซึ่งผู้ที่ได้รับสิทธิ์เท่านั้นจึงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ เช่นเดียวกับแอปพลิเคชัน Google Sheets

โดยแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นจะนำข้อมูลจาก Google Sheet ไปแสดงผลบน Dashboard แบบ real time ผ่าน Google Data Studio เพื่อใช้ประกอบการสนับสนุนการติดตามข้อมูลแปลงปลูกยางพารา ดังที่แสดงไว้ใน Fig. 2

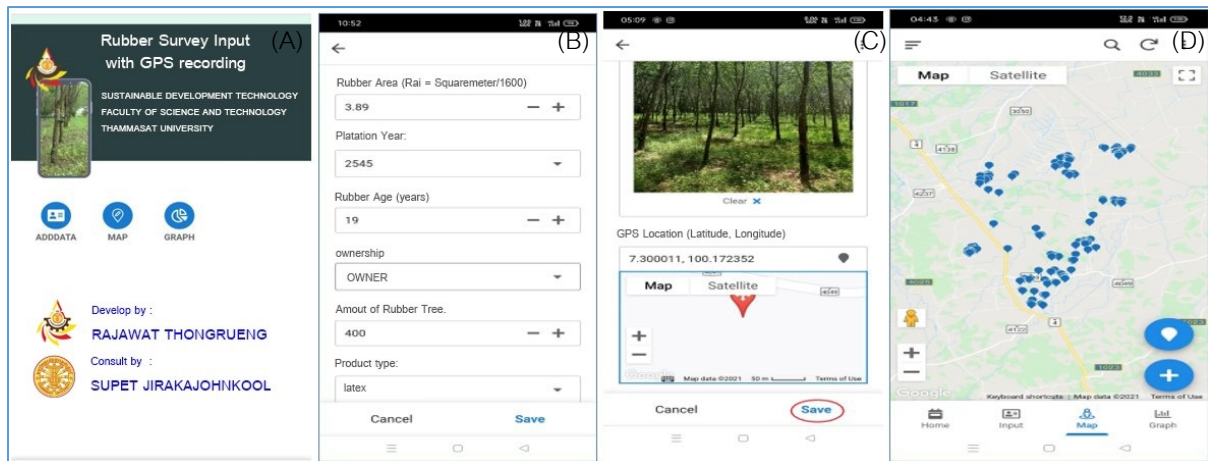


Fig. 2 Google App Sheet Rubber Plang Survey Application screen: (A) main screen; (B) input data screen; (C) save data screen; (D) display map and point screen

การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยลงพื้นที่อำเภอป่าบอน เมื่อวันที่ 15–30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 เพื่อประชุมชี้แจงระหว่าง ผู้วิจัย เกษตรอำเภอ ผู้นำชุมชน และเกษตรกรเจ้าของพื้นที่เพื่อแนะนำและอธิบายการทำงานของโปรแกรมแอปพลิเคชันเพื่อสำรวจแปลงปลูกยางพารา ก่อนการลงสำรวจพื้นที่ โดยอธิบายวัตถุประสงค์การทดสอบการใช้งานระบบว่า เพื่อเป็นเครื่องมือในการลงสำรวจแปลงปลูกยางพาราให้กับเกษตรกรอำเภอ พร้อมทั้งการวางแผนเส้นทางการสำรวจ และกลุ่มเป้าหมายในการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชัน โดยคัดเลือกเฉพาะแปลงยางพาราที่มีโฉนดที่ดิน (น.ส.4) ที่ลงทะเบียนไว้กับสำนักงานเกษตรอำเภอป่าบอน โดยได้ทำการสุ่มสำรวจแปลงตัวอย่างของเกษตรกรในตำบลป่าบอน ทั้ง 11 หมู่บ้าน หมู่บ้านละอย่างน้อย 10 แปลง รวมทั้งหมด 135 แปลง จากทั้งหมด 2,101 แปลง ขนาดพื้นที่ที่ทำการสำรวจ 918.38 ไร่ จากพื้นที่ทั้งหมด 13,644.95 ไร่ โดยตัวอย่างการลงสำรวจพื้นที่ ดังแสดงใน Fig.3



Fig. 3 Rubber Plang application test using field survey with Pha Bon district agricultural officers: (A) test at Pha Bon district agricultural office; (B) test at village No. 6; (C) test at village No. 1; (D) test at village No. 7

การประเมินผลการทดลองใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อการสำรวจแปลงปลูกยางพารา

การนำข้อมูลจากแอปพลิเคชัน Google AppSheet ที่ได้จากการสำรวจตำแหน่งแปลงปลูกยางพารา เพื่อบันทึกตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ และสถิติเชิงพื้นที่ของผลผลิตยางพาราในแปลงปลูก นำมาจัดทำแสดงผลบน Dashboard ด้วย Google Data Studio เพื่อใช้ในการติดตามข้อมูลจากการสำรวจจุดแปลงปลูกยางพาราที่เข้าทำการสำรวจเก็บข้อมูลได้ทันที โดยการประเมินผลการใช้งานแอปพลิเคชันจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอผู้ทดลองใช้งานระบบ จากการสอบถามความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ที่ได้ใช้งานพบว่าเจ้าหน้าที่มีความพอใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบมีความสะดวก รวดเร็วในการใช้งาน ค้นหา ปรับปรุง และแสดงผลข้อมูลแปลงปลูกยางพาราที่ได้ทำการสำรวจ แต่การใช้งานยังมีความซับซ้อนอยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งการใช้งานนั้นผู้ใช้งานจะต้องขอสิทธิ์การใช้งาน และผ่านการฝึกอบรมการใช้งานระบบก่อนจึงจะสามารถใช้งานระบบได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบใช้แอปพลิเคชันเพื่อสำรวจแปลงปลูกยางพาราในเขตตำบลป่าบอน ของผู้วิจัยร่วมกับเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอป่าบอน การแสดงผลข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ สำหรับเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอ และบุคคลทั่วไป โดยมีการกรองข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ให้แสดงเฉพาะข้อมูลสถิติเชิงพื้นที่ที่สามารถเข้าถึงได้ที่ https://bit.ly/RubberPlang_SDT ซึ่งผลจากการสำรวจด้วยแอปพลิเคชัน จะสามารถแสดงผลได้ทันทีผ่านหน้าต่าง ที่แสดงใน Fig. 4



Fig. 4 Dashboard The results of the rubber plantation surveyed point: (A) select option screen; (B) display map and data screen; (C) display satellite imagery and data screen

รายงานผลจาก Dashboard ได้รวบรวมพื้นที่สำรวจ 135 แปลง เป็นพื้นที่รวม 918.38 ไร่ จำนวนแปลงที่ได้สำรวจแล้ว คิดเป็นจำนวนร้อยละ 6.43 ของจำนวนแปลงยางพาราทั้งหมด และได้ค่าพิกัดภูมิศาสตร์แปลงปลูกยางพาราที่ได้ร่วมสำรวจกับเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอและเจ้าหน้าที่ผู้นำชุมชนในการลงสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม และการบันทึกภาพถ่ายจากแปลงยางพาราในสนาม และสามารถแสดงผลพื้นที่ในระบบ Cloud ของ Google และสถิติที่ได้ แสดงได้ดัง Table 2

Table 2 Information of rubber plantation survey points in Pa Bon Sub-district

Village No.	Village	Registered plots	Surveyed plots	Surveyed plots (%)	Surveyed area size (Rai)	Surveyed size (%)
1	Baan Nai laom	153	12	7.84	1,053.28	7.72
2	Baan Klang	231	11	4.76	1,834.05	13.44
3	Baan Nong tia	186	12	6.45	1,330.85	9.75
4	Baan Kuan nui	245	15	6.12	1,543.74	11.31
5	Baan Koak nak but	151	12	7.95	797.84	5.58
6	Baan Tha din dang tok	213	12	5.63	1,276.94	9.36
7	Baan Pha bon tam	182	12	6.59	1,016.78	7.45
8	Baan Tung pee pan rup	63	12	19.05	437.87	3.21
9	Baan Sa la num	505	13	2.57	3,389.59	24.84
10	Baan Pha bon nua	78	12	15.38	483	3.56
11	Baan Huay mae lon	79	12	15.19	367.23	2.30

สรุป

จากงานศึกษาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อติดตามพื้นที่ปลูกยางพาราของเกษตรกรรายแปลง ด้วยการประยุกต์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ช่วยให้งานสำรวจติดตามแปลงปลูกยางพาราเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชญา ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ (2557) จากการพัฒนาแอปพลิเคชันสำรวจจุดตัวอย่างแปลงปลูกยางพาราพร้อมการติดตามสถิติเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องของเกษตรกรตัวอย่างผู้ปลูกยางพาราในเขตตำบลป่าบอน จังหวัดพัทลุง จำนวน 11 หมู่บ้าน จุดสำรวจ 135 แปลง เป็นชนิดของเอกสารสิทธิ์แบบ น.ส.4 โดยในการลงสำรวจได้ทดสอบการใช้งานร่วมกับเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอป่าบอน ผู้นำชุมชนในพื้นที่ และเจ้าของสวนยางพารา ด้วยแอปพลิเคชันในการสำรวจแปลงยางพาราที่พัฒนาขึ้นช่วยให้การบันทึกเก็บข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ของแปลงยางพารา ภาพถ่ายของแปลงปลูกยางพารา และลงวันที่ตามวันที่ได้ทำการลงสำรวจจริง และเชื่อมโยงกับสถิติเชิงพื้นที่ เป็นไปได้โดยสะดวก และสามารถแสดงผลพื้นที่ใน Dashboard ได้อย่างรวดเร็ว ช่วยเพิ่มให้มีความถูกต้องของข้อมูลมากขึ้น เพราะตรวจสอบข้อมูลได้ทันทีที่สำรวจ และสามารถนำข้อมูลจากพิกัดภูมิศาสตร์ตำแหน่งแปลงที่ดินดังกล่าวไปประกอบการวิเคราะห์ความเหมาะสมต่อไปในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ชาร์ตัน และวาสนา, 2553; สมพร และคณะ, 2552) โดยในการลงสำรวจได้สอบถามข้อมูลสถิติเชิงพื้นที่จากเจ้าของแปลงปลูกยางพารา หรือกับผู้นำชุมชนในพื้นที่ โดยเจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอจะต้องติดตั้งแอปพลิเคชันสำรวจแปลงยางพารา และใช้งานด้วย Smartphone เพื่อใช้งานลงสำรวจบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ จากนั้นส่งข้อมูลผ่านระบบ โดยข้อมูลที่ได้จะบันทึกเก็บไว้ในฐานข้อมูลของ Google Sheet

เพื่อจะนำข้อมูลไปแสดงผลเพื่อติดตามข้อมูลใน Dashboard ช่วยให้เกิดความสะดวกในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล ตำแหน่งแปลงปลูกยางพาราของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราได้อย่างสะดวก (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2560) เมื่อมีการสำรวจภาคสนามและบันทึกข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันในสนาม และสามารถดำเนินการแก้ไขผ่านแอปพลิเคชันได้สะดวก เช่นเดียวกัน

การพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ช่วยอำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่เกษตรอำเภอในการสำรวจแปลงปลูกยางพาราในพื้นที่ นอกจากนี้ผู้ที่ให้ความสนใจในระบบก็สามารถนำแอปพลิเคชันนี้ไปใช้งานได้ โดยระบบสามารถที่จะคาดการณ์ได้ถึงปริมาณผลผลิตน้ำยาง ผลผลิตไม้ยางพารา และปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร จากจำนวนแปลงและขนาดพื้นที่แปลงปลูกยางพารา ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบในครั้งต่อไปควรพัฒนาระบบให้ครอบคลุมพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดในอำเภอป่าบอน และครอบคลุมพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ในอำเภอป่าบอนด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อติดตามพื้นที่ปลูกยางพาราของเกษตรกรรายแปลง ได้รับความอนุเคราะห์จากหลายภาคส่วน จึงทำให้งานศึกษาสำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร เจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักงานเกษตรจังหวัดพัทลุง เจ้าหน้าที่การยางแห่งประเทศไทย สาขาป่าบอน ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล และเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอป่าบอน ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งช่วยประสานงานและลงสำรวจร่วมกับเจ้าหน้าที่ผู้นำชุมชนในการลงสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- ชญา ณรงค์ฤทธิ์, ชานนท์ กิจจาร์ภัก, ศักดิ์ดา หอมหวล. 2557. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา กรณีศึกษา: จังหวัดตาก สุโขทัย กำแพงเพชร พิจิตร อุทัยธานี นครสวรรค์. รายงานฉบับสมบูรณ์, สถานภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือตอนล่าง, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, วาสนา พุฒกลาง. 2553. การประกอบแบบจำลองเชิงพื้นที่สำหรับประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน: รายงานการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2553.
- สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2560. ข้อมูล Data Dictionary ฐานข้อมูลชุดดินในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาที่รวบรวมจากกองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน. <http://slb-gis.envi.psu.ac.th/home/images/download/Data-dictionary/theme06.pdf>, 17 พฤษภาคม 2564.
- สมพร คนยงค์, สรัล ชูมณี, สุพารณ วงศ์ทอง. 2552. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับยางพาราจังหวัดปราจีนบุรี. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 40(1(พิเศษ)): 13–21.
- สำนักงานสถิติจังหวัดพัทลุง. 2563. ระบบข้อมูลการเกษตรจังหวัดพัทลุง พ.ศ. 2562. <https://plg-agri.bonmek.com/reportConclude>, 17 พฤษภาคม 2564.

ความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนวลักษณ์บุรี จังหวัดกำแพงเพชร

Satisfaction's customers with services of Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives,
Branch of Khanu Woralaksaburi, Kamphaeng Phet Province

ศัจรัตน์ นุ่นประสิทธิ์*, สุนีพร สุวรรณมณีพงศ์

Sajirat Nunprasit*, Suneeporn Suwanmaneepong

ภาควิชานวัตกรรมการสื่อสารและพัฒนากการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Communication Innovation and Agricultural Development, Faculty of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

*Corresponding, Email address: Sajirat4076@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ความพึงพอใจในการใช้บริการของธนาคาร 2) พฤติกรรมของลูกค้าที่มีต่อการให้บริการของธนาคาร เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากลูกค้า จำนวน 98 ราย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ลูกค้าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป จบการศึกษาระดับประถมศึกษา อาชีพเกษตรกร ลูกค้ามีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.35) โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดด้านพนักงาน (ค่าเฉลี่ย = 4.44) รองลงมาคือ ด้านการส่งเสริมการตลาด (ค่าเฉลี่ย = 4.40) ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ (ค่าเฉลี่ย = 4.36) และด้านอาคารสถานที่ (ค่าเฉลี่ย = 4.24) ความพึงพอใจมากด้านราคา (ค่าเฉลี่ย = 4.1) และมีข้อเสนอแนะให้เพิ่มจำนวนที่นั่ง ขยายสถานที่จอดรถ พิจารณาตู้เงินให้ง่ายขึ้นและปรับปรุงการให้บริการให้รวดเร็วมากขึ้น

คำสำคัญ: การให้บริการ, ความพึงพอใจ, ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

Abstract

The objectives of this research were to study: 1) Satisfaction's customers with services of Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives 2) Customers' behavior towards the bank's services. Data were collected using a questionnaire from 98 customers. The statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, and standard deviation. The results of the study found that most of the customers were female, age over 50 years old, graduating from primary school, and farmer occupation. The overall customers' satisfaction was at the highest level (mean = 4.35), with employees' satisfaction (mean = 4.44), followed by marketing promotion (mean = 4.40), products and services (mean = 4.36), and place (mean = 4.24). The high satisfaction with the price (mean = 4.1), and there were suggestions to increase the number of seats. expand parking space, consider providing loans easier and improve services Faster.

Keywords: Bank for Agriculture and Agricultural Cooperatives, Satisfaction, Service

บทนำ

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรจัดเป็นสถาบันการเงินที่มีบทบาทสำคัญในระบบการเงินเศรษฐกิจ มีหน้าที่หลักในด้านเงินฝากและให้สินเชื่อกู้ยืมเงิน เป็นศูนย์กลางทางการเงินภาคเกษตรและภาคชนบท มุ่งสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก โดยเน้นลูกค้าเป็นศูนย์กลาง ใช้กระบวนการสหกรณ์และผู้ประกอบการ เป็นแกนสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถภาคการเกษตรไทย เพื่อเพิ่มมูลค่าภาคการผลิต แบบบูรณาการพร้อมทั้งยกระดับเกษตรกรและทายาทเป็น Smart Farmer ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนนทบุรี จ.กำแพงเพชร ตั้งอยู่ที่ 389 หมู่ 3 ต.ป่าพุทธา อ.ชาวนนทบุรี จ.กำแพงเพชร 62130 แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ประเภท คือ ให้บริการทางการเงิน สินเชื่อและธุรการ โดยการเงินจะมีให้บริการทั้งฝาก ถอน ทำบัตร ATM ชำระค่าบริการ ธุรกรรมทางการเงิน ต่างๆ ผลิตภัณฑ์และบริการการเงิน เช่น เงินฝากออมทรัพย์ทวีโชค สลากออมทรัพย์เกษตรยั่งยืน เป็นต้น ด้านสินเชื่อปล่อยเงินกู้ให้ลูกค้ากู้เงินไปลงทุน สร้างอาชีพ ต่อเติมบ้าน และอื่นๆ ผลิตภัณฑ์และบริการสินเชื่อ เช่น โครงการสินเชื่อสู้ภัยโควิด 19 สินเชื่อธุรกิจ แฟรนไชส์ เป็นต้น และธุรการจะเป็นงานเกี่ยวกับติดต่อประสานงาน คอยดูแลงานด้านเอกสาร จดหมายต่างๆ ให้แก่พนักงานฝ่ายต่างๆ กลุ่มลูกค้าธนาคารแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือกลุ่มลูกค้าบุคคล จะมีลูกค้าเกษตรกรและลูกค้าบุคคลทั่วไป และกลุ่มที่สองคือลูกค้าสถาบัน องค์กร นิติบุคคล การดำเนินงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น และพฤติกรรมตามความต้องการของลูกค้าปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารจัดการองค์กรและเพิ่มขีดความสามารถบุคลากร เพื่อร่วมขับเคลื่อนภารกิจต่างๆ ไปสู่เป้าหมายในการสร้างคุณภาพชีวิตของคนในชนบทให้ดีขึ้น สร้างชุมชนไทยให้เข้มแข็งขึ้น สร้างความภาคภูมิใจในอาชีพเกษตรกรให้มากยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์, 2563)

ดังนั้นตามที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนนทบุรี จังหวัดกำแพงเพชร ที่มีความสำคัญกับลูกค้าในพื้นที่ สามารถนำข้อมูลที่ได้นำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนด กลยุทธ์การปฏิบัติงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในการให้บริการ พัฒนาปรับปรุงคุณภาพการให้บริการของธนาคารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นไม่ว่าจะด้านพนักงาน ด้านอาคารสถานที่ ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านราคา ด้านการส่งเสริมการตลาด ทั้งนี้ ก็เพื่อรักษาฐานลูกค้า สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า และเพิ่มจำนวนลูกค้าของธนาคารให้คงอยู่และเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ลูกค้าของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนนทบุรี จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 98 ราย

กลุ่มตัวอย่าง คือ ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกตัวอย่างอย่างง่าย กำหนดขนาดตัวอย่างจากสูตรของ Taro Yamane โดยกำหนดความเชื่อมั่น 90% ยอมรับได้ไม่เกิน 10% เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19 และระยะเวลาในการศึกษาที่มีจำกัด เป็นลูกค้าจำนวน 98 ราย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยแบ่งเป็น 3 ตอน

ตอน 1 ข้อมูลทั่วไปของลูกค้าที่มาใช้บริการ โดยเป็นคำถามปลายปิด มีทั้งหมด 4 ข้อคือ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ

ตอน 2 ระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยแบ่งประเด็นในการสำรวจความพึงพอใจเป็น 5 ด้าน คือ 1) ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และบริการ 2) ปัจจัยด้านราคา 3) ปัจจัยด้านพนักงาน 4) ปัจจัยด้านอาคารสถานที่ 5) ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด

ตอน 3 ข้อเสนอแนะที่มีต่อธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนนทบุรี

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

หาค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) ตามวิธีของ Cronbach's Alpha โดยได้ค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับ 0.963 และตรวจสอบแบบสอบถามว่าตรงตามวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานหรือไม่ โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบงานโดยตรงทำการตรวจสอบความสมบูรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการแจกแบบสอบถามให้กับลูกค้าที่มาใช้บริการที่ธนาคารในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ของแต่ละสัปดาห์ซึ่งเป็นวันเปิดทำการของธนาคารและจากการลงพื้นที่ เริ่มเก็บข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร อำเภอชาวนนทบุรี จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2564

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) โดยใช้เพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปของลูกค้าที่ใช้บริการในธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ซึ่งได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) และค่าเฉลี่ย (Mean) และวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของระดับความพึงพอใจในการใช้บริการแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert) วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) (เพ็ญแข และคณะ, 2551) โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของลูกค้า

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาชาวนนทบุรี จ.กำแพงเพชร ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.2 อายุมากกว่า 50 ปีมากที่สุด ร้อยละ 37.8 รองลงมาคืออายุระหว่าง 40–49 ปี ร้อยละ 34.7 และน้อยที่สุดอายุต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 1 ระดับการศึกษา (Table 1)

Table 1 Basic Information of Customers (n = 98)

Characteristics	Frequency	Percentage
Gender		
Male	38	38.80
Female	60	61.20
Age		
<20 years old	1	1.00
20-29 years old	7	7.10
30-39 years old	19	19.40
40-49 years old	34	34.70
>50 years old	37	37.80
Education level		
Lower than Primary education	1	1.00
Primary education	44	44.90
Lower than secondary education	18	18.40
High school / vocational certificate	14	14.30
Diploma / Above Diploma	10	10.20
Bachelor's degree	11	11.20
Career		
Pupil / student	1	1.00
Government official / state enterprise	2	2.00
Personal business / trading	13	13.30
Company employee	5	5.10
Farmer	74	75.50
Others (general contractor)	3	3.10

ความพึงพอใจในแต่ละด้านของการใช้บริการ

ความพึงพอใจในแต่ละด้านของการใช้บริการธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (Fig. 1) พบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการทั้ง 5 ด้าน ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.31$, $SD = 0.245$) โดยด้าน พนักงานมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{x} = 4.44$, $SD = 0.316$) รองลงมาคือ ด้านการส่งเสริมการตลาด ($\bar{x} = 4.40$, $SD = 0.306$) ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ($\bar{x} = 4.36$, $SD = 0.283$) ด้านอาคารสถานที่ ($\bar{x} = 4.24$, $SD = 0.384$) และด้านราคา ($\bar{x} = 4.10$, $SD = 0.351$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาในแต่ละด้านได้ดังนี้

ด้านราคา พบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคาร ในด้านราคาอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีอัตราค่าธรรมเนียมการบริการมีความคุ้มค่าต่อการทำธุรกรรม ($\bar{x} = 4.21$,

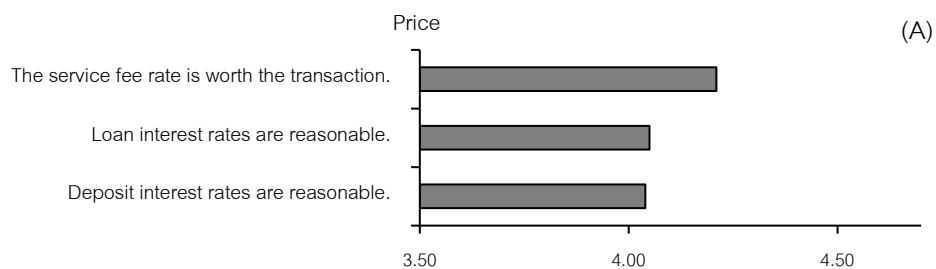
SD = 0.841) รองลงมาอยู่ในระดับความพึงพอใจในระดับมาก คือ อัตราดอกเบี้ยเงินเชื่อมีความเหมาะสม ($\bar{x} = 4.05$, SD = 0.878) และอัตราดอกเบี้ยเงินฝากมีความเหมาะสม ($\bar{x} = 4.04$, SD = 0.798) ตามลำดับ

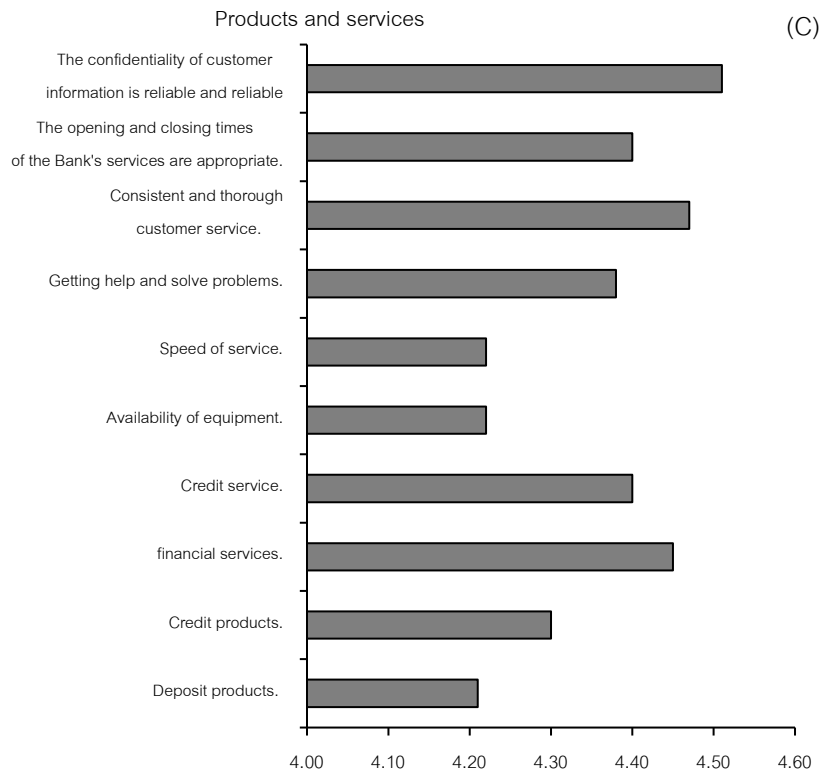
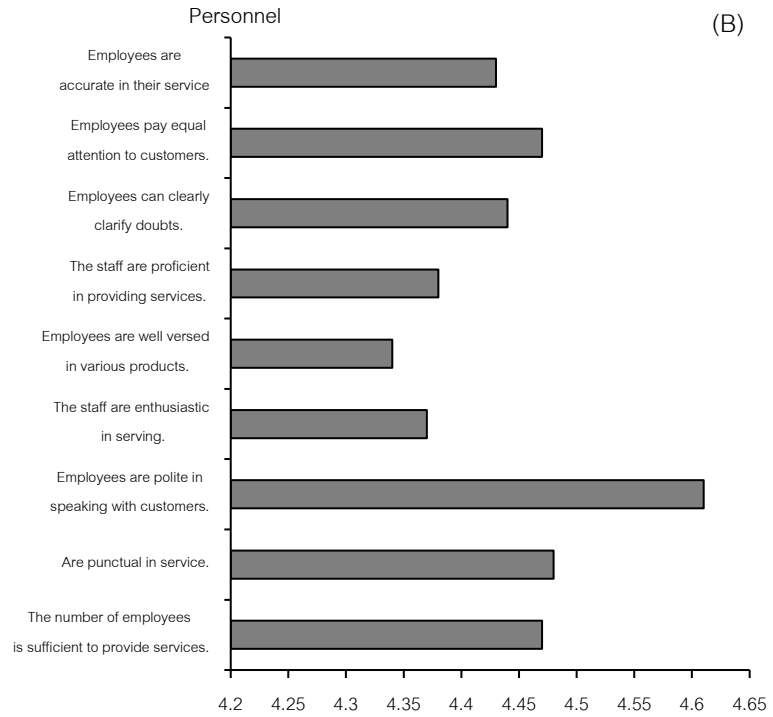
ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ พบว่า ผู้รับบริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคาร ในด้านผลิตภัณฑ์และบริการ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ การรักษาข้อมูลที่เป็นความลับของลูกค้ามีความน่าเชื่อถือไว้ใจได้ ($\bar{x} = 4.51$, SD = 0.646) รองลงมาคือ การบริการลูกค้าสม่ำเสมอและทั่วถึง ($\bar{x} = 4.47$, SD = 0.735) การให้บริการด้านการเงิน ($\bar{x} = 4.45$, SD = 0.720) การให้บริการด้านสินเชื่อ ($\bar{x} = 4.40$, SD = 0.685) เวลาเปิด-ปิดธนาคารมีความเหมาะสม ($\bar{x} = 4.40$, SD = 0.756) การได้รับความช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ($\bar{x} = 4.38$, SD = 0.681) ผลิตภัณฑ์สินเชื่อ ($\bar{x} = 4.30$, SD = 0.763) ผลิตภัณฑ์เงินฝาก ($\bar{x} = 4.27$, SD = 0.767) และระดับต่ำสุด คือ ความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้บริการและความรวดเร็วในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.22$, SD = 0.740)

ด้านพนักงาน พบว่า ผู้รับบริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคาร ในด้านพนักงาน อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ พนักงานมีมารยาทในการพูดจากับลูกค้า ($\bar{x} = 4.61$, SD = 0.622) รองลงมาคือ มีความตรงต่อเวลาในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.48$, SD = 0.663) จำนวนพนักงานเพียงพอต่อการให้บริการและพนักงานให้ความสำคัญกับลูกค้าเท่าเทียมกัน ($\bar{x} = 4.47$, SD = 0.721) พนักงานสามารถชี้แจงข้อสงสัยได้อย่างชัดเจน ($\bar{x} = 4.44$, SD = 0.719) พนักงานมีความเชี่ยวชาญในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.38$, SD = 0.696) พนักงานมีความกระตือรือร้นในการให้บริการ ($\bar{x} = 4.37$, SD = 0.957) และระดับต่ำสุด คือ พนักงานมีความรอบรู้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ($\bar{x} = 4.34$, SD = 0.786)

ด้านอาคารสถานที่ พบว่า ผู้รับบริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคาร ในด้านอาคารสถานที่ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ การจัดคิวสำหรับลูกค้าที่ไปติดต่อ ($\bar{x} = 4.42$, SD = 0.672) บ้ายบอบบริการต่างๆ มีความชัดเจน ($\bar{x} = 4.40$, SD = 0.685) และอยู่ในระดับความพึงพอใจในระดับมากคือ ที่นั่งรับบริการมีความเพียงพอต่อลูกค้าที่มาใช้บริการ ($\bar{x} = 4.13$, SD = 0.857) และสถานที่จอดรถเพียงพอ ($\bar{x} = 3.99$, SD = 0.925)

ด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า ผู้รับบริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการของธนาคาร ในด้านการส่งเสริมการตลาด อยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ข้อมูลของธนาคารมีความทันสมัยเป็นปัจจุบัน ($\bar{x} = 4.49$, S.D.=0.677) รองลงมาคือ มีการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ่านสื่อต่างๆ ให้ลูกค้ารับรู้ ($\bar{x} = 4.44$, SD = 0.719) การเผยแพร่ข้อมูลทันต่อเวลาเหตุการณ์ ($\bar{x} = 4.43$, SD = 0.674) การกระจายข้อมูลทั่วถึงลูกค้า ($\bar{x} = 4.32$, SD = 0.781) และระดับต่ำสุด คือ การจัดบอร์ดแจ้งข้อมูลประชาสัมพันธ์ภายในของธนาคาร ($\bar{x} = 4.31$, SD = 0.680)





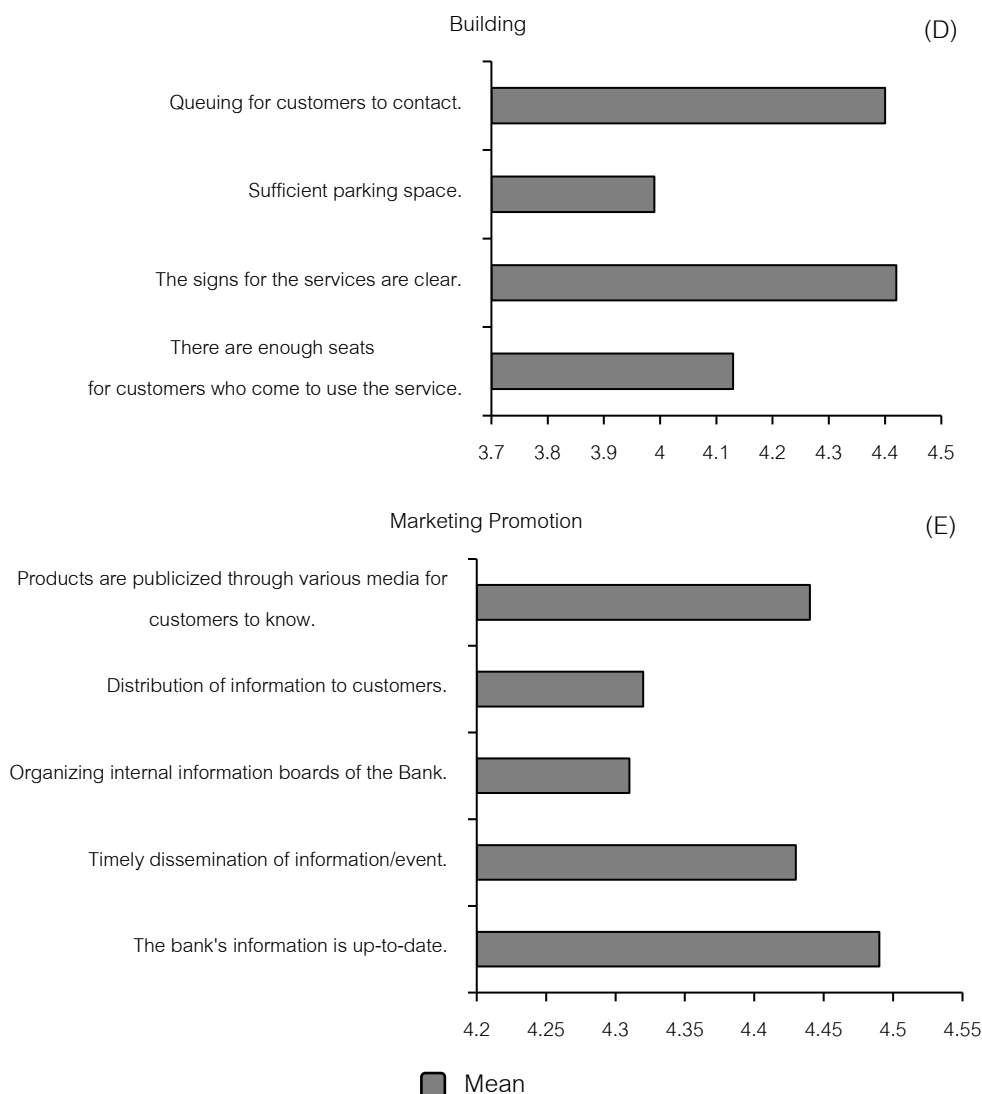


Fig. 1 Mean of Customer' Satisfaction: (A) Price, (B) Personnel, (C) Products and services, (D) Building, (E) Marketing Promotion

ข้อเสนอแนะของลูกค้าที่มีต่อธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

ผลการศึกษาพบว่า ข้อเสนอแนะที่ลูกค้าต้องการคือ ต้องการให้ทางธนาคารเพิ่มจำนวนที่นั่งให้มากขึ้น ขยายสถานที่จอดรถเนื่องจากที่จอดรถของทางธนาคารไม่เพียงพอต่อลูกค้าที่มาใช้บริการ พิจารณาการกู้เงินให้ง่ายขึ้นกว่าเดิมและปรับปรุงการให้บริการของพนักงานให้รวดเร็วมากขึ้นเพื่อลูกค้าที่มาทำธุรกรรมจะได้ไม่รอนาน

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ภาพรวมความพึงพอใจในทุกด้านอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.31 ด้านผลิตภัณฑ์และบริการประเด็นในเรื่องของความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการให้บริการและความรวดเร็วในการให้บริการมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเช่น คอมพิวเตอร์บางที่อาจมีค้างหรือทำงานช้าจึงจำเป็นต้องรอจนกว่าจะกลับมาใช้งานได้ทำให้เวลาในการให้บริการต่อลูกค้าบางรายใช้เวลาในด้านราคาในส่วน of อัตราดอกเบี้ยเงินฝากมีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด เนื่องจากอัตราดอกเบี้ยที่ธนาคาร

กำหนดอาจไม่เป็นที่พึงพอใจของลูกค้าแต่ลูกค้าที่มาฝากเงินกับทางธนาคาร ด้านพนักงานประเด็นพนักงานมีความรอบรู้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเนื่องจากทาง ธ.ก.ส. สาขาชาวนารัฐบุรี มีพนักงานสินเชื่อใหม่ที่เพิ่งเข้ามาทำให้ความรอบรู้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ยังมีไม่มากจึงอธิบายลูกค้าได้ไม่มากนัก ด้านอาคารสถานที่ประเด็นเรื่องสถานที่จอดรถ

เพียงพอมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเนื่องจากสถานที่ตั้งของธนาคารมีพื้นที่ไม่กว้างขวางจึงมีที่จอดรถให้ลูกค้าน้อยและด้านสุดท้ายคือด้านการส่งเสริมการตลาดประเด็นเรื่องการจัดบอร์ดแจ้งข้อมูลประชาสัมพันธ์ภายในของธนาคารมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเนื่องจากที่ติดบอร์ดประชาสัมพันธ์อยู่ในมุมที่ลูกค้าสังเกตยาก จากที่กล่าวมาในส่วนขอเสนอแนะของลูกค้าสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรภรณ์ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจในการให้บริการของพนักงานธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) สาขาพูนผล จังหวัดภูเก็ต ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการของธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) สาขาพูนผล จังหวัดภูเก็ต โดยใช้เครื่องมือคือแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างได้แก่ลูกค้าที่มาใช้บริการจำนวน 400 คน ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยควรมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานในด้านความรวดเร็วในการให้บริการให้มากขึ้น โดยอาจจะนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยมากขึ้น (วัชรภรณ์, 2555)

สรุปผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป มีระดับการศึกษาระดับประถมศึกษา และประกอบอาชีพเกษตรกร ผลสรุปความพึงพอใจที่มากที่สุดในแต่ละด้านของการใช้บริการธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรในด้านผลิตภัณฑ์และบริการ คือการรักษาข้อมูลที่เป็นความลับของลูกค้ามีความน่าเชื่อถือไว้ใจได้โดยพนักงานทุกคนจะไม่บอกข้อมูลของลูกค้าให้กับบุคคลอื่นทราบและจะยึดเอกสารเพื่อปกปิดข้อมูลของลูกค้าเสมอเพื่อป้องกันบุคคลอื่นเห็น ด้านราคามีอัตราค่าธรรมเนียมการบริการมีความคุ้มค่าต่อการทำธุรกรรม อัตราค่าธรรมเนียมแต่ละอย่างไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับธุรกรรมนั้นๆ ด้านพนักงาน พนักงานมีมารยาทในการพูดจากับลูกค้า ด้านอาคารสถานที่ที่มีการจัดคิวสำหรับลูกค้าที่ไปติดต่อทางธนาคารจะมีการทยอยลูกค้าที่เข้าไปใช้บริการไม่ให้มีจำนวนมากจนเกินไปเพื่อลดความแออัดและเป็นระเบียบ และด้านการส่งเสริมการตลาดข้อมูลของธนาคารมีความทันสมัยเป็นปัจจุบันโดยจะมีธนาคารจะมีการอัปเดตข้อมูลอยู่เสมอให้ทันต่อเหตุการณ์หรือช่วงเวลาของโครงการนั้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดจากทั้ง 5 ด้านคือ ด้านราคาในประเด็นเรื่องอัตราดอกเบี้ยเงินฝากมีความเหมาะสม ซึ่งในการฝากเงินลูกค้าส่วนใหญ่มุ่งหวังผลตอบแทนที่ได้จากการฝากเงินโดยอัตราดอกเบี้ยเงินฝากเป็นแรงจูงใจในการฝากเงินของลูกค้าเมื่ออัตราดอกเบี้ยสูงลูกค้ามีความต้องการในการฝากเงินมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2563. วิสัยทัศน์ พันธกิจ และค่านิยม.

https://www.baac.or.th/th/content-about.php?content_group_sub=0003, 18 สิงหาคม 2564.

เพ็ญแข ศิริวรรณ และคณะ. 2551. สถิติเพื่อการวิจัย. เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

วัชรภรณ์ จันทร์สุวรรณ. 2555. ความพึงพอใจในการให้บริการของพนักงานธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) สาขาพูนผล จังหวัดภูเก็ต. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

**สาขาส่งเสริมการเกษตร
และคหกรรมเกษตร
(Subject: Agricultural Extension
and Home Economic)**

**ภาคโปสเตอร์
(Poster Presentation)**

ประสิทธิภาพในการขจัดคราบและลักษณะฟองของน้ำยาซักผ้าโดยใช้อัตราส่วนสารลดแรงตึงผิวแตกต่างกัน

Stains removal efficiency and foam characteristic of liquid detergents by using different surfactant ratios

ญาณิศา พิลาดิ, ศศิประภา รัตนดิลก ณ ภูเก็ต*

Yanisa Piladee, Sasiprapha Rattanadilok Na Phuket*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsspp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการขจัดคราบและลักษณะฟองของน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้โดยใช้ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตโซเดียมซอลท์ (LAS) และโซเดียมไดออกซีเอทิลีนลอริลอีเทอร์ซัลเฟต (SLES) เป็นสารลดแรงตึงผิว และใช้น้ำกาแฟสำเร็จรูป น้ำกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง และน้ำมันปาล์ม เป็นคราบสกปรก ผลการศึกษา พบว่าน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2 มีความหนืดมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4, 3, 5 และ 1 ตามลำดับ น้ำยาซักผ้าทุกสูตรมีประสิทธิภาพสูงสุดในการขจัดคราบทั้ง 3 ชนิด โดยคราบน้ำมันปาล์มถูกขจัดได้ดีกว่าคราบกาแฟสำเร็จรูป และคราบกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง ตามลำดับ เมื่อน้ำยาซักผ้ามีสารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียว ฟองของ LAS มีขนาดเล็กกว่าและสลายตัวเร็วกว่าฟองของ SLES ส่วนน้ำยาซักผ้าที่มีทั้ง LAS และ SLES ความสูงของฟองและเวลาในการสลายตัวเพิ่มขึ้น เมื่อ LAS มีปริมาณเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: คราบ, โซเดียมไดออกซีเอทิลีนลอริลอีเทอร์ซัลเฟต, น้ำยาซักผ้า, ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต, สารลดแรงตึงผิว

Abstract

This research aims to study on stains removal efficiency and foam characteristic of liquid detergents obtained by using linear alkylbenzenesulfonate, sodium salt (LAS) and sodium dioxyethylene lauryl ether sulfate (SLES) as surfactants, and using instant coffee, coffee mix powder, and palm oil as stains. The results found that liquid detergents obtained were transparent liquid. Liquid detergent formula 2 had the highest viscosity, followed by liquid detergent formula 4, 3, 5, and 1, respectively. All liquid detergent formulas had the highest efficiency for removing 3 types of stains. Palm oil stain was removed better than instant coffee, and coffee mix powder, respectively. When liquid detergents obtained had only one type of surfactant, foam of LAS had smaller size and degraded faster than that of SLES. For liquid detergents obtained had both LAS and SLES, foam height and degradation time increased when LAS increased.

Keywords: Linear alkylbenzenesulfonate, Liquid detergent, Sodium dioxyethylene lauryl ether sulfate, Stain, Surfactant

คำนำ

การทำมาความสะอาดสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็น การกำจัดสิ่งสกปรกและเชื้อโรคที่สะสมอยู่ ทำให้ดูน่าใช้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในอดีตมนุษย์ทำความสะอาดสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม โดยการใช้น้ำและการทุบหรือขยี้ หลังจากนั้นจึงมีการค้นพบสบู่และใช้สบู่ในการทำมาความสะอาดสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม แต่ ข้อจำกัดของสบู่ คือ การเกิดโคลสบู่เมื่อซักในน้ำกระด้าง ซึ่งทำให้ผ้ามีสีหม่น และมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงมีการ พัฒนาสารซักฟอกเพื่อให้มีสมบัติที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งในปัจจุบันมีสารซักฟอก (detergent) หลายชนิด จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ทั้งที่อยู่ในรูปของผงซักฟอกและน้ำยาซักผ้า โดยมีสารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นส่วนประกอบ สำคัญ ซึ่งสารลดแรงตึงผิวบางชนิดส่งผลต่อการเนาเสียของน้ำและการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

สารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของสารซักฟอก โดยทำให้แรงตึงผิวของน้ำลดลง ทำให้น้ำเปียกวัสดุได้ง่ายขึ้น ทำให้กำจัดสิ่งสกปรกให้หลุดออกจากวัสดุดีขึ้น และแขวนลอยสิ่งสกปรกให้อยู่ในน้ำไม่ให้เกิด กลับไปติดบนผิววัสดุจนกว่าจะมีการล้างออกไป (Smulders, 2002) ปัจจุบันผู้ผลิตนิยมใช้สารลดแรงตึงผิวในกลุ่มลิเนียร์ อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (linear alkylbenzenesulfonate (LAS)) เป็นสารลดแรงตึงผิวในสารซักฟอกแทนสารลดแรงตึงผิว ในกลุ่มอัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (alkylbenzenesulfonates (ABS)) เนื่องจาก LAS เป็นสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ (synthetic surfactant) ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่ตรง (linear chain) ทำให้ละลายตัวได้ง่ายกว่า ABS ซึ่งมีโครงสร้าง ทางเคมีเป็นสายโซ่กิ่ง (branched chain) นอกจากนี้ LAS ยังมีประสิทธิภาพในการซักสูง เกิดฟองมาก ขจัดคราบสกปรก ได้ดี (ศศิประภา, 2564) สารลดแรงตึงผิวอีกชนิดหนึ่งที่มีการเริ่มนำมาใช้ในสารซักฟอก คือ สารลดแรงตึงผิวชนิดโซเดียม ไดออกซีเอทิลีนลอริลอีเทอร์ซัลเฟต (sodium dioxyethylene lauryl ether sulfate (SLES)) เนื่องจากเป็นสารลดแรงตึงผิว สังเคราะห์ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่ตรง และมีพันธะอีเทอร์ (ether bonding) อยู่ในสายโซ่หลัก (main chain) ทำให้ละลายตัวได้ง่าย นอกจากนี้ยังละลายน้ำได้ดี เกิดฟองมาก ทนต่อน้ำกระด้างได้ดี ช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกมาได้ง่ายขึ้น และเป็นสารที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังน้อย (โชติมา, 2549)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จึงสนใจศึกษา 1) ลักษณะทางกายภาพของสารซักฟอกชนิดน้ำ (น้ำยาซักผ้า) ที่สามารถผลิตได้ ในระดับครัวเรือน โดยใช้ LAS และ SLES เป็นสารลดแรงตึงผิว 2) ประสิทธิภาพในการขจัดคราบ และ 3) ลักษณะฟองของ น้ำยาซักผ้า เพื่อหาสูตรน้ำยาซักผ้าที่มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบ และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็น แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมีที่ใช้

1. ลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตโซเดียมซอลท์ (LAS) (linear alkylbenzenesulfonate, sodium salt ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$) จาก บริษัท สงฮวด จำกัด, กรุงเทพฯ
2. โซเดียมไดออกซีเอทิลีนลอริลอีเทอร์ซัลเฟต (SLES) (sodium dioxyethylene lauryl ether sulfate ($\text{C}_{16}\text{H}_{34}\text{O}_6\text{S}\cdot\text{Na}$) จาก บริษัท สงฮวด จำกัด, กรุงเทพฯ
3. หัวเขื่อน้ำหอม กลิ่น pink scent จาก บริษัท สงฮวด จำกัด, กรุงเทพฯ
4. เกลือแกง (sodium chloride, NaCl) ตราปรุงทิพย์
5. กาแฟสำเร็จรูปผสมกาแฟคั่วบดละเอียด (instant coffee) ตราเนสกาแฟ เรดคัพ
6. กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง (coffee mix powder) ตราเนสกาแฟ เบลนด์ แอนด์ บรู ริช อโรมา

7. น้ำมันปาล์ม (palm oil) ตราไบเนต

การผลิตน้ำยาซักผ้า

วิธีและสูตรในการผลิตน้ำยาซักผ้าได้ดัดแปลงมาจากวิธีการผลิตน้ำยาซักผ้าของบริษัท ฮงฮวด จำกัด (บริษัท ฮงฮวด จำกัด, 2556, 2561) โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ 20 g ในน้ำสะอาด 350 mL ผสมให้เข้ากัน ใส่สาร SLES ตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละสูตร (Table 1) ผสมให้เข้ากัน ใส่สาร LAS ตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละสูตร (Table 1) ผสมให้เข้ากัน แล้วใส่หัวเชื้อน้ำหอม 0.6 mL ผสมให้เข้ากัน สังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ โดยน้ำยาซักผ้าที่ดีจะต้องไม่มีตะกอน ไม่แยกชั้น และมีความหนืดไม่สูงมาก หากน้ำยาซักผ้ามีความหนืดสูงมากหรือไหลยากจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดด้วยกระบวนการซักน้ำลดลง (Smulders, 2002)

Table 1 Liquid detergent compositions

Formula	SLES : LAS	Weight/Volume				
		SLES (g)	LAS (g)	Water (mL)	NaCl (g)	Perfume (mL)
1	0:1	0	70	350	20	0.6
2	1:0	70	0	350	20	0.6
3	1:1	35	35	350	20	0.6
4	2:1	50	20	350	20	0.6
5	1:2	20	50	350	20	0.6

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาซักผ้าในการขจัดคราบตัวอย่าง

ผ้าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผ้าฝ้าย 100% สีขาว ขนาด 10×10 cm ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว โดยการต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 min อัตราส่วนผ้า:น้ำ 1:30 และตัวอย่างคราบที่ใช้ คือ คราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป คราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง และคราบน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นตัวแทนของคราบประเภทไม่มีน้ำมัน (nongreasy stains) คราบประเภทคราบผสม (combination stains) และคราบประเภทน้ำมัน (greasy stains) ตามลำดับ (Anonymous, 1981) โดยละลายกาแฟสำเร็จรูป 15 g ในน้ำร้อน 130 mL ละลายกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง 15 g ในน้ำร้อน 130 mL แล้วหยดสารละลายกาแฟสำเร็จรูป สารละลายกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง และน้ำมันปาล์ม ปริมาตร 0.2 mL ลงบนผ้าตัวอย่างแต่ละผืน จำนวน 3 จุด ในแนวทแยง มีระยะห่างระหว่างหลอดหยดสารกับผ้าตัวอย่าง 5 cm วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 hr เพื่อให้เกิดคราบแห้งบนผ้าตัวอย่าง นำผ้าตัวอย่างแช่ในสารละลายน้ำยาซักผ้า 500 mL (น้ำสะอาดต่อน้ำยาซักผ้า 500:1) เป็นเวลา 30 min หลังจากนั้นใช้แปรงสีฟันในการขจัดคราบ โดยแปรงวนบริเวณคราบ 3 รอบ ล้างผ้าตัวอย่างในน้ำสะอาด 500 mL 3 ครั้ง บีบให้หมาด แล้วนำไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง สังเกตคราบและสีของคราบก่อนและหลังการซัก และประเมินความแตกต่างของสีด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสี (gray scale for evaluating change in color, ISO international standard R105/I, part 2) ใช้แสงมาตรฐาน D₆₅ แสงที่ส่องพื้นผิวทำมุม 45 องศา ทิศทางการมองตั้งฉากกับพื้นผิว โดยเกรย์สเกลระดับ 1 หมายถึง สีของคราบก่อนการซักแตกต่างจากสีของคราบหลังการซักมากที่สุด (ประสิทธิภาพในการขจัดคราบสูงสุด) เกรย์สเกลระดับ 5 หมายถึง สีของคราบก่อนการซักแตกต่างจากสีของคราบหลังการซักลดน้อยที่สุด (ประสิทธิภาพในการขจัดคราบต่ำสุด)

การศึกษาลักษณะฟองของน้ำยาซักผ้า

การศึกษาการเกิดฟองมีวิธีการดังนี้ เทน้ำสะอาด 500 mL และน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร 1 mL ลงในโถเครื่องปั่นนอเนกประสงค์รุ่น EM-ICE 2 ยี่ห้อชาร์ป (SHARP) เพื่อจำลองการทำงานของเครื่องซักผ้าชนิดฝาบน (top-loading washing machine) ปั่นด้วยความเร็วในระดับที่ 1 เป็นเวลา 3 sec แล้วจึงเทลงในภาชนะขนาด 12.5×17.5 cm วัดความสูงของฟองและสังเกตลักษณะฟองที่เกิดขึ้น ที่เวลา 0 และ 20 min และบันทึกระยะเวลาที่ฟองสลายตัวจนหมด

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำยาซักผ้า

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ พบว่า น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีตะกอนสีขาวขุ่น และมีอนุภาคสีขาวขุ่นลอยอยู่ด้านบน น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน เมื่อพิจารณาความหนืดจากลักษณะการไหลของน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ พบว่า น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2 มีความหนืดมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4, 3, 5 และ 1 ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่า SLES ทำให้น้ำยาซักผ้ามีความหนืดเพิ่มขึ้น

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำยาซักผ้าในการขจัดคราบตัวอย่าง

จาก Fig. 1 พบว่า น้ำยาซักผ้าทุกสูตรสามารถขจัดคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูปที่เปื้อนบนผ้าฝ้ายได้ และมีประสิทธิภาพในการขจัดคราบใกล้เคียงกัน โดยหลังการซักสีคราบจะจางลง แต่ยังคงมีรอยเปื้อนของสีกาแฟปรากฏบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับคราบก่อนการซัก จากการประเมินความแตกต่างของสีด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่า ความแตกต่างของสีคราบน้ำกาแฟสำเร็จรูปก่อนและหลังการซักด้วยน้ำยาซักผ้าทุกสูตร อยู่ที่ระดับ 1 (ประสิทธิภาพในการขจัดคราบสูงสุด)

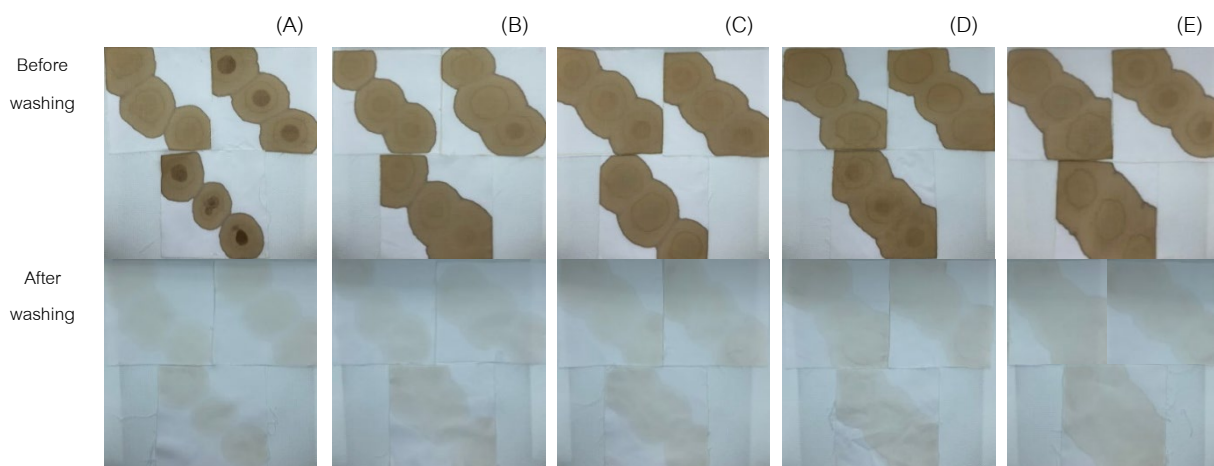


Fig. 1 Stain of instant coffee on cotton fabric before and after washing in liquid detergent obtained:

(A) formula 1 (SLES:LAS = 0:1); (B) formula 2 (SLES:LAS = 1:0); (C) formula 3 (SLES:LAS = 1:1);

(D) formula 4 (SLES:LAS = 2:1); (E) formula 5 (SLES:LAS = 1:2)

จาก Fig. 2 พบว่า น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 และ 5 สามารถขจัดคราบน้ำกาแฟสำเร็จชนิดผงที่เปื้อนบนผ้าฝ้ายได้ดีกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1, 2 และ 3 โดยหลังการซักด้วยน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 และ 5 รอยเปื้อนที่ปรากฏมีสีจางกว่ารอยเปื้อนหลังการซักด้วยน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1, 2 และ 3 และน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 3 สามารถขจัดคราบน้ำกาแฟสำเร็จชนิดผงได้ดีกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งสังเกตจากรอยเปื้อนที่ปรากฏมีสีจางกว่ารอยเปื้อนหลังการซักด้วยน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 และ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 และ 5 มีปริมาณสารลดแรงตึงผิวมากกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 3 และน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 3 มีปริมาณสารลดแรงตึงผิวมากกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 และ 2 เนื่องจากในกระบวนการซักด้วยน้ำ สารลดแรงตึงผิวจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำลดลง ทำให้น้ำเปียกวัสดุที่จะทำความสะอาดและเปียกคราบสกปรกได้ดีขึ้น นอกจากนี้สารลดแรงตึงผิวยังช่วยขจัดคราบสกปรกออกจากวัสดุ และแขวนลอยไม่ให้สิ่งสกปรกกลับไปติดวัสดุ (Smulder, 2002) จากการประเมินความแตกต่างของสีด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่า ความแตกต่างของสีคราบน้ำกาแฟสำเร็จชนิดผงก่อนและหลังการซักด้วยน้ำยาซักผ้าทุกสูตร อยู่ที่ระดับ 1 (ประสิทธิภาพในการขจัดคราบสูงสุด)

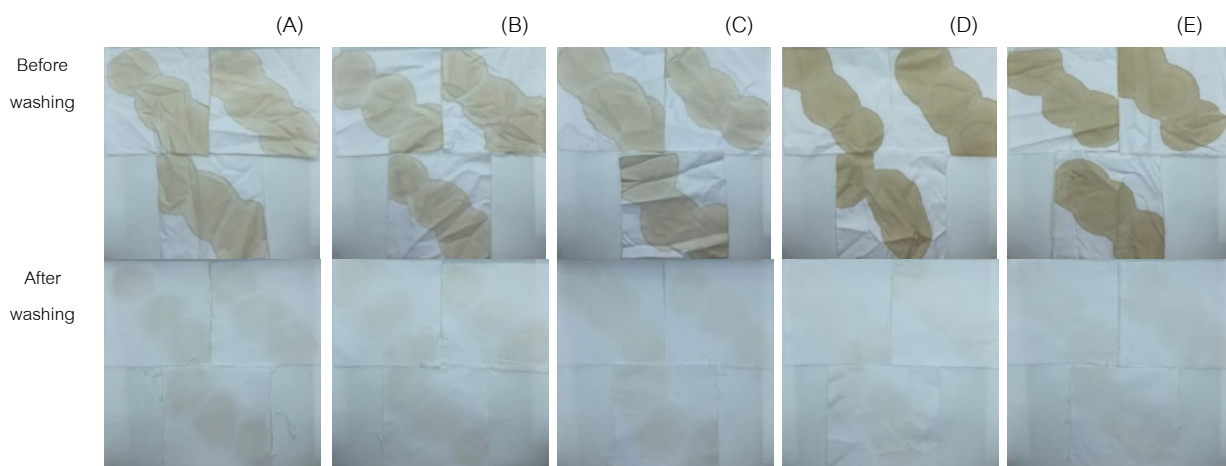


Fig. 2 Stain of coffee mix powder on cotton fabric before and after washing in liquid detergent obtained:

(A) formula 1 (SLES:LAS = 0:1); (B) formula 2 (SLES:LAS = 1:0); (C) formula 3 (SLES:LAS = 1:1);
(D) formula 4 (SLES:LAS = 2:1); (E) formula 5 (SLES:LAS = 1:2)

จาก Fig. 3 พบว่า น้ำยาซักผ้าทุกสูตร สามารถขจัดคราบน้ำมันปาล์มที่เปื้อนบนผ้าฝ้ายได้ และมีประสิทธิภาพในการขจัดคราบน้ำมันปาล์มใกล้เคียงกัน โดยหลังการซักไม่มีรอยเปื้อนปรากฏอยู่ ทั้งนี้ไม่สามารถประเมินความแตกต่างของสีด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสีได้ เนื่องจากคราบน้ำมันปาล์มไม่มีสี

จาก Fig. 1-3 อาจกล่าวได้ว่า น้ำยาซักผ้าทุกสูตรสามารถขจัดคราบน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นคราบประเภทน้ำมัน (greasy stains) ได้ดีที่สุดในลำดับ โดยหลังการซักไม่มีรอยเปื้อนปรากฏอยู่ รองลงมา คือ คราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป ซึ่งเป็นคราบประเภทไม่มีน้ำมัน (nongreasy stains) และคราบน้ำกาแฟสำเร็จชนิดผง ซึ่งเป็นคราบประเภทคราบผสม (combination stains) ตามลำดับ โดยหลังการซักสีคราบจะจางลง แต่ยังคงมีรอยเปื้อนของสีกาแฟปรากฏจางๆ และจากการประเมินความแตกต่างของสีด้วยเกรย์สเกลสำหรับประเมินระดับการเปลี่ยนแปลงของสี อาจกล่าวได้ว่า น้ำยาซักผ้าทุกสูตรมีประสิทธิภาพสูงสุดในการขจัดคราบทั้ง 3 ชนิด

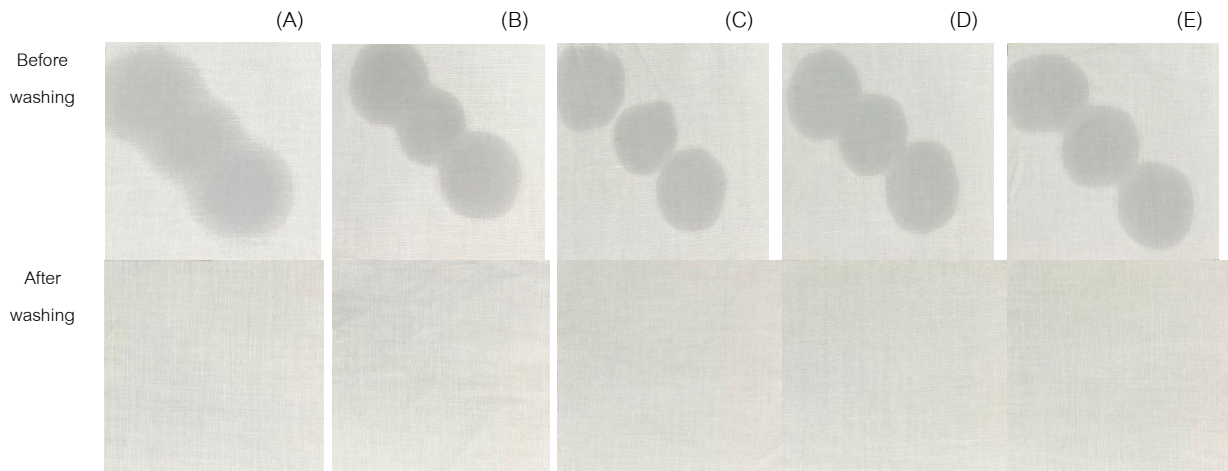


Fig. 3 Stain of palm oil on cotton fabric before and after washing in liquid detergent obtained: (A) formula 1 (SLES:LAS = 0:1); (B) formula 2 (SLES:LAS = 1:0); (C) formula 3 (SLES:LAS = 1:1); (D) formula 4 (SLES:LAS = 2:1); (E) formula 5 (SLES:LAS = 1:2)

การศึกษาลักษณะฟองของน้ำยาซักผ้า

การศึกษานี้ ศึกษาลักษณะและการสลายตัวของฟองจากน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวบางชนิดทำให้เกิดฟองที่เสถียรหรือสลายตัวยาก เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำ ฟองที่เกิดขึ้นจะปกคลุมไม่ให้อากาศสัมผัสกับน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อยลง สัตว์น้ำจะตายเพราะได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอในการดำรงชีวิต แหล่งน้ำที่ผิวน้ำปกคลุมหนาแน่นด้วยฟอง แสงอาทิตย์จะไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้ ทำให้พืชน้ำขึ้นล่างตาย เพราะไม่สามารถสร้างอาหารโดยการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เป็นเหตุให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อในน้ำไม่มีออกซิเจน สิ่งมีชีวิตต่างๆ ในน้ำจะตาย และผลจากการย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สที่มีกลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่า ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับสารเคมีในน้ำทำให้น้ำมีสีดา กระบวนการเหล่านี้ทำให้เกิดภาวะน้ำเสียและมีกลิ่นเหม็น (จักรพันธ์, 2546)

จาก Fig. 4 พบว่า น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 ซึ่งมี LAS เป็นส่วนผสม ฟองที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก เนื้อละเอียด (Fig. 4A) น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2 ซึ่งมี SLES เป็นส่วนผสม ฟองที่เกิดขึ้นมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ช่องว่างอากาศน้อย และฟู (Fig. 4B) น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วน SLES:LAS 1:1 ฟองที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กและใหญ่ ช่องว่างอากาศน้อย และฟู (Fig. 4C) น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วน SLES:LAS 2:1 ฟองที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กและใหญ่ ช่องว่างอากาศมาก และฟู (Fig. 4D) น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 ซึ่งมีอัตราส่วน SLES:LAS 1:2 เกิดฟองขนาดเล็กและใหญ่ ฟู และฟองแน่นเต็มภาชนะ (Fig. 4E) เมื่อตั้งไว้เป็นเวลา 20 min พบว่า ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 สลายตัวเร็วที่สุด (Fig. 4A) และฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 (Fig. 4E) สลายตัวช้าที่สุด จึงอาจกล่าวได้ว่า เมื่อน้ำยาซักผ้ามีสารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียว ฟองของ LAS จะละเอียดกว่าฟองของ SLES และสลายตัวเร็วกว่าฟองของ SLES ส่วนน้ำยาซักผ้าที่มีทั้ง SLES และ LAS ลักษณะของฟองจะแปรตามอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิด

จาก Table 2 พบว่า ที่ 0 min ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 มีความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่า ฟองของน้ำยาซักผ้าที่มีสารลดแรงตึงผิว 2 ชนิด (SLES และ LAS) เป็นส่วนผสม จะมีความสูงหรือปริมาตรมากกว่าฟองของน้ำยาซักผ้าที่มีสารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียวเป็นส่วนผสม เมื่อตั้งไว้เป็นเวลา 20 min พบว่า ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 มีความสูงลดลงมากที่สุด (0.7 cm) รองลงมา คือ ฟองของน้ำยาซักผ้า

สูตรที่ 3 (0.6 cm) ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 (0.5 cm) และฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 และ 2 (0.4 cm) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ฟองสลายตัวหมด พบว่า ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 สลายตัวเร็วที่สุด รองลงมา คือ ฟองของน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2, 4, 3 และ 5 ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำยาซักผ้าที่มี SLES และ LAS เป็นส่วนผสม ฟองที่เกิดขึ้นจะมีความสูงและใช้เวลาสลายตัวเพิ่มขึ้น เมื่อ LAS มีปริมาณเพิ่มขึ้น

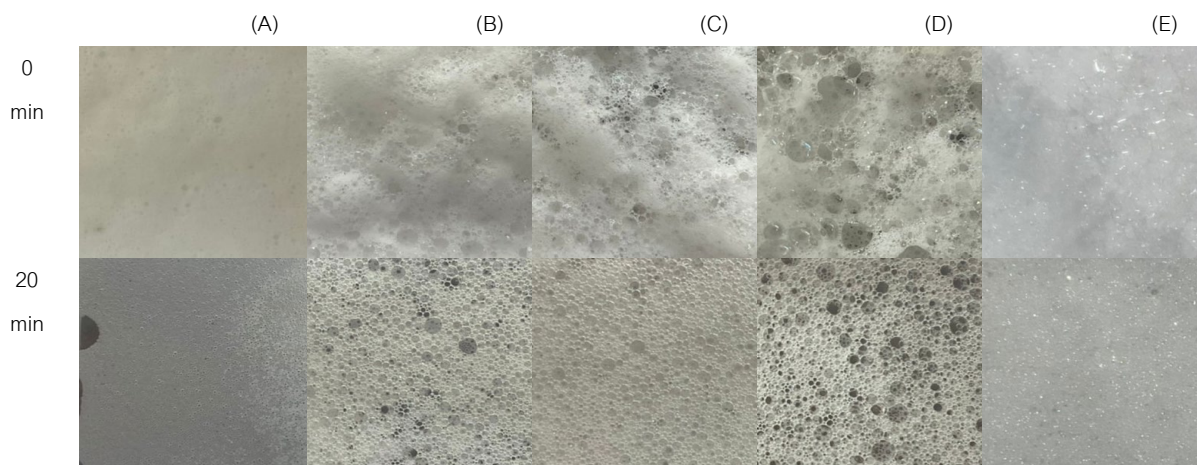


Fig. 4 Foam of liquid detergent obtained at 0 min and 20 min: (A) formula 1 (SLES:LAS = 0:1); (B) formula 2 (SLES:LAS = 1:0); (C) formula 3 (SLES:LAS = 1:1); (D) formula 4 (SLES:LAS = 2:1); (E) formula 5 (SLES:LAS = 1:2)

Table 2 Foam height and foam degradation time

Formula	SLES:LAS	Foam height (cm)		Foam degradation time (min)
		0 min	20 min	
1	0:1	0.8	0.4	58
2	1:0	1.2	0.8	173
3	1:1	1.5	0.9	239
4	2:1	1.3	0.8	227
5	1:2	1.7	1.0	296

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยมีความเห็นว่า น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4 เป็นสูตรที่น่าจะนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสุดในการขจัดคราบทั้ง 3 ชนิด และสามารถขจัดคราบน้ำกาแฟปิ้งสำเร็จชนิดผงได้ดีกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1, 2 และ 3 เกิดฟองน้อยกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 และมีระยะเวลาในการสลายตัวของฟองเร็วกว่าน้ำยาซักผ้าสูตรที่ 5 เนื่องจากฟองที่มีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องซักผ้า และถ้าแหล่งน้ำถูกปกคลุมด้วยฟองปริมาณมากและสลายตัวยากจะทำให้เกิดมลพิษทางน้ำได้

สรุป

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้ 5 สูตร โดยการปรับอัตราส่วนระหว่าง SLES และ LAS พบว่า น้ำยาซักผ้าที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี แต่น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 1 มีตะกอนสีขาวขุ่น และมีอนุภาคสีขาวขุ่นลอยอยู่ด้านบน น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 2 มีความหนืดมากที่สุด รองลงมา คือ น้ำยาซักผ้าสูตรที่ 4, 3, 5 และ 1 ตามลำดับ ผลการศึกษาระสิทธิภาพในการขจัดคราบและการเกิดฟอง พบว่า น้ำยาซักผ้าทุกสูตรมีประสิทธิภาพสูงสุดในการขจัดคราบทั้ง 3 ชนิด โดยสามารถขจัดคราบน้ำมันปาล์ม ซึ่งเป็นคราบประเภทน้ำมัน (greasy stains) ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ คราบน้ำกาแฟสำเร็จรูป ซึ่งเป็นคราบประเภทไม่มีน้ำมัน (nongreasy stains) และคราบน้ำกาแฟปรุงสำเร็จ ชนิดผง ซึ่งเป็นคราบประเภทคราบผสม (combination stains) ตามลำดับ เมื่อน้ำยาซักผ้ามีสารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียว ฟองของ LAS จะละเอียดกว่าฟองของ SLES และสลายตัวเร็วกว่าฟองของ SLES ส่วนน้ำยาซักผ้าที่มี SLES และ LAS เป็นส่วนผสม ฟองที่เกิดขึ้นจะมีความสูงและใช้เวลาสลายตัวเพิ่มขึ้น เมื่อ LAS มีปริมาณเพิ่มขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จักรพันธ์ คงวอย. 2546. ผงซักฟอกกับสิ่งแวดล้อม. <https://www.nkw.ac.th/course/>

www.school.net.th/library/create-, 10 กรกฎาคม 2564.

โชติมา วิไลวัลย์. 2549. ผลิตภัณฑ์ซักล้าง. <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=4&ID=1>, 10 กรกฎาคม 2564.

บริษัท สงหวด จำกัด. 2556. สูตรทำน้ำยาซักผ้าเครื่อง | DIY liquid detergent for machine.

<http://honghuatshop.blogspot.com/2013/09/diy-liquid-detergent-for-machine.html>, 10 กรกฎาคม 2564.

บริษัท สงหวด จำกัด. 2561. สูตรน้ำยาซักผ้า (สูตรประหยัด) | DIY hand washing set.

<http://honghuatshop.blogspot.com/2018/02/i-diy-hand-washing-set.html>, 10 กรกฎาคม 2564.

ศศิประภา รัตนดิกล ญ ภูเก็ต. 2564. เอกสารประกอบการสอนวิชาการทำความสะอาดสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

Anonymous. 1981. Stain and Spot Removal Handbook. Publications International, Ltd. United States of America.

Smulders, E. 2002. Laundry detergents. Wiley-VCH Verlag GmbH. Germany.

Properties of cooked chicken patties produced from broiler chicken mixed with two phenotypes of Nin Kaset black-meat chickens

Chatchanok Kittawee^a, Siriporn Riebroy Kim^{a,*}, Thanathip Suwanasopee^b, Sakorn Koonawootrittriron^b, Manat Chaijan^c

^aFaculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^bDepartment of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

^cDepartment of Food Technology, School of Agricultural Technology, Walailak University, Nakhon Si Thammarat 80160, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsrpr@ku.ac.th

Abstract

Chemical composition and characteristics of chicken patties produced from different levels of commercial broiler chicken meat (C), black feather (B) and/or white feather (W) Nin Kaset black-meat (NKBM) chickens at 100:0:0 (C:B:W) (control), 50:50:0 (CB), 50:0:50 (CW), 0:100:0 (B), and 0:0:100 (W) (w:w:w) were investigated. Higher protein and lower fat contents were observed in samples produced from NKBM chicken ($p < 0.05$). Due to the content of macronutrients was different, the lower caloric content of black-meat chicken patties was observed ($p < 0.05$). Additionally, ash content in samples were not different ($p \geq 0.05$). The melanin content increased significantly when black-bone chicken meats used, particularly patties produced from B meat ($p < 0.05$). The lipid oxidation as thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) of samples was also determined. Decrease in TBARS was found in samples mixed with the black-bone chicken meats. This might be related to melanin content in B and W meats. The color, cooking loss and textural properties of samples were also determined. L^* , a^* and b^* values of samples decreased when black-bone chicken added ($p < 0.05$). Cooking loss of samples added with black-bone chicken was higher than the control ($p < 0.05$). Hardness and chewiness of patties containing NKBM chicken were higher than that of the control ($p < 0.05$). It is plausible that the higher cooking loss of samples affected the textural properties of patties. L^* , a^* , and b^* of samples mixed with NKBM were lower than the control ($p < 0.05$). For sensorial properties, the control had the highest likeness scores for all attributes ($p < 0.05$). Likeness scores of CW was similar to the control, particularly flavor likeness. These might be due to the unique flavor of NKBM chickens affecting on flavor acceptability. Considering lipid changes, both NKBM chickens could be used as ingredients for patties with lower lipid oxidation. The cooking loss and juiciness of patties should be improved.

Keywords: Black-meat chicken, Chicken patties, Lipid oxidation, Melanin, Nutrition

Introduction

“Black-bone” or “black-meat” chicken (*Gallus gallus domesticus*) has gained attention as a “functional food” because of its unique nutrient profile and beneficial effects as medicinal properties, including the enhancement of the human immune system (Chen et al., 2008), prevention of emaciation (Tu et al., 2009), treatment for diabetes (Lin and Chen, 2005), and being a cure for female health conditions such as menoxenia and postpartum complications (Tian et al., 2007). In the black-meat chicken, the melanin content is also considered to be the most important indicator of meat quality, and it provides consumers with the first visual impression of the product, thus directly influencing purchasing decision (Lin and Chen, 2005). The black color is due to melanin hyperpigmentation which is found extensively in various tissues, including the skin, muscle, nerves, tendons, feathers, trachea, ovary, and periosteum (Dorshorst et al., 2010; Muroya et al., 2000). Naturally melanin shows a wide range of biochemical activities, including photoprotection (Menter and Willis, 1997), antioxidation (Hung et al., 2002), free radical-scavenging (Rożanowska et al., 1999), and immunomodulatory effects (Sava et al., 2001). Foods from black-meat chicken has been popular in oriental countries, especially China (Zhang, 2012). In Northern Thailand, black-meat chicken recipes are often served for convalescences, afterbirth women, and some festivals. The cooking methods are generally boiling of whole/cut black-bone chicken with local herbs and serving it as a soup. Although the black-meat chicken is a superior food ingredient but food product from their meat is still limited. According to healthy concern, foods from black-meat chicken should be more available in poultry products such as comminuted meat products.

Patty is one of the minced meat products that are consumed in vast quantities throughout the world due to their convenience and pleasurable taste (Geo et al., 2021). The high level of consumption is mainly due to the combination of fast preparation. However, due to the current growing consumer demand for healthier products, the manufacturer and restaurants has been encouraged to offer products with reduced sodium and fat contents as well as healthy ingredients addition, such as vegetable oils (Pelser et al., 2007; Valencia et al., 2008), fish oil and natural extracts with antioxidant properties (Valencia et al., 2008), vegetable products (Serdaroglu and Degirmencioglu, 2004; Turhan et al., 2007) and fiber (Jo et al., 2003; Mansour and Khalil, 1997; Patinho et al., 2021; Turhan et al., 2005). From points of view, many healthier patties or burger development have been studied. There is no information of black-meat chicken meat product even though an increasing demand for high quality and nutritious chicken breeds. Two phenotype of Nin Kaset black-meat (NKBM) chicken, black feather and white feather, originated in the Research and Employment Development Station for Farmers (Kasetsart University, Thailand) is generally sold as meat and egg with certain medicinal value. The use of NKBM as a functional ingredient for comminuted meat product (e.g., patties) could be an emerged healthy meat product. Therefore, the objective of this study was to investigate the inclusion of two phenotype of NKBM, black feather and white feather, for chicken patty production based on the chemical and physical properties and sensory characteristics.

Materials and Methods

Preparation of chicken meat and patties

Two phenotypes, black-feather and white-feather, of Nin Kaset black-meat (NKBM) chicken (*Gallus gallus domesticus*) aged 16-20 weeks and weighted 800±50 g were obtained from the Research and Employment Development Station for Farmers (15°02'50.7"N 100°47'22.7"E), Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Lopburi, Thailand. The chickens were fasted for 12 h, weighed, killed by conventional method, bled for 2 min and chicken carcass were scaled at 60°C for 1 min, manually pluck feathers, and eviscerated as outline by Jaturasitha (2004). Pectoralis major muscles were dissected from the carcasses after chilling at 4°C for 24 h. The skin was removed and the muscle was trimmed of obvious fat and connective tissue. Commercial broiler chicken (Betagro™) was purchased from supermarket and transported to laboratory within 1 h. The boneless chicken meat used for patty production were breast, thigh and drumstick and they were sliced into small pieces before mixing at ration of 1:1:1 (by weight) before patty production process.

Chicken patties were produced by mixing chicken meat of commercial broiler (C): black feather NKBM (B): white feather NKBM (W) at 100:0:0, 50:50:0, 50:0:50, 0:100:0 and 0:0:100 (w:w:w). The chicken meats (86.72%) were mixed with sliced onion (9.63%), minced garlic (1.93%), dried rosemary (0.1%), oregano powder (0.1%), ground black pepper (0.17%), salt (0.96%) and paprika powder (0.39%). The mixture was blended by a Food Processor (MK-5087M-NS, Panasonic, Japan) for 3 min. Patties was formed into round flatted-shape (4 cm diameter × 1 cm height) by weighting 15 g portion. Patties samples was cooked evenly by shallow-frying with olive oil on medium heat until golden brown and the internal end point temperature of 75–80°C was measured at geometric center of each patty by using a digital probe thermometer (25050 FlashCheck® Ruggy Thermocouple, Delta Trak, USA).

Determination of pH, proximate composition and crude melanin content

The crude melanin content in samples was determined according to the method of Harki et al. (1997) and Lin and Chen (2005) with a slight modification. Twenty grams of samples were homogenized in 200 ml of 1 M KOH using a homogenizer (HRD-12000, Yotec, Taiwan) at 8,000 rpm for 10 min and then sonicated with an ultrasonic disintegrator (12 kHz, K615HTDP, Anonkia, China). The melanin was extracted from the cell debris by treatment with hot alkali (1 M KOH at 100°C for 5 h) under reflux in an atmosphere of nitrogen. After filtration by filter paper no. 4 (Whatman, England), the dark brown filtrate was acidified to pH 2.0 (with 5 M HCl). The precipitate was collected by centrifugation (Didicen21, Ortoalresa, Spain) at 10,000 rpm for 10 min and washed twice with distilled water. The extract was dried in desiccator and weighted as a “crude melanin”.

Determination of cooking yield and cooking loss

The cooking loss and cooking yield of chicken patties were calculated considering the initial (raw sample) and final (cooked sample) weights, and express as percentage of the initial weight.

Textural analysis and determination of color

The texture profile analysis (TPA) of samples was measured instrumentally by a Texture analyzer model TA Plus (Lloyd Instruments, Hampshire, UK). Sample (4 cm diameter × 1 cm height) was subjected to two-cycle compression by with P50 aluminum probe. Sample was placed on the center of the aluminum plate and compressed to 70% of their original height at a test speed of 1 mm/min. Hardness, chewiness, cohesiveness and springiness was calculated by using Nexygen™ (NexyGen Plus, Lloyd Instruments, Hampshire, UK) software. The color (CIE L* a*b*) of sample was measured with a Color Reader CR-10, Konica Minolta, Japan) using the color space CIE L*a*b* system. The measurements were performed at room temperature on the surface of each sample (8 measurement for each sample). The measurements were taken on different areas of the exposed surface of each sample.

Sensory evaluation

The sensorial characteristic of cooked chicken patties samples was conducted to evaluate color, tenderness, juiciness, flavor and overall liking by fifty untrained panelists (ranging from 18 to 45 years of age). The panelists were regular consumers of meat patties. The patties were individually served warm (40–50°C) to panelists in a randomized monadic order, coded with three random numbers. A nine-point hedonic scale (1 = dislike extremely; 2 = dislike very much; 3 = dislike moderately; 4 = dislike slightly; 5 = neither dislike nor like; 6 = like slightly; 7 = like moderately; 8 = like very much; 9 = like extremely) was used (Meilgaard et al., 2006). Fresh water was offered to panelists in order to clean the palate between samples.

Statistical analysis

All data were expressed as mean ± standard deviation (SD). Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and means were compared by Duncan's multiple range tests using a SPSS package (version 13.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL). The probability value of $p < 0.05$ was considered significant.

Results and Discussion

pH, chemical composition and lipid oxidation of patties produced from different ratio of meat from commercial broiler chicken and two phenotypes of NKBM chicken

The pH values of patties produced with NKBM chicken were lower than the control (C) ($p < 0.05$) (Table 1). The different pH values might be resulted from the different quality of chicken meat. Guedes-Oliveira et al. (2016) and Chatterjee et al. (2019) reported that the pH of raw chicken patties was 6.20 and 6.16, respectively. From the results, the pH of patties depends on species and amount of chicken meat used as a

main ingredient. In addition, the different pH of chicken meat might be related with quality of raw meat including feed, post mortem changes, storage time.

The proximate composition of cooked chicken patties produced from different levels of meat from commercial broiler chicken and two phenotypes of NKBM chicken is shown in Table 1. Among all samples, the lowest moisture content was observed in sample B ($p < 0.05$). No significant difference in moisture content between CW and W samples ($p > 0.05$). The highest moisture content was found in the control (C) ($p < 0.05$). In accordance with our results, Guedes-Oliveira et al (2016) reported that the moisture content of chicken meat (breast and thigh mixture) patties was 65.34%. Generally, the cooking method, frying and grilling, affected on the loss of water and consumer preference. Comparing B- and W-NKBM chicken, their muscle proteins properties might be difference, particularly water holding capacity. B-NKBM chicken showed the lower ability to retain moisture during heating and to keep meat from drying out. Higher protein content was observed in samples produced from NKBM chickens ($p < 0.05$). Protein content of patties increased when NKBM mixed with broiler chicken meat ($p < 0.05$). Guedes-Oliveira et al. (2016) reported that chicken meat patties had 17.24% protein content. From the results, the use of NKBM chickens contributed to the increase in protein content. The fat content in the control was the highest when compared with other samples ($p < 0.05$). The mixing with meat from NKBM chickens showed the significantly decreased fat content ($p < 0.05$). The lowest fat content was observed in sample W ($p < 0.05$). From these results, the lower fat and higher protein contents in NKBM patties might interesting because of the increase consumer's awareness of a healthy diet. No difference in ash content of all samples ($p > 0.05$). Because the NKBM in patties, the proximate composition, especially protein, fat, and calorie contents, were affected accordingly. The content of crude melanin was definitely higher in patties with NKBM than the control ($p < 0.05$). Melanin is synthesized in melanosomes, the specialized organelles of pigment-generating cells (Hong and Simon, 2005). Buasap et al. (2021) reported that the melanin isolate content in different breeds and ages of black-meat chicken was varied.

Fig. 1 shows thiobarbituric reactive substances (TBARS) value in patty samples. The use of NKBM as ingredient the lower TBARS value was observed ($p < 0.05$). The lowest TBARS value was found in CB, B, and W samples ($p < 0.05$). There were some antioxidants in black-meat chicken such as melanin, carnosine.

Table 1 pH value, proximate composition (%) and energy (kcal/100 g) of patties produced from commercial broiler chicken mixed without and with two phenotypes of NKBM chicken

Parameters	Samples (C: B: W)				
	100: 0: 0 (C)	50: 50: 0 (CB)	50: 0: 50 (CW)	0: 100: 0 (B)	0: 0: 100 (W)
pH	6.32±0.04 ^d	6.24±0.01 ^c	6.24±0.01 ^c	6.05±0.01 ^b	6.01±0.01 ^a
Moisture (%)	71.11±0.25 ^d	66.97±0.38 ^b	69.97±0.12 ^c	62.54±0.26 ^a	68.98±0.48 ^c
Protein (%)	18.19±0.24 ^a	19.35±0.15 ^b	19.59±0.27 ^b	20.72±0.83 ^c	21.17±0.46 ^c
Fat (%)	6.63±0.24 ^e	5.13±0.05 ^c	5.43±0.05 ^d	3.43±0.06 ^a	3.89±0.07 ^b
Ash (%)	1.21±0.06 ^a	1.29±0.01 ^a	1.24±0.06 ^a	1.29±0.03 ^a	1.23±0.04 ^a
Energy (kcal/100 g)					
Protein	77.66±1.03 ^a	82.62±0.66 ^b	83.66±1.14 ^b	88.49±3.53 ^c	90.38±1.95 ^c
Fat	59.80±2.16 ^e	46.30±0.45 ^c	48.95±0.50 ^d	30.94±0.56 ^a	35.09±0.68 ^b
Protein + Fat	137.46±1.67 ^d	128.93±0.21 ^{bc}	132.61±1.58 ^c	119.43±3.34 ^a	125.47±2.21 ^b
Crude melanin (mg/g)	ND	38.77±0.72 ^c	17.28±0.74 ^a	41.53±0.68 ^d	21.07±0.46 ^b

Note: *Mean ± SD from triplicate determinations. **Different letters in the column indicate significant difference ($p < 0.05$).

ND: not determined.

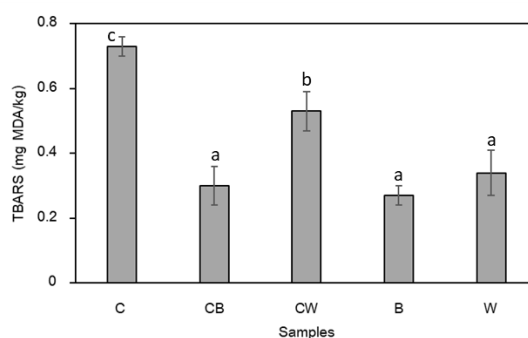


Fig. 1 Lipid oxidation of patties produced from commercial broiler chicken C mixed without and with two phenotypes, black feather (B) and white feather (W) of NKBM chicken

Physical properties of patties produced from different ratio of meat from commercial broiler chicken and two phenotypes of NKBM chicken

Cooking loss and cooking yield of chicken patties samples are depicted in Fig. 2A and 2B, respectively. There was a significant increase cooking loss when NKBM chicken meat used ($p < 0.05$). The result indicated that the water-holding capacity decreases with increased NKBM chicken. Water-holding capacity of muscle tissue has been related to the extent of heat denaturation of myofibrillar proteins during thermal processing (Larick and Turner, 1992). The denaturation of myosin and actin causes structural changes and expels the sarcoplasmic fluid from the muscle fibers (Bertola et al., 1994). Also, the possible indirect effects of perimysium (mainly collagen) shrinkage resulting in water losses from meat tissue. Murphy and Marks (2000) have shown that both muscle and connective tissue changes during heating may influence texture and cook loss from processed poultry meat.

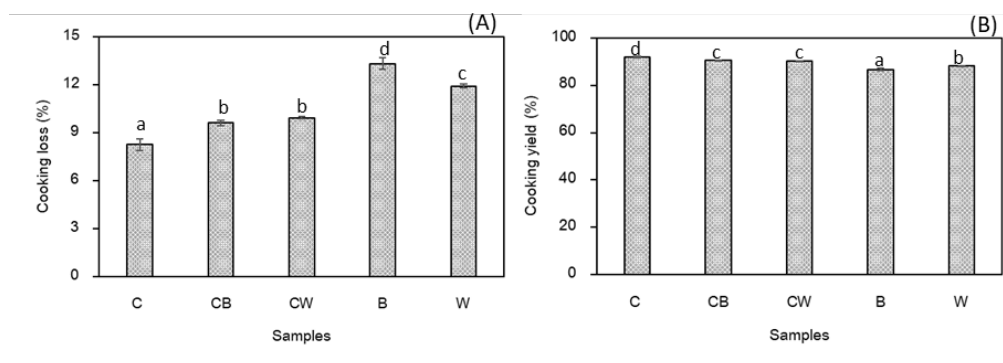


Fig. 2 Cooking loss (A) and cooking yield (B) of patties produced from commercial broiler chicken C mixed without and with two phenotypes, black feather (B) and white feather (W) of NKBM chicken at

Patty samples produced from mixing NKBM and 100% NKBM showed the greater hardness and chewiness ($p < 0.05$) (Table 2). Decreasing moisture content increased hardness so that there was a negative relationship between hardness and moisture content. The springiness decreased with presence of NKBM chicken, except CW sample ($p < 0.05$). The springiness might relate to moisture content. Additionally, fat acts as a reservoir for flavor compounds and contributes to the texture of product. Hence fat and moisture drip may alter product quality (Serdaroglu, 2006). Clearly, the color of patties from NKBM mixed and 100% NKBM showed the darker than the control as shown in L^* value ($p < 0.05$). Also, the a^* and b^* values of NKBM patties were lower than the control ($p < 0.05$). These might be resulted from crude melanin content (Table 1).

Table 2 Textural properties of patties from commercial broiler chicken mixed without and with two phenotypes of NKBM chicken

Texture	Samples (C: B: W)				
	100: 0: 0 (C)	50: 50: 0 (CB)	50: 0: 50 (CW)	0: 100: 0 (B)	0: 0: 100 (W)
Hardness(N)	17.78±0.40 ^{a**}	19.71±0.31 ^b	19.37±0.36 ^b	26.42±0.26 ^d	23.80±0.66 ^c
Chewiness (N.mm)	36.75±0.37 ^a	48.40±0.50 ^c	43.14±0.35 ^b	64.91±0.38 ^e	54.96±0.65 ^d
Cohesiveness	0.39±0.00 ^c	0.33±0.02 ^b	0.34±0.01 ^b	0.31±0.01 ^a	0.30±0.00 ^a
Springiness(mm)	7.59±0.06 ^b	7.10±0.09 ^a	7.48±0.25 ^b	7.12±0.10 ^a	7.03±0.13 ^a

Note: *Mean ± SD from five determinations. **Different letters in the column indicate significant difference ($p < 0.05$).

Table 3 Color of patties from commercial broiler chicken mixed without and with two phenotypes of NKBM

Color	Samples (C: B: W)				
	100: 0: 0 (C)	50: 50: 0 (CB)	50: 0: 50 (CW)	0: 100: 0 (B)	0: 0: 100 (W)
L^*	32.70±0.20 ^{e**}	24.20±0.35 ^c	26.20±0.26 ^d	20.03±0.66 ^a	22.63±0.15 ^b
a^*	9.50±0.26 ^e	3.63±0.21 ^c	4.53±0.40 ^d	1.83±0.30 ^a	2.63±0.38 ^b
b^*	20.73±0.29 ^e	8.43±0.35 ^c	11.27±0.38 ^d	6.57±0.30 ^a	7.63±0.46 ^b
Chroma	260.11±5.67 ^e	42.22±3.68 ^c	73.85±4.65 ^d	23.30±2.36 ^a	32.72±2.96 ^b

Note: *Mean ± SD from five determinations. **Different letters in the column indicate significant difference ($p < 0.05$).

Sensory characteristics of patties produced from different ratio of meat from commercial broiler chicken and two phenotypes of NKBM chicken

The sensory scores of cooked patties samples showed an influence of NKBM addition on all attributes. The sensory attributes decreased with the addition of NKBM chicken. Flavor is an important factor for sensory attributes with regard to eating quality of chicken broth. It is primarily formed through the cooking process, during which numerous flavor precursors are degraded and react with each other to form multiple volatiles and non-volatiles. Loss of fluid diminishes the sensory outcome, reduces the weight of product and perhaps its consequent sale value. Fluid loss may also give rise to shrinkage. Patinho et al. (2021) reported that the tenderness (tender) is the most important of sensory characteristics of regular burger, followed by flavor (salty and seasoned) and appearance (grilled, huge and flashy). It should be noted that the problem of NKBM chicken for patty product are dry texture as shrinkage and water loss. Furthermore, the strong-tasting flavor or gamy flavor of NKBM was a unique flavor.

Table 4 Likeness score of patties produced from commercial broiler chicken mixed without and with two phenotypes of NKBM chicken

Attributes	Samples (C: B: W)				
	100: 0: 0 (C)	50: 50: 0 (CB)	50: 0: 50 (CW)	0: 100: 0 (B)	0: 0: 100 (W)
Color	7.82±1.15 ^{c**}	6.62±1.03 ^b	6.96±1.01 ^b	5.20±1.56 ^a	5.48±1.53 ^a
Flavor	7.50±0.93 ^d	6.58±1.03 ^b	7.02±0.98 ^c	5.64±1.66 ^a	5.86±1.28 ^a
Juiciness	7.72±0.73 ^d	6.58±1.20 ^c	6.96±0.75 ^c	5.30±1.56 ^a	6.04±1.40 ^b
Tenderness	7.72±0.83 ^d	6.50±1.16 ^c	6.88±0.92 ^c	5.22±1.66 ^a	5.84±1.27 ^b
Overall likeness	7.82±0.85 ^e	6.62±0.97 ^c	7.04±0.70 ^d	5.40±1.48 ^a	5.84±1.22 ^b

Note: *Mean ± SD from fifty determinations. **Different letters in the column indicate significant difference ($p < 0.05$).

Conclusion

In this study, it was demonstrated that nutritional, chemical and physical characteristics associated with chicken patties could use NKBM chicken as a functional ingredient, which enhances protein and melanin (functional composition) as well as the lower content of fat. The lipid oxidation might be retarded by components in NKBM such as melanin, carnosine etc. Based sensory evaluation, the texture and gamy flavor of patties with NKBM should be improved.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

Authors would like to thank you all staffs and students in Tropical Animal Genetic Unit (TAGU), Kasetsart University for providing both raw materials and technical analysis.

References

- Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E., Zaritzky, N.E. 1994. Heat treatment effect on texture change and thermal denaturation of proteins in beef muscle. *J. Food Process. Preserv.* 18: 31–46.
- Buasap, N., Suwanasopee, T., Koonawootrittriron, S., Kayan, A. 2021. Melanin content and its correlation with weight and color of black-meat chickens at different ages. *Agric. Nat. Resour.* 55: 57–62.
- Chatterjee, A., Aavula, K., Nongthomba, U. 2019. Beadex, a homologue of the vertebrate LIM domain only protein, is a novel regulator of crystal cell development in *Drosophila melanogaster*. *J. Genet.* 98: 107.
- Chen, Y., Xie, M.Y., Nie, S.P., Li C., Wang, Y.X. 2008. Purification, composition analysis and antioxidant activity of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Ganoderma atrum*. *Food Chem.* 107(1): 231–241.
- Guedes-Oliveira, J.M., Salgado, R.L., Costa-Lima, B.R.C., Guedes-Oliveira J., Conte-Junior, C.A. 2016. Washed cashew apple fiber (*Anacardium occidentale* L.) as fat replacer in chicken patties. *J. Food Sci. Technol.* 71: 268–273.
- Harki, E., Talou, T., Dargent, R. 1997. Purification, characterisation and analysis of melanin extracted from *Tuber melanosporum* Vitt. *Food Chem.* 58(1): 69–73.
- Hung, Y.C., Sava, V.M., Makan, S.Y., Chen, T.H.J., Hong, M.Y., Huang, G.S. 2002. Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chem.* 78(2): 233–240.
- Larick, D.K., Butler A.J. 1993. Effect of antioxidants on the sensory characteristics and storage stability of aseptically processed low-fat beef gels. *Meat Sci.* 35: 355–369.
- Lin, L.C., Chen, W. T. 2005. The Study of Antioxidant effects in melanins extracted from various tissues of animals. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2: 277–281.
- Mansour, E.H., Khalil, A.H. 1997. Characteristics of low-fat beef burger as influenced by various types of wheat fibers. *Food Res. Int.* 30: 199–205.
- Menter, J.M., Willis, I. 1997. Electron transfer and photoprotective properties of melanins in solution. *Pigm. Cell Res.* 10(4): 214–217.
- Murphy, R.Y., Marks, B.P. 2000. Effect of meat temperature on proteins, texture, and cook loss for ground chicken breast patties. *Poult. Sci.* 79:99–104.
- Muroya, S., Tanabe, R.I., Nakajima, I., Chikuni, K. 2000. Molecular characteristics and site-specific distribution of the pigment of the silky fowl. *J. Vet. Med. Sci.* 62: 391–395.
- Rozanowska, M., Sarna, T., Land, E.J., Truscott, T.G. 1999. Free radical scavenging properties of melanin interaction of eu- and pheo-melanin models with reducing and oxidising radicals. *Free Radic. Biol. Med.* 26(5–6): 518–525.
- Sava, V.M., Galkin, B.N., Hong, M.Y., Yang, P.C., Huang, G.S. 2001. A novel melanin-like pigment derived from black tea leaves with immune-stimulating activity. *Food Res. Int.* 34(4): 337–343.
- Serdaroglu, M. 2006. The characteristics of beef patties containing different levels of fat and oat flour. *Int. J. Food Sci. Technol.* 41(2): 147–153.
- Tian, Y.G., Xie, M.Y., Wang, W.Y., Wu, H.J., Fu, Z.H., Lin, L. 2007. Determination of carnosine in black-bone silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) and common chicken by HPLC. *Eur. Food Res. Technol.* 226: 311–314.
- Tu, Y.G., Sun, Y. Z., Tian, Y.G., Xie, M.Y., Chen, J. 2009. Physicochemical characterization and antioxidant activity of melanin from the muscles of Taihe black-bone silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). *Food Chemistry* 114: 1345–1350.

การผลิตหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภค

Production of ready-to-eat crispy pork sheet with macadamia

ธัญชา คุญแจทอง*, วิรัตน์ สุมน, ทิพย์มนต์ ไยเกษ

Thanatcha Kunjaethong*, Wirat Sumon, Tipmon Yaigate

สถานีวิจัยทับกวาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สระบุรี 18260

Tubkwang Research Station, Kasetsart University, Saraburi 18260, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: fagrtck@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรการผลิตหมูแผ่นกรอบ ปริมาณ และรูปแบบที่เหมาะสมของแมคคาเดเมีย ในหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภค คุณภาพทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภค ผลการศึกษาสูตรการผลิตหมูแผ่นกรอบ ประกอบด้วยเนื้อหมูด 73.15% ซีอิ้วขาว 3.66% น้ำตาลทราย 21.95% เกลือ 0.73% พริกไทยป่น 0.15% และโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.37% ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส สูตรการผลิตหมูแผ่นกรอบ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง ความมัน และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรหมูแผ่นกรอบพื้นฐานที่มีปริมาณน้ำตาลทราย 30% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ สำหรับการทดลองที่ 2 หมูแผ่นกรอบที่ผสมปริมาณแมคคาเดเมีย 20% โดยโรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ การทดสอบคุณภาพทางเคมีพบว่าหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภคที่พัฒนาได้ มีปริมาณความชื้น 12.24 กรัม ปริมาณไขมัน 22.03 กรัม ปริมาณโปรตีน 28.74 กรัม ปริมาณเถ้า 3.94 กรัม และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 33.05 กรัม

คำสำคัญ: แมคคาเดเมีย, หมูแผ่นกรอบ, อาหารพร้อมบริโภค

Abstract

This research aims to study the recipe of processed crispy pork, the quantity and form of macadamia added into ready-to-eat crispy pork sheet, including their chemical properties and consumer acceptance. The basic crispy pork recipe containing with 73.15% ground pork, 3.66% soy sauce, 21.95% sugar, 0.73% salt, 0.15% ground pepper and 0.37% sodium bicarbonate. The results of sensory evaluation on ready-to-eat crispy pork sheet in terms of appearance, color, odor, flavor, taste, crispness, hardness, oiliness and overall liking showed that the basic crispy pork recipe containing with 30% sugar was achieved the highest sensory score across all attribute. As for the secondly experiment, the ready-to-eat crispy pork sheet with 20% macadamia by sprinkling blended macadamia on a raw rolled pork mixture had the highest sensory score across all attributes. Chemical qualities of ready-to-eat crispy pork sheet with macadamia were 12.24 grams of moisture, 22.03 grams of fat, 28.74 grams of protein, 3.94 grams of ash, and 33.05 grams of carbohydrates.

Keywords: Ready-to-eat food, Crispy pork sheet, Macadamia

คำนำ

อาหารขบเคี้ยว เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถบริโภคได้ทันที มีน้ำหนักเบา เก็บไว้ได้นาน มีพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูง รับประทานได้ทุกเพศทุกวัย รับประทานระหว่างอาหารมื้อหลักเพื่อบรรเทาความหิวหรือความอยาก รับประทาน หรือเรียกว่าอาหารว่าง (จุฬาลักษณ์, 2550) ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมจากแป้งชนิดต่าง ๆ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันและแป้งข้าวโพด เป็นต้น เกลือ ไขมัน และวัตถุปรุงแต่งสี กลิ่น รส รสชาติส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกันคือ หวาน มัน เค็ม (พเยาว์, 2551) มีวิธีการแปรรูปโดยการทอด นึ่ง หรืออบ (พินิตา, 2536) โปสเตอร์ทูเดย์ (2564) ได้รายงานแนวโน้มการเติบโตของตลาดอาหารขบเคี้ยวของไทย พบว่ามีมูลค่าการเติบโตเฉลี่ยต่อปี 5% ซึ่งในปี 2563 ตลาดมีมูลค่าทั้งสิ้น 39,900 ล้านบาท หมูแผ่นกรอบ (Crispy pork) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหมูที่เลาะเอาไขมันเอ็น และพังผืดออก นำไปแช่แข็ง แล้วหั่นเป็นแผ่นหรืออาจใช้เนื้อหมอบดก็ได้ นำไปหมักด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ ซีอิ๊วขาว น้ำตาล แล้วทำให้แห้งด้วยแสงแดด หรือแหล่งพลังงานอื่น นำไปปิ้ง (Grilling) หรืออบ (Baking) ให้สุก (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [สมอ.], 2546) จัดเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง ซึ่งเนื้อหมูเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จัดเป็นอาหารที่มีโปรตีนชนิดสมบูรณ์ ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) ที่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย (อิมเอบ, 2549) ในเนื้อหมู 100 กรัม ให้พลังงาน 110 กิโลแคลอรี โปรตีน 19.60 กรัม ไขมัน 3.30 กรัม คาร์โบไฮเดรต 0.40 กรัม และเถ้า 0.90 กรัม นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ได้แก่ แคลเซียม 2 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.69 มิลลิกรัม ไบโอฟลาเวิน 0.26 มิลลิกรัม และไนอะซิน 5.70 มิลลิกรัม (สำนักโภชนาการ, 2561) แร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ในเนื้อหมู จะช่วยลดอาการเหน็บชา บำรุงสายตา ลดไขมัน ลดการอักเสบของผิวหนัง และบำรุงสมอง

ในกระบวนการกระทาะเปลือกแมคคาเดเมีย จะมีแมคคาเดเมียบางส่วนที่เสียหายจากการกระทาะ ทำให้ต้องขายแมคคาเดเมียซีกที่มีราคาถูกลง ในแมคคาเดเมียมีปริมาณไขมันสูงถึง 76% ประกอบไปด้วยกรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid) ลิโนเลอิก (Linoleic acid) และลิโนเลนิก (Linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงโรคหัวใจ ลดระดับคอเลสเตอรอล ลดความดันโลหิต (อาทิตย์, 2552) U.S. Department of Agriculture (2008) รายงานคุณค่าทางโภชนาการของแมคคาเดเมีย 100 กรัม จะให้พลังงาน 718 กิโลแคลอรี โปรตีน 7.91 กรัม ไขมัน 75.77 กรัม เถ้า 1.14 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.90 กรัม และเส้นใยอาหาร 6.4 กรัม ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษแมคคาเดเมีย มาใช้ในการผลิตหมูแผ่นกรอบ แมคคาเดเมีย เพื่อให้เป็นทางเลือกในการบริโภคอาหารขบเคี้ยวประเภทหมูแผ่นกรอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการจาก แมคคาเดเมีย และเพิ่มมูลค่าให้กับเศษแมคคาเดเมีย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรการผลิตหมูแผ่นกรอบ ปริมาณ และรูปแบบที่เหมาะสมของแมคคาเดเมียที่จะเติมในผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบพร้อมบริโภค คุณภาพทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในสูตรการผลิตหมูแผ่นกรอบ

ดัดแปลงสูตรหมูแผ่นกรอบจาก ผักกาดดี และคณะ (2561) โดยมีส่วนประกอบดังนี้ เนื้อหมอบด 100 กรัม ซีอิ๊วขาว 5 กรัม เกลือป่น 1 กรัม พริกไทยป่น 0.2 กรัม โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 กรัม ศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสม 3 ระดับ คือ 20%, 30% และ 40% ของน้ำหนักเนื้อหมูในสูตร โดยทำการผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน นำไปบดด้วยเครื่องบดสับอาหาร ความเร็วปานกลาง นาน 3 นาที จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ ตักใส่ถุงพลาสติก ขนาด 60×41 เซนติเมตร รีดเป็นแผ่นบางจนทั่วแผ่นพลาสติก และนำไปเข้าตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา ทำการลอกหมูแผ่น

ดิบแห้ง ออกจากถุงพลาสติก จากนั้นนำไปอบในเตาอบอุณหภูมิ 120°C นาน 7 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุถุงพลาสติกซิปลง
นำไปประเมินทางประสาทสัมผัส

โดยได้สูตรหมูแผ่นกรอบทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ดังนี้

สูตรที่ 1 CP Sugar 20 = หมูแผ่นกรอบใส่น้ำตาล 20%

สูตรที่ 2 CP Sugar 30 = หมูแผ่นกรอบใส่น้ำตาล 30%

สูตรที่ 3 CP Sugar 40 = หมูแผ่นกรอบใส่น้ำตาล 40%

การศึกษาปริมาณและรูปแบบของแมคคาเดเมียในหมูแผ่นกรอบที่เหมาะสม

ศึกษาปริมาณของแมคคาเดเมียและรูปแบบการผสมแมคคาเดเมีย จัดสิ่งทดลองแบบ 2x2 factorial in RCBD โดยมีปัจจัยศึกษาที่ 1 คือปริมาณของแมคคาเดเมีย 2 ระดับ คือ 20% และ 30% ของน้ำหนักสูตร และปัจจัยศึกษาที่ 2 คือรูปแบบการผสมแมคคาเดเมีย 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ผสมลงในส่วนผสมที่บดแล้วนำไปรีด และรูปแบบที่ 2 โรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว จากนั้นจึงนำหมูแผ่นทั้งสองแบบไปเข้าตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 50°C นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา ทำการลอกหมูแผ่นดิบแห้ง ออกจากถุงพลาสติก และนำไปทำให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น และบรรจุใส่ถุงพลาสติกซิปลง แล้วประเมินทางประสาทสัมผัส

โดยได้สูตรหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง ดังนี้

สูตรที่ 1 CPMacV20M1 = หมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมีย 20% รูปแบบที่ 1 ผสมลงในส่วนผสมที่บดแล้วนำไปรีด

สูตรที่ 2 CPMacV20M2 = หมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมีย 20% รูปแบบที่ 2 โรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว

สูตรที่ 3 CPMacV30M1 = หมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมีย 30% รูปแบบที่ 1 ผสมลงในส่วนผสมที่บดแล้วนำไปรีด

สูตรที่ 4 CPMacV30M2 = หมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมีย 30% รูปแบบที่ 2 โรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว

จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง ความมัน และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (กำหนดให้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนา

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) การประเมินทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's

New Multiple Range Test (DMRT หรือ DUNCAN) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมแมคคาเดเมียวิเคราะห์ค่าความแตกต่างด้วยวิธี Independent samples T-test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการคัดเลือกสูตรหมูแผ่นกรอบ

จากการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่ในสูตรหมูแผ่นกรอบพื้นฐาน 3 ระดับ คือ 20%, 30% และ 40% ของน้ำหนักเนื้อหมู แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสดัง Table 1 พบว่าหมูแผ่นกรอบที่มีปริมาณน้ำตาลทรายแตกต่างกันทั้ง 3 สูตร ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ในทุกคุณลักษณะ หมูแผ่นกรอบในสูตรที่ผสมน้ำตาลทราย 30% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ

Table 1 Sensory scores of the basic crispy pork formulations with different amounts of sugar

Attributes	Treatment		
	CP Sugar 20	CP Sugar 30	CP Sugar 40
Appearance	6.45±0.99 ^b	7.38±0.73 ^a	6.28±0.76 ^b
Color	6.58±0.50 ^b	7.70±0.74 ^a	6.68±0.47 ^b
Odor	6.84±0.47 ^{ab}	7.06±0.50 ^a	6.56±1.07 ^b
Taste	6.90±0.46 ^b	7.24±0.77 ^a	6.68±0.47 ^b
Flavor	7.00±0.54 ^b	7.84±0.82 ^a	7.14±0.73 ^b
Crispness	7.08±0.57 ^b	7.44±0.84 ^a	5.46±1.05 ^c
Hardness	6.80±0.57 ^b	7.40±0.67 ^a	5.88±1.22 ^c
Oiliness	7.46±0.50 ^b	7.78±0.42 ^a	7.18±0.69 ^c
Overall liking	6.96±0.28 ^b	7.64±0.72 ^a	6.42±0.70 ^c

Note: ^{a-b} mean±SD with different superscript letters in a row are significant different ($p < 0.05$).

เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลทรายเป็น 40% ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านความกรอบ ความแข็ง ความมัน และความชอบโดยรวมลดลง (มีคะแนนอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบปานกลาง) อาจเนื่องมาจากน้ำตาลทรายมีคุณสมบัติในการดูดและเก็บความชื้น ปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น จึงมีผลให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง และน้ำตาลทรายสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดขึ้นได้จากน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) มีหมูที่เป็นอัลดีไฮด์ (Aldehyde) และคีโตน (Ketone) ทำปฏิกิริยากับหมูอะมิโนสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในเนื้อหมู โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาลเรียกว่าเมลานอยดิน (Melanoidin) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรสของอาหารและที่ความร้อนสูง อาจเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาล และมีการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่าคาราเมล (Caramel) (นิธิยา, 2549) การอบหมูแผ่นกรอบที่อุณหภูมิ 120°C ที่ปริมาณน้ำตาลสูง 40% จึงอาจเกิดการไหม้

ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัว และเกิดโครงสร้างที่แน่นแข็ง ที่ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสทำให้มีคะแนนความชอบน้อยกว่าสูตรที่มีปริมาณน้ำตาล 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกสูตรหมูแผ่นกรอบพื้นฐานที่มีปริมาณน้ำตาลทราย 30% ของน้ำหนักเนื้อหมู ซึ่งได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.06–7.84 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง เพื่อศึกษาปริมาณและรูปแบบของแมคคาเดเมียในหมูแผ่นกรอบที่เหมาะสมต่อไป

ผลการศึกษาปริมาณและรูปแบบของแมคคาเดเมียในหมูแผ่นกรอบที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณของแมคคาเดเมีย 2 ระดับ คือ 20% และ 30% ของน้ำหนักทั้งหมด และรูปแบบการผสมแมคคาเดเมีย 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ผสมลงในส่วนผสมที่บดแล้วนำไปรีด และรูปแบบที่ 2 โรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ดัง Table 2 พบว่าปริมาณของแมคคาเดเมียและรูปแบบการผสมแมคคาเดเมียมีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

Table 2 Sensory scores of the ready-to eat crispy pork sheet with the different content and form of macadamia addition

Attributes	Treatment			
	CPMacV20M1	CPMacV20M2	CPMacV30M1	CPMacV30M2
Appearance	4.78±1.06 ^c	7.50±0.74 ^a	3.60±0.83 ^d	6.38±0.60 ^b
Color	7.40±0.86 ^b	7.68±0.77 ^a	6.36±0.49 ^d	6.66±0.48 ^c
Odor	7.04±0.76 ^a	7.08±0.49 ^a	6.60±0.93 ^b	6.38±1.05 ^b
Taste	6.98±0.80 ^a	7.24±0.77 ^a	6.62±0.53 ^b	6.66±0.48 ^b
Flavor	7.66±0.96 ^a	7.82±0.83 ^a	7.02±0.71 ^b	7.06±0.62 ^b
Crispness	6.68±1.15 ^b	7.44±0.84 ^a	6.08±1.24 ^c	5.42±1.13 ^d
Hardness	7.00±0.99 ^b	7.36±0.75 ^a	6.30±0.89 ^c	5.50±1.15 ^d
Oiliness	7.48±0.68 ^b	7.74±0.49 ^a	7.34±0.72 ^b	7.08±0.63 ^c
Overall liking	7.18±0.98 ^b	7.56±0.79 ^a	6.66±0.69 ^c	6.34±0.69 ^d

Note: ^{a-b} mean±SD with different superscript letters in a row are significant different ($p < 0.05$)

ทั้งนี้จะเห็นว่ารูปแบบการเติมแมคคาเดเมียลงไปในส่วนผสม (รูปแบบที่ 1) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏไม่ชวนรับประทาน มีความแตกหักและเป็นรูพรุน จึงได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่า 5 คะแนน ดังพบในสูตร CPMacV20M1 (4.78 คะแนน) และสูตร CPMacV30M1 (3.60 คะแนน) และการเติมปริมาณแมคคาเดเมียที่ 30% มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสลดลงในทุกคุณลักษณะ โดยเฉพาะในด้านเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคะแนนความชอบด้านความกรอบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรการเติมแมคคาเดเมียที่ 20% อาจเป็นผลมาจากแมคคาเดเมียซึ่งมีปริมาณไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากถึง 80% (อาทิติย์ และคณะ, 2552) การบดและรีดส่วนผสมเป็นแผ่นไปพร้อมกับแมคคาเดเมีย ส่งผลให้อาจมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่เรียกว่า การหืน (Rancidity) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสของหมูแผ่นกรอบ ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลงในทุกคุณลักษณะ ดังนั้นจึง

คัดเลือกสูตรหมูแผ่นกรอบ แมคคาเดเมียสูตร CPMacV20M2 ที่ผสมปริมาณแมคคาเดเมีย 20% และใช้รูปแบบการผสมแบบที่ 2 โดยโรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ววิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบสูตรพื้นฐาน และหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียที่ผสมปริมาณแมคคาเดเมีย 20% และใช้รูปแบบการผสมแบบที่ 2 โดยโรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นคัดเลือกแล้ว ดัง Table 3 พบว่าสูตรหมูแผ่นกรอบทั้งสองสูตรมีปริมาณความชื้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \geq 0.05$) แต่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) การใส่แมคคาเดเมียปริมาณ 20% ทำให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น เนื่องจากในแมคคาเดเมียมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบสูง (อาทิตย์, 2552) อย่างไรก็ตามไขมันจากเมล็ดแมคคาเดเมียมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว 12.9% และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 87.1% (ประเทืองศรี, 2532)

Table 3 Chemical Composition of ready-to-eat crispy pork sheet without (control) and with (CPMacV20M2) macadamia

Composition	Treatment	
	Control	CPMacV20M2
Moisture content (g) ^{ns}	12.44±0.23	12.24±0.30
Fat (g)	6.77±0.19 ^b	22.03±0.10 ^a
Protein (g)	35.17±0.13 ^a	28.74±0.05 ^b
Ash (g)	4.86±0.15 ^a	3.94±0.05 ^b
Carbohydrate (g)	40.77±0.14 ^a	33.05±0.22 ^b

Note: ^{a-b} mean±SD with different superscript letters in a row are significant different ($p < 0.05$).

^{ns} mean±SD Values in the same row are not significant different ($p \geq 0.05$).

สรุป

การผลิตหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมีย โดยการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในสูตรหมูแผ่นกรอบพื้นฐาน 3 ระดับ จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่า หมูแผ่นกรอบในสูตรที่ผสมน้ำตาลทราย 30% ได้รับความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ จึงนำมาศึกษาปริมาณของแมคคาเดเมียและรูปแบบการผสมแมคคาเดเมีย พบว่าหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียที่ผสมปริมาณแมคคาเดเมีย 20% และใช้รูปแบบการผสมแบบที่ 2 โดยโรยแมคคาเดเมียบดลงบนส่วนผสมที่ผ่านการรีดเป็นแผ่นแล้ว ได้รับความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ และนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าหมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภค มีปริมาณความชื้น 12.24 กรัม ปริมาณไขมัน 22.03 กรัม ปริมาณโปรตีน 28.74 กรัม ปริมาณเถ้า 3.94 กรัม และปริมาณคาร์โบไฮเดรต 33.05 กรัม ผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบแมคคาเดเมียพร้อมบริโภคที่พัฒนาได้จะเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวทางเลือกในการบริโภคอาหารขบเคี้ยวประเภทหมูแผ่นกรอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากแมคคาเดเมีย และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษแมคคาเดเมีย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยทัพบกวาง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการอนุเคราะห์สนับสนุนทุนวิจัย และสถานที่สำหรับทำการวิจัย และคุณรุ่งทิพย์ ศิริเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จุฬาลักษณ์ จารุณช. 2550. ขนมอบเคี้ยวจากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์. วารสารอาหาร 37(3): 211–214.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. 2532. การวิเคราะห์คุณภาพของผลแมคคาเดเมียที่ปลูกในประเทศไทย. ใน: รายงานประชุมวิชาการ เรื่องแมคคาเดเมียเพื่อพัฒนาเป็นพืชอุตสาหกรรม 26–27 กันยายน 2532. สมาคม วาย เอ็ม ซี เอ. เชียงราย.
- ผกาวดี ภูจันทร์, ไสร์จวรรณ อินเขต, จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง, กุลชญา สิวหงวน, วิรัชยา อินทะกัณฑ์, สุสิตรา สิงโสม. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบเสริมใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า. PSU Journal of Science and Technology 3(1): 28–37.
- พนิดา เริงกมล. 2536. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องขนมอบเคี้ยวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปและวิธีบรรยาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เพียว อิศรพันธุ์. 2551. การบริโภคขนมกรุบกรอบของเด็กในศูนย์เด็กเล็ก: กรณีศึกษาศูนย์พัฒนา เด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบลเขาแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี. ศูนย์อนามัยที่ 4 ราชบุรี. ราชบุรี.
- โพสต์ทูเดย์. 2564. สถาบันอาหารแจ้งเกิด"ฟินนัจ" ซึ่งตลาดขนมสุขภาพ.
<https://www.posttoday.com/economy/sme/644880>, 23 มิถุนายน 2564
- สำนักโภชนาการ. 2561. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.
- สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. หมูแผ่น, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. มผช 100/2546.
- อาทิตย์ วานิชอดิศักดิ์, วารุณี เตีย, อาภาพรพรณ ฐฎไพศาล. 2552. การศึกษาปริมาณกรดไขมันของแมคคาเดเมีย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40: 157–160.
- อิมเอ็บ พันสอด. 2549. เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์. http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/meattech/index.htm, 23 มิถุนายน 2564
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Inc. Gaithersburg, MD, USA.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 2008. USDA national database for standard reference.
http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl, 23 June 2021.

Some characteristics of 'Hom Thong' banana fruit spread as affected by calcium lactate addition

Pranganya Santisitthanon, Ornanong Poljitprasert, Amporn Jamphon, Tipakorn Maungteuk,

Tiwaporn Maneerattanasuporn, Siriporn Riebroy Kim*

Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: agrsrpr@ku.ac.th

Abstract

The characteristics of 'Hom Thong' banana spread (HTS) as affected by calcium lactate addition were investigated. Chemical and physical properties of HTS produced at different concentrations (45, 50, and 55 Brix) and two commercial fruit spreads (brand A and brand B) were comparative studied. All HTS samples had higher pH than commercial fruit spreads ($p < 0.05$). Among HTS samples, the increase in concentration affected on lowering of water activity. Textural properties of all sample were different ($p < 0.05$). HTS with 55 Brix exhibited the highest hardness and cohesiveness ($p < 0.05$). The results indicated that characteristic of fruit spread depend on fruit used, sucrose and other ingredients as well as processing technology. Total sugar, reducing sugar, color and sensorial properties of HTS sample were also investigated. When HTS concentrations increased, total sugar and reducing sugar increased ($p < 0.05$). The content of reducing sugar might related to color of HTS samples. Generally, 50 Brix HTS had greater likeness score of overall liking ($p < 0.05$) and it was chosen for the study of calcium lactate addition to fruit spread. Chemical, physical, and sensorial properties of HTS added with calcium lactate at 0%, 0.25%, 0.5%, and 1% were investigated. Increase in calcium lactate addition showed the decrease in pH value. However, no differences in water activity, total sugar and reducing sugar contents were observed ($p > 0.05$). HTS added with 1% of calcium lactate generally exhibited the highest L* and b* values than other samples ($p < 0.05$). When calcium lactate concentration increased, decrease in adhesiveness was observed ($p < 0.05$). From the results, calcium lactate could be dissociated to lactic acid and it might affect to pH lowering, browning reaction environment, and gelling structure of banana spread. HTS added with 1% calcium lactate had the highest likeness scores for appearance, color, odor, and taste ($p < 0.05$). Based on the experimental results, HTS obtained with 1% calcium lactate were better characteristics. Furthermore, the stability of HTS added with calcium lactate during storage at ambient temperature should be studied.

Keywords: Banana, Calcium lactate, Fruit spread

Introduction

'Hom Thong' (HT) (*Musa acuminata*) banana is an economically important climacteric fruit for local and export markets worldwide (Abdullah and Pantastico, 1990). The banana fruit is generally a good source of energy and minerals and is normally consumed fresh or processed to make products such as crisps, flour/powder, jam and wine. Also, bananas are a healthy source of fiber, potassium, vitamin C, and various antioxidants and phytonutrients. The postharvest and storage management of banana is very important because of physiological changes. The production of volatile compounds and bioactive compounds beneficial to health, including total phenols, total flavonoids and antioxidant activity also increased (Ummarat et al., 2011). During storage, softening is a major aspect of the ripening process which affects shelf life, pathogen infection, and physical injury (Goulao and Oliveira, 2008). Additionally, increases in starch degradation, sugar accumulation, and changes in organic acid content in overripe banana were reported (Imsabai et al., 2006). Mugumpoza et al. (2020) reported that banana at stage 7 or overripe stage (all yellow with brown speckles) had pectin between 0.65 to 1.28%.

Nowadays, some means of preservation, like freeze-drying or crispy fried banana slices and banana preserves are generally used in Thailand. In recently years, consumers are increasingly asking for products offering reduced caloric value such as fruit spreads (Endress et al., 2005) or fruit butter. Fruit spread is a jam-like product which contains fruit, sugar, and pectin. The difference between a fruit spread and jam is a final soluble solid content. Total soluble solid content of the finished jam should be between 60% and 65% or greater and the product should contain at least 45% fruit. For fruit spread, it does not have any restriction related to sugar content, thereby provoking the greatest changes from nutritional, sensorial and functional properties. However, the gelation of jam or spread contributes to interaction of pectin and sugar at appropriate concentration as well as acidic environment. The potential applications in fruit derivative products by combination between calcium and pectin with sugar in order to obtain gels had been intensive studied (Falguera et al., 2010; Picout et al., 2000). Also, the interaction between calcium and pectin gels are generated via "junction zones" whose mechanism of formation is mainly based on "egg box" model of Grant et al. (1973). Ngouémazong et al. (2012) concluded that gel characteristics varied with Ca^{2+} concentration and pectin structure. In the presence of sufficient Ca^{2+} , pectin produced strong and stable cooperative junction zones. There are many sources of calcium in calcium supplements such as calcium lactate, calcium pidolate and calcium chloride. Calcium in organisms is found in the form of Ca^{2+} ion or precipitated in the skeleton. Some of main functions are act as a cofactor in enzymatic reactions, take part in metabolism of glucogen, in the synthesis of protein and fatty acids, in the vitamin B activation, in the ATP formation and contributing to the regulation of muscle contraction along with sodium and potassium. Moreover, it plays a fundamental role in the formation of bone structures. From this point of view, preserved products such as spreadable fruit is value-added banana product, particularly ripened 'Hom Thong' banana fruit. Although fruit spreads provide in supermarket, but no banana fruit spread product is available in Thailand. From our observation, there are only two commercial brands of fruit spreads and they were produced from raspberry and mix berry. Therefore, the aims of this work

were to study some properties of HTS at different concentration (final total soluble solid) compared with commercial brands and to investigate the effect of calcium lactate addition on characteristics of HTS.

Materials and Methods

Collection of commercial fruit spreads and Preparation of 'Hom Thong' banana fruit spread (HTS)

Two brands of fruit spreads (A: raspberry spread, B: mix berry spread) were purchased from supermarket in Bangkok, Thailand, and kept at room temperature for analysis (within 7 days). Hom Thong banana fruit (7: yellow flecked with brown) was sliced and thoroughly mixed with lime juice, water, salt and sugar into 2-tier steamer. The mixture was heated at low-medium level until 42 Brix of mixture was achieved. The pH of mixture was adjusted to 3.5 by 20% citric acid then it was heated and stirred continuously to achieved the target total soluble solid of 45 Brix (HTS45), 50 Brix (HTS50), and 55 Brix (HTS55). Sample was packed in transparent glass jar (100 g/jar) and then allowed stand at room temperature (25°C) for 18 h before analysis. The selected HTS samples was chosen by likeness scores (≥ 7). Then selected HTS was produced as previous method by adding calcium lactate (E327) at 0%, 0.25%, 0.5%, and 1% then analysis.

Analyses

Samples were determined for pH (a pH meter), water activity (a_w), moisture content (Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2000), adhesiveness, and cohesiveness. Total sugar and reducing sugar contents in Hom Thong banana fruit and HTS samples were measured as described by James (1999). L^* , a^* , and b^* values of HTS were measured by a colorimeter (ColorFlex, Hunter, USA).

Sensory evaluation

A total of 50 panelists participated in this study. Panelists were students and staffs from Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, identified as frequent consumers of fruit jams/spreads. HTS samples were provided in tightly sealed small glass bottle and presented to the panelists with a code in randomized order. Toasted bread was used as the vehicle for the ingestion. Panelist were instructed to evaluate appearance, color, odor, taste, flavor, texture, and overall liking. Based on these attributes, they were asked on a 9-point hedonic scale (Chamber IV and Wolf, 1996).

Statistical analysis

All data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and differences between means were evaluated by Duncan's multiple range test (Steel and Torrie, 1980) using SPSS statistic program (trial version) via www.ibm.com for data analysis.

Results and Discussion

Chemical, physical, and sensorial characteristics of commercial fruit spreads and HTS samples

The pH value of commercial banana spreads and different TSS of HTS is shown in Table 1. For commercial banana spread samples, brand B had the lower pH than those of brand A ($p < 0.05$). This was due to the different fruits and acidulants used. HTS had higher pH than that of commercial brands ($p < 0.05$). When total soluble solid increased, the pH value slightly decreased ($p < 0.05$). HTS45 and HTS50 had lower pH than HTS55 ($p < 0.05$). The water activities (a_w) of commercial spreads were different ($p < 0.05$). Brand B had lower a_w than that of brand A ($p < 0.05$). Among HTS samples, HTS45 showed the highest a_w as that of brand A ($p > 0.05$). Lower a_w might be due to their higher total soluble solid. Holazwarth et al. (2013) reported that water activity of strawberry spread was about 0.95. Moisture content of brand A and HTS45 was not different ($p < 0.05$). When total soluble solid increased, moisture content of HTS decreased ($p < 0.05$). From the results, the increase in total soluble solid affected on a_w and moisture content of HTS.

Table 1 pH, water activity (a_w), and moisture content of commercial fruit spread and HTS

Parameters	Samples*				
	A	B	HTS45	HTS50	HTS55
pH	3.23±0.00 ^{c**}	2.79±0.01 ^d	3.53±0.01 ^a	3.52±0.02 ^a	3.48±0.02 ^b
a_w	0.93±0.00 ^a	0.78±0.00 ^d	0.90±0.00 ^a	0.89±0.01 ^b	0.85±0.00 ^c
Moisture content (%)	48.53±0.15 ^a	38.58±0.08 ^c	48.53±0.07 ^a	44.38±0.66 ^b	38.58±0.44 ^c

Note: Mean ± SD from five determinations. Different superscripts in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$). *A and B are commercial brands of fruit spread and 'Hom Thong' banana fruit spread at 45 Brix (HTS45), 50 Brix (HTS50), and 55 Brix (HTS55).

Fig. 1 shows textural properties of commercial brands of fruit spread and HTS samples. Brand B exhibited higher hardness than that of brand A ($p < 0.05$). Springiness of all samples were slightly different. Higher total soluble solid content, higher hardness and cohesiveness were observed in HTS samples ($p < 0.05$). Higher adhesiveness value indicates the property of food that being sticky with another surface. In this study, the increase in total soluble solid showed a more stickiness.

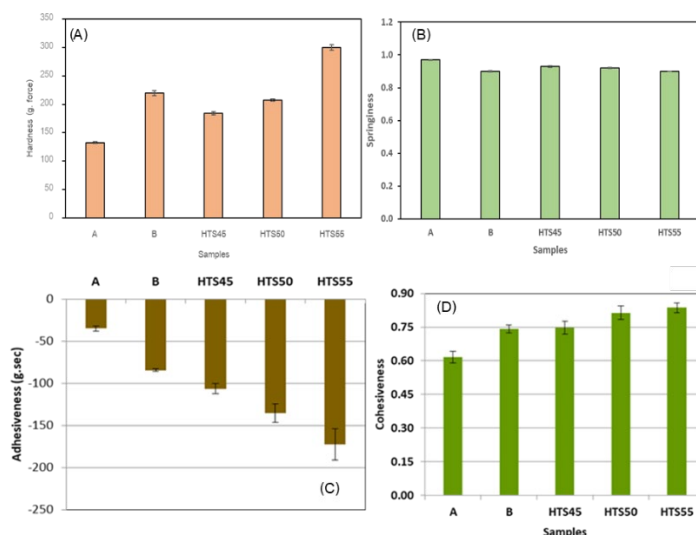


Fig. 1 Textural properties of commercial banana spreads (A and B) and HTS at 45 Brix (HTS45), 50 Brix (HTS50) and 55 Brix (HTS55).

Note: Bars indicated the standard deviation from nine determinations

According to the label of commercial brands, brand A contained 30% of glucose-fructose syrup and 12% sucrose and brand B contained 49% sucrose and 13% glucose. Total sugar and reducing sugar contents in Hom Thong banana fruit were 33.04% and 21.60%, respectively (Fig. 2). Increase in total soluble solid, HTS had higher total sugar content ($p < 0.05$). The increase in reducing sugar content might be due to higher degree hydrolysis of sucrose into higher contents of glucose and fructose during heating. Thus, the increased reducing sugars caused darker color from higher degree of Maillard reaction as shown in the decreased L^* value.

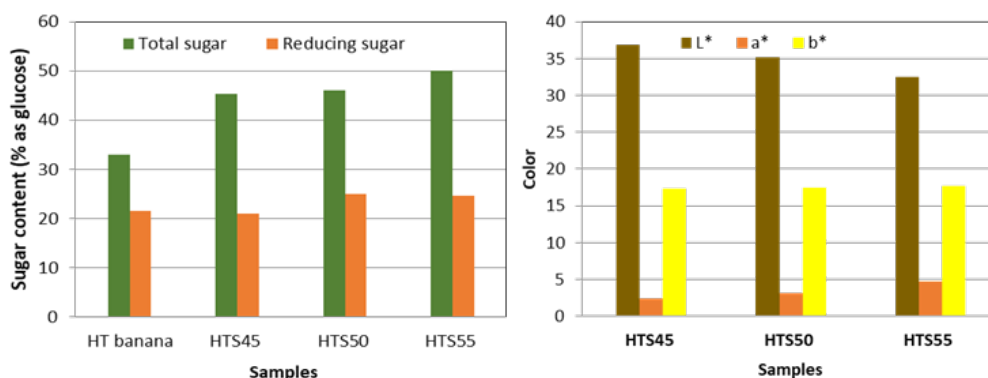


Fig. 2 Total and reducing sugar contents (A) and color (B) of Hom Thong banana fruit (HT banana) and HTS at 45 Brix (HTS45), 50 Brix (HTS50) and 55 Brix (HTS55)

Table 2 shows sensory evaluation of HTS at different total soluble solid content. No differences in appearance, color, odor, flavor and texture likeness scores between HTS45 and HTS50 ($p > 0.05$). HTS50 had higher taste and overall liking scores than that of other samples ($p < 0.05$). Lower likeness scores in

appearance, color, taste, flavor, texture and overall liking were found in HTS65 ($p < 0.05$). From the results, the HTS50 was chosen for further study on calcium lactate addition influenced on characteristics of HTS.

Table 2 Likeness scores of Hom Thong fruit spreads at 45 Brix (HTS45), 50 Brix (HTS50) and 55 Brix (HTS55)

Samples	Appearance	Color	Odor	Taste	Flavor	Texture	Overall liking
HTS45	7.24±1.30 ^{a**}	7.40±1.21 ^a	6.82±1.32 ^a	7.22±1.07 ^b	7.22±1.20 ^{ab}	7.44±1.23 ^{ab}	7.22±0.97 ^b
HTS50	7.26±1.19 ^a	7.12±1.27 ^{ab}	7.04±1.18 ^a	7.70±0.97 ^a	7.62±1.07 ^a	7.72±1.20 ^a	7.82±0.90 ^a
HTS55	6.62±1.31 ^b	6.60±1.25 ^b	6.78±1.30 ^a	7.22±1.13 ^b	6.92±1.30 ^b	7.14±1.37 ^b	7.02±1.17 ^b

Note: *Mean±SD from fifty determinations. Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Chemical, physical, and sensorial characteristics of HTS (50 Brix) as affected by calcium lactate addition

Table 3 shows pH, a_w , and moisture content on HTS added with 0% to 1% of calcium lactate. The addition of calcium lactate affected on pH value. Decreased pH value was observed in sample added higher amount of calcium lactate. Generally, the pH of calcium lactate is about 5.1. This might contribute to the pH of HTS. In addition, the addition of calcium lactate did not affect on a_w value but decrease in moisture content in HTS added 1% of calcium lactate was observed ($p < 0.05$). For textural properties, the hardness of HTS added with 0.25% calcium lactate was higher than the control (HTSCa-0) ($p < 0.05$) (Fig. 3). The increase addition of calcium lactate resulted in hardness decreased ($p < 0.05$). No differences in springiness and cohesiveness of all samples ($p > 0.05$).

Table 3 pH, water activity (a_w), and moisture content of Hom Thong fruit spreads at 50 °Brix added with different levels of calcium lactate

Parameters	Samples*			
	HTSCa-0	HTSCa-0.25	HTSCa-0.5	HTSCa-1.0
pH	3.55 ± 0.00 ^{c**}	3.46±0.01 ^d	3.40±0.01 ^a	3.34±0.02 ^a
a_w	0.89±0.00 ^a	0.89±0.00 ^a	0.89±0.00 ^a	0.89±0.00 ^a
Moisture content (%)	48.56±0.15 ^a	48.58±0.08 ^c	48.68±0.07 ^a	47.55±0.66 ^b

Note: *Mean±SD from triplicate determinations. Different superscripts in the same row indicate different significances ($p < 0.05$).

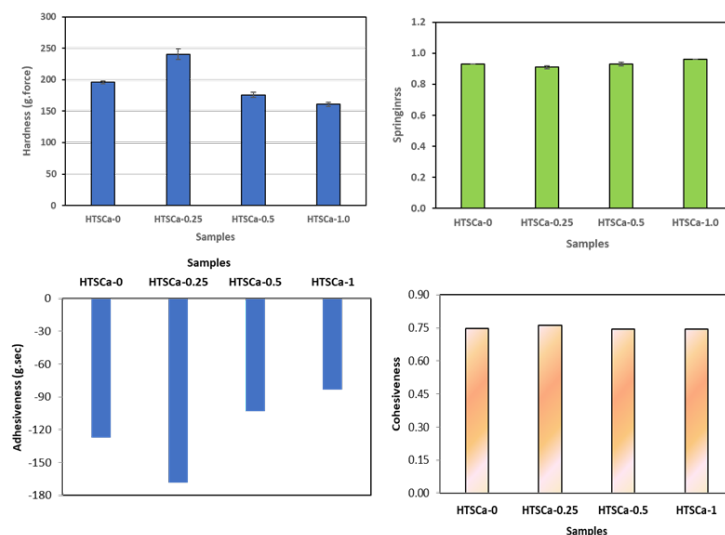


Fig. 3 Textural properties of HTS added with calcium lactate at 0% (HTSCa-0), 0.25% (HTSCa-0.25), 0.5% (HTSCa-0.5), and 1% (HTSCa-1.0)

Total sugar and reducing sugar contents in HTS added with calcium lactate were slightly different when compare to the HTSCa-0 ($p < 0.05$). Reducing sugar content of all HTS samples ranged from 24% to 28%. From the result, calcium lactate addition did not affect on reducing sugar development. However, the increase in calcium lactate addition resulted in higher L^* and b values ($p < 0.05$). This result was related with reducing sugar content in HTS. During HTS heating, sucrose melted and broke down into glucose and fructose. Maillard reactions refer a chemical reaction between an amino acid and a reducing sugar such as glucose and fructose in the presence of heat. These reactions between the carbonyl group of sugar and the nucleophilic amino group of amino acid create a wide range of flavor, odor, and/or noticeable browning color compounds in foods. Some compounds such as melanoidins, the brown polymers formed via Maillard reaction during heating are desirable. From the results, the addition of calcium lactate contributed to brighter color of HTS.

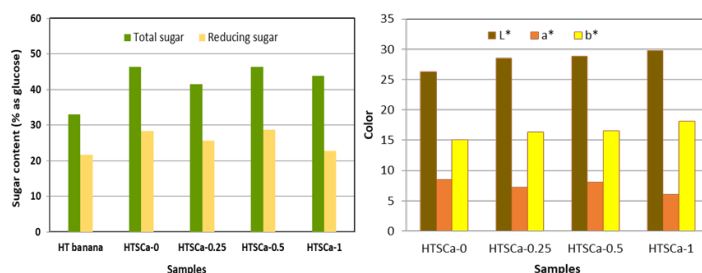


Fig. 4 Total and reducing sugar contents and color of Hom Thong fruit spreads added with calcium lactate at 0% (HTSCa-0), 0.25% (HTSCa-0.25), 0.5% (HTSCa-0.5), and 1% (HTSCa-1.0)

Table 4 shows sensory evaluation of HTS added with different levels of calcium lactate. No differences in odor, flavor and texture likenesses ($p > 0.05$). With regards to color, HTSCa-0.5 and HTSCa-1.0 were

perceived to have a more pleasing color than other samples ($p < 0.05$). This is probably because the lowering pH by calcium lactate addition. Also, the L^* lightness and b^* yellowness of them were higher than other samples (Fig. 4). From the results, the addition of calcium lactate contributed to color, taste, and overall liking. Therefore, HTSCa-0.5 and HTSCa-1.0 were more acceptable for overall liking.

Table 4 Likeness scores of HTS (50 Brix) added with different levels of calcium lactate

Samples	Appearance	Color	Odor	Taste	Flavor	Texture	Overall liking
HTSCa-0	6.74±1.27 ^{***}	6.74±1.21 ^c	6.76±1.38 ^a	6.78±1.37 ^{bc}	7.00±1.23 ^a	7.22±1.20 ^a	6.98±1.29 ^b
HTSCa-0.25	6.94±1.42 ^c	7.04±1.21 ^{bc}	6.64±1.32 ^a	6.42±1.43 ^c	6.72±1.33 ^a	7.14±1.23 ^a	6.84±1.23 ^c
HTSCa-0.5	7.14±1.18 ^{bc}	7.36±1.16 ^{ab}	6.88±1.08 ^a	6.94±1.36 ^{bc}	6.88±1.17 ^a	7.54±1.03 ^a	7.14±1.07 ^{ab}
HTSCa-1.0	7.58±1.30 ^a	7.64±1.22 ^a	6.84±1.27 ^a	7.20±1.26 ^a	7.06±1.22 ^a	7.56±1.18 ^a	7.30±1.30 ^a

Note: *Mean±SD from fifty determinations. Different superscripts in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Conclusion

This study demonstrates that the different concentrations of HTS showed different physical and chemical properties as well as sensorial characteristics. HTS at 50% (total soluble solid) had the highest acceptability. HTS50 added with calcium lactate resulted in pH decrease and brighter color. No changes in hardness, cohesiveness, and springiness in HTS when calcium lactate addition. At 1.0% calcium lactate addition, HTS had a greater acceptability, especially appearance, color, and taste.

Conflict of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

Acknowledgements

This study was financial supported by Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

References

- Abdullah, H., Pantastico, E.B. 1990. Banana-fruit development. Postharvest Physiology. Handling and Marketing in ASEAN. ASEAN Food.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, MD, USA.
- Besbes, S., Drira L., Blecker, C., Deroanne, C., Attia, H. 2009. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. Food Chem. 112: 406–411.
- Endress, H.-U., Mattes, F., Norz, K. 2005. Pectins. In: Hui, Y.A., Sherkat, F. (Eds.). Handbook of food science, technology, and engineering. Boca Raton CRC, USA. pp. 104.1–104.35.

- Falguera, V., Menguel, A., Viecente, M., Ibarz, A. 2010. Effect of calcium pidolate on the rheological characteristics of jams and gelatins. *Food Res. Int.* 43: 882–885.
- Goulao, L.F., Oliveira, C.M. 2008. Cell wall modifications during fruit ripening: When a fruit is not the fruit. *Trends Food Sci. Technol.* 19: 4–25.
- Grant, G.T. Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C., Thom, D. 1973. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box. *FEBS Letters* 32(1): 195–198.
- Holazwarth, M., Korhummel, S., Sickmann, T., Carle, R., Kammerer, D.R. 2013. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and color retention in strawberry jams and spreads. *LWT-Food Sci. Technol.* 52: 131–138.
- Imsabai, W., Ketsa, S., van Doorn, W.G. 2006. Physiological and biochemical changes during banana ripening and finger drop. *Postharvest Biological Technology* 39: 211–216.
- James, C.S. 1999. DNS colorimetric determination of available carbohydrates in foods. In: *Analytical Chemistry of Foods*. Aspen Publishers, Maryland, MD, USA. pp. 124–125.
- Nguémazong, D.E., Tengweh, F.F., Fraeye, I., Duvetter, T., Cardinaels, R. Loey, A.V., Moldenaers, P., Hendrickx, M. 2012. Effect of de-methylesterification on network development and nature of Ca^{2+} -pectin gels: Towards understanding structure – function relations of pectin. *Food Hydrocolloids* 26: 89–98.
- Mugumpoza, D., Gafuma, S., Kyosaba, P., Namakajjo, R. 2020. Characterization of pectin from pulp and peel of Uganda cooking banana at different stages of ripening. *J. Food Res.* 9(5): 67–77.
- Picout, D.R., Richardson, R.K. Morris, E.R. 2000. Ca^{2+} -induced gelation of low methoxy pectin in the presence oxidised starch. Part 2. Quantitative analysis of moduli. *Carbohydr. Polym.* 43(2): 123–131.
- Steel, R.D.D., Torrie J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*, 2nd ed. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Ummarat, N., Matsumoto, T.K., Wall, M.M., Seraypheap, K. 2011. Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated 'Hom Thong' banana fruit during storage. *Science Horticulture* 130: 801–807.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ดร.กาญจนา บุญเรือง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
2. ดร.จรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
3. ผศ.ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
4. ดร.จตุภรณ์ ทัสสกุลพนิช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
5. ผศ.ดร.เจนจิรา ชุมภูคำ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
6. รศ.ดร.เฉลิมพล ภูมิไชย์ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
7. ผศ.ดร.เมธอมลย์ วงศ์ขาวจันท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
8. ผศ.ดร.ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
9. ผศ.ดร.ทัศนัย จารุวัฒน์พันธ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
10. รศ.ดร.ธิดา เดชฮวบ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
11. ผศ.ดร.ธนพล ไชยแสน ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
12. ผศ.ดร.เนตรนภิส เขียวขำ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
13. ดร.นิตยา ชูเกาะ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
14. ผศ.ดร.เบญญา มะโนชัย ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
15. ผศ.ดร.ปริยานุช จุลกะ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
16. ดร.ปวีณา ชื่นวาริน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
17. ผศ.ดร.ปาริชาติ พรหมโชติ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
18. ผศ.ดร.ปิยะณัฐ ผกามาศ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
19. ผศ.ดร.พิจิตรา แก้วสอน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
20. ผศ.ดร.เพชรดา ปินใจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
21. ผศ.ดร.ภัสวี คงศีล ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
22. ผศ.ดร.รักศักดิ์ เสริมศักดิ์ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร
23. ผศ.ดร.ศุภธิดา อับดุลลากาซิม ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
24. ผศ.ดร.สุจินต์ เจริญวัฒน์ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
25. ผศ.ดร.สุพจน์ กาเซ็ม ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
26. ผศ.ดร.สุรพงษ์ ดำรงกิตติกุล ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
27. รศ.ดร.เสาวนุช ถาวรพฤษย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
28. ผศ.ดร.อนงค์นุช สาสนรักกิจ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
29. ผศ.ดร.อัญมณี อาวุชานนท์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน

30. ผศ.ดร.อัครณัฐญานัน มงคลชัยพฤกษ์
31. ผศ.ดร.อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวณิช
32. ผศ.ดร.อารยา อาจเจริญญ เทียนหอม

- ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร

สาขาพืช: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. ศ.ดร.นิพนธ์ ทวีชัย
2. ผศ.ดร.ปรีชาดิ ดิษฐกิจ
3. รศ.ดร.ยิ่งยง ไผ่สุขานติวัฒน์
4. ผศ.ดร.วัชรระ จินตโกวิท
5. รศ.ดร.สมศิริ แสงโชติ
6. ผศ.ดร.สุเทพ ทองแพ
7. รศ.ดร.สุเทวี สุขปรากการ
8. รศ.ดร.สุวิรัช วรรณไกรโรจน์
9. รศ.ดร.อำไพวรรณ ภราดรน์วัฒน์

- ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สาขาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สำนักวิชาสหวิทยาการ วิทยาเขตกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยมหิดล
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Editorial Board

Subject: Plants (Internal)

- | | |
|--|--|
| 1. Dr.Kanchana Boonruang | 2. Dr.Jareerat Chunthawodtiporn |
| 3. Asst.Prof.Dr.Jutamas Romkeaw | 4. Dr.Jutiporn Thussagunpanit |
| 5. Asst.Prof.Dr.Jenjira Chumpookam | 6. Assoc.Prof.Dr.Chalernpol Phumichai |
| 7. Asst.Prof.Dr.Shermarl Wongchaochant | 8. Asst.Prof.Dr.Damrongvudhi Onwimol |
| 9. Asst.Prof.Dr.Tassanai Jaruwattanaphan | 10. Assoc.Prof.Dr.Tida Dethoup |
| 11. Asst.Prof.Dr.Tanapon Chaisan | 12. Asst.Prof.Dr.Netnapis Khewkhom |
| 13. Dr.Nittaya Chukoh | 14. Asst.Prof.Dr.Benya Manochai |
| 15. Asst.Prof.Dr.Pariyanuj Chulaka | 16. Dr.Paweena Chuenwarin |
| 17. Asst.Prof.Dr.Parichart Promchote | 18. Asst.Prof.Dr.Piyanath Phagamas |
| 19. Asst.Prof.Dr.Pichitra Kaewsorn | 20. Asst.Prof.Dr.Pechlada Pinjai |
| 21. Asst.Prof.Dr.Pasajee Kongsila | 22. Asst.Prof.Dr.Raksak Sermsak |
| 23. Asst.Prof.Dr.Supatida Abdullakasim | 24. Asst.Prof.Dr.Sujin Jenweerawat |
| 25. Asst.Prof.Dr.Supot Kasem | 26. Asst.Prof.Dr.Surapong Dumrongkittikule |
| 27. Assoc.Prof.Dr.Saowanuch Tawornpruek | 28. Asst.Prof.Dr.Anongnuch Sasnarukkit |

29. Asst.Prof.Dr.Anyamane Auvuchanon
31. Asst.Prof.Dr.Udomsak Lertsuchatavanic

30. Asst.Prof.Dr.Anchaya Mongkolchaiyaphruek
32. Asst.Prof.Dr.Araya Arjcharoen Theanhom

Subject: Plants (External)

1. Prof.Dr.Niphon Thaveechai
3. Assoc.Prof.Dr.Yingyong Paisooksantiwatana
5. Assoc.Prof.Dr.Somsiri Sangchote
7. Assoc.Prof.Dr.Sutevee Sukprakarn
9. Assoc.Prof.Dr.Ampaiwan Paradornuwat
2. Asst.Prof.Dr.Parichat Dittakit
4. Asst.Prof.Dr.Watcharra Chintakovid
6. Asst.Prof.Dr.Suthep Thongpae
8. Assoc.Prof.Dr.Surawit Wannakrairoj

ผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. ดร. ก.ทีปลักษณ์ ระวังเหตุ
2. ผศ.ดร.ชาญวิทย์ แก้วตาปี
3. ผศ.ดร.ธีรวิทย์ เปี้ยคำภา
4. ผศ.ดร.พงศ์ธร คงมัน
5. ผศ.ดร.น.สพ.สโรช แก้วมณี
6. ผศ.ดร.อัจฉรา ชัยน
7. ผศ.นพ. ตันมูขยกุล
8. รศ.ดร.ยุวเรศ เรืองพานิช
9. ศ.ดร.สุริยะ สะวานนท์
10. ผศ.ดร.ธีรสิทธิ์ เกษตรเกษม
11. ดร.ธรรมมาพร พิจิตราศิลป์
12. ผศ.ดร.น.สพ.อรรถวิทย์ ไกวิทวที

- ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคนิคการสัตวแพทย์
ภาควิชาสรีรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์

สาขาสัตว์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.พิพัฒน์ สมภาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2. รศ.ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. ผศ.ดร.น.สพ.ชัยวัฒน์ บุญแก้ววรรณ วิทยาลัยสัตวแพทยศาสตร์อัครราชกุมารี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
4. ผศ.ดร.ถิรนนท์ ศรีกัญชัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
5. ผศ.ดร.พิทักษ์พล พรเอนก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มทร.อีสาน วิทยาเขตสกลนคร

6. ผศ.ดร.มนตรี ปัญญาทอง
7. ผศ.ดร.สุบรรณ ฝอยกลาง

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Editorial Board

Subject: Animal (Internal)

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Dr. K.Teepalak Rangubhet | 2. Asst.Prof.Dr.Chanwit Keawtapee |
| 3. Asst.Prof.Dr.Theerawit Poeikhampha | 4. Asst.Prof.Dr.Phongthorn Kongmun |
| 5. Asst.Prof.Dr.Saroch Kaewmanee | 6. Asst.Prof.Dr.Autchara Kayan |
| 7. Asst.Prof.Dr.Nop Tonmukayakul | 8. Assoc.Prof.Dr.Yuwares Ruangpanit |
| 9. Prof.Dr.Suriya Sawanon | 10. Asst.Prof.Dr.Teerasit Kasetkasem |
| 11. Dr.Thanmaporn Phichitraslip | 12. Asst.Prof.Dr.Attawit Kovitvadi |

Subject: Animal (External)

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Assoc.Prof.Dr.Pipat Somparn | 2. Assoc.Prof.Dr.Anusorn Cherdthong |
| 3. Asst.Prof.Dr.Chaiwat Boonkaewwan | 4. Asst.Prof.Dr.Tiranun Srikanchai |
| 5. Asst.Prof.Dr.Pitukpol Pornanek | 6. Asst.Prof.Dr.Montri Punyatong |
| 7. Assist.Prof.Dr.Suban Foiklang | |

ผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาสัตวแพทยศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. รศ.สพ.ญ.ดร.อุสุมา เจิมนาค | ภาควิชาเภสัชวิทยา |
| 2. ผศ.น.สพ.ดร.อรรณวิทย์ โกวิทวิท | ภาควิชาสูรีวิทยา |
| 3. ผศ.น.สพ.ดร.อลงกต บุญสูงเนิน | ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ |
| 4. ผศ.น.สพ.ดร.เกรียงไกร วิฑูรย์เสถียร | ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ |
| 5. ผศ.น.สพ.ดร.มานะกร สุขมาก | ภาควิชาเวชศาสตร์และทรัพยากรการผลิตสัตว์ |
| 6. ผศ.สพ.ญ.ดร.ชนิษฐา เพชรอุดมสินสุข | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์ใหญ่และสัตว์ป่า |
| 7. ผศ.น.สพ.ดร.กัญจน์ แก้วมงคล | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 8. รศ.น.สพ.ดร.นริศ เต็งชัยศรี | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 9. รศ.สพ.ญ.ดร.พันพิชา สัตถาสารุชณะ | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 10. รศ.สพ.ญ.ดร. สุณี คุณากรสวัสดิ์ | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 11. ผศ.สพ.ญ.ดร.สิริรัตน์ นิยม | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 12. ผศ.สพ.ญ.ดร.ทัศนีย์ เจริญทรง | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 13. ผศ.น.สพ.ดร.ชัยกร ฐิติญาณพร | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 14. ผศ.สพ.ญ.ดร.จันทรีจิรา ภวภูตานนท์ | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |
| 15. อ.สพ.ญ.ดร.สิริกุล สุนทรารักษ์ | ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกสัตว์เลี้ยง |

Editorial Board

Subject: Veterinary medicine (Internal)

- | | |
|---|---|
| 1. Assoc.Prof.Dr.Usuma Jermnak | 2. Asst.Prof.Dr.Attawit Kovitvadhi |
| 3. Asst.Prof.Dr.Alongot Boonsoongnern | 4. Asst.Prof.Dr.Kriangkrai Witoosatian |
| 5. Asst.Prof.Dr.Manakorn Sukmak | 6. Asst.Prof.Dr.Kanittha Phatudomsinsuk |
| 7. Asst.Prof.Dr.Gunn Kaewmongkol | 8. Assoc.Prof.Dr.Naris Thengchaisri |
| 9. Assoc.Prof.Dr.Panpicha Sattasathuchana | 10. Assoc.Prof.Dr.Sunee Kunakornsawat |
| 11. Asst.Prof.Dr.Sirirat Niyom | 12. Asst.Prof.Dr.Tassanee Jaroensong |
| 13. Asst.Prof.Dr.Chaiyakorn Thitiyanaporn | 14. Asst.Prof.Dr.Janjira Phavaphutanon |
| 15. Dr.Sirikul Soontarak | |

ผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. ผศ.ดร.สันติ พวงเจริญ | ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง |
| 2. รศ.ดร.วันชัย วรวัฒน์เมธีกุล | ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง |
| 3. ผศ.ดร.กังสดาลย์ บุญปราบ | ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง |
| 4. ผศ.ดร.วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ | ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง |
| 5. อ.สรณัฐ ศิริสว | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 6. ผศ.ดร.ธนาคม บัณฑิตวงศ์รัตน์ | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 7. ผศ.ดร.ประพันธ์ศักดิ์ ศีระษะภูมิ | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 8. ผศ.ดร.อรพร หมิ่นพล | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 9. ดร.อัศวศิริ แสงสว่าง | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 10. ดร.สหภาพ ดอกแก้ว | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 11. ดร.นรวิช ประชุม | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง |
| 12. รศ.ดร.จินตนา สละน้อย | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 13. ผศ.ดร.ธีระพงศ์ ด้วงดี | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 14. ผศ.พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |

- | | |
|-------------------------------|--|
| 15. ผศ.ดร.จิตรภรณ์ พักโสภา | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 16. ดร.เยาวลักษณ์ มั่นธรรม | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง |
| 17. นายสหัส ราชเมืองขวาง | ศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ คณะประมง |
| 18. ผศ.ดร.วิษฐิตา จันทราพรชัย | ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร |

สาขาประมง: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.นนทวิทย์ อารีชัยน | ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. รศ.ดร.องอาจ เลหาวิณีจ | ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. รศ.ดร.วิภูษิต มั่นทะเลจิตร | ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 4. ผศ.ดร.ไตรเทพ วิชัยโกวิทเทน | ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 5. ดร.ชวลิต เจริญพงษ์ | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 6. ผศ.ดร.กระสินธุ์ หังสพฤกษ์ | คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 7. ดร.ศุภวัตร กาญจน์อดีตเรกลาภ | กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง |
| 8. นางสาววาริน วงษ์พานิช | กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง |
| 9. นายธเนศ พุ่มทอง | กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง |
| 10. นางสาวมนทกานติ ท้ามตัน | ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร กรมประมง |
| 11. นายคงภพ อัมพลศักดิ์ | ศูนย์วิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำปทุมธานี กรมประมง |

Editorial Board

Subject: Fisheries (Internal)

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Asst.Prof.Dr.Santi Pongcharean | 2. Assoc.Prof.Dr.Wanchai Worawattanamatekul |
| 3. Asst.Prof.Dr.Kangsadan Boonprab | 4. Asst.Prof.Dr.Wanwimol Klaypradit |
| 5. Lecturer Soranuth Sirisuay | 6. Asst.Prof.Dr.Thanakhom Bundhitwongrut |
| 7. Asst.Prof.Dr.Prapansak Srisapoome | 8. Asst.Prof.Dr.Oraporn Meunpol |
| 9. Dr.Akkarasiri Sangsawang | 10. Dr.Sahabhop Dokkaew |
| 11. Dr.Norratouch Prachoom | 12. Assoc.Prof.Dr.Jintana Salaeno |
| 13. Asst.Prof.Dr.Teerapong Duangdee | 14. Asst.Prof.Puntip Wisespongpan |

15. Asst.Prof.Dr.Jitraporn Phaksopa

16. Dr.Yaowaluk Monthum

17. Mr.Sahat Ratmuangkhwang

18. Asst.Prof.Dr.Withida Chantrapornchai

Subject: Fisheries (External)

1. Assoc.Prof.Dr.Nontawit Areechon

2. Assoc.Prof.Dr.Ong-ard Lawhavinit

3. Assoc.Prof.Dr.Vipoosit Manthachitra

4. Asst.Prof.Dr.Tritep Vichkovitten

5. Dr.Chawalit Charoenpong

6. Asst.Prof.Dr.Krasin Hunsapruerke

7. Mr.Supawat Kan-Atireklap

8. Ms.Vararin Vongpanich

9. Mr.Thanet Pumthong

10. Miss.Montakan Tamtin

11. Mr.Kongphop Ampolsak

ผู้ทรงคุณวุฒิ

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

1. รศ.ดร.สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

2. ผศ.ดร.น้องนุช ศิริวงศ์

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

3. ผศ.ดร.ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

4. ผศ.ดร.ชนิษฐา วัชรารภรณ์

ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

5. รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

6. ผศ.ดร.สุภาภรณ์ เลิศศิริ

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

7. ผศ.ดร.สุพัตรา ศรีสุวรรณ

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

8. ผศ.ดร.พนามาศ ตีรวรรณกุล

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

9. ผศ.ดร.ธานินทร์ คงศิลา

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

10. ผศ.ดร.พัชราวดี ศรีบุญเรือง

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

11. ผศ.ปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

12. อ.ดร.ชลลธร จูเจริญ

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

13. อ.ดร.เมตตา เร่งชวนขวาย

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

14. อ.ดร.ปรีดา สามงามยา

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร

สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์: ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1. รศ.ดร.มนัส ชัยจันทร์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

- | | |
|---|--|
| 2. ผศ.ดร.สิทธิพงศ์ นลินานนท์ | คณะอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 3. ผศ.ดร.สาคร ชลสาคร | คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 4. ดร.ขวัญหทัย แซ่ทอง | คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต |
| 5. ดร.กฤตลักษณ์ ปะสะกะวี | สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย |
| 6. ดร.รชนิภาส สุแก้ว สัมครธำรงไทย | คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 7. รศ.ดร.สาวิตรี รั้งสิทธิ์ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 8. รศ.ดร.จำนงรักษ์ อุดมเศรษฐี | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 9. รศ.ดร.พัฒนา สุขประเสริฐ | ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 10. รศ.ดร.ยศ บริสุทธิ์ | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 11. รศ.ดร.สมศักดิ์ คุณาสวรรค์เวช | คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 12. อ.ดร.ธนัท สมณคุปต์ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 13. ผศ.ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมมาธิวัฒน์ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

Editorial Board

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (Internal)

- | | |
|--|---|
| 1. Assoc.Prof.Dr.Suteelak Kraisuwan | 2. Asst.Prof.Dr.Nongnuch Siriwong |
| 3. Asst Prof.Dr.Parisut Chalermchaiwat | 4. Asst.Prof.Dr.Kanitta Watcharaporn |
| 5. Assoc.Prof.Dr.Pichai Tongdeelert | 6. Asst.Prof.Dr.Supaporn Lertsiri |
| 7. Asst.Prof.Dr.Supattra Srisuwan | 8. Asst.Prof.Dr.Panamas Treewannakul |
| 9. Asst.Prof.Dr.Tanin Kongsila | 10. Asst.Prof.Dr.Patcharavadee Sriboonruang |
| 11. Asst.Prof.Parpitchaya Chintapitaksakul | 12. Dr.Chalathon Choocharoen |
| 13. Dr.Metta Rengkounkway | 14. Dr.Preeda Samngamya |

Subject: Agricultural Extension and Home Economics (External)

- | | |
|---|---|
| 1. Assoc.Prof.Dr.Manat Chaijan | 2. Asst.Prof.Dr.Sitthipong Nalinanon |
| 3. Asst.Prof.Dr.Sakorn Cholsakorn | 4. Dr.Kwanhathai Chaethong |
| 5. Dr.Krittalak Pasakawee | 6. Dr.Raj nibhas Sukeaw Samakradhamrongthai |
| 7. Assoc.Prof.Dr.Savitree Rangsi paht | 8. Assoc.Prof.Dr.Jumnongruk Udomsade |
| 9. Assoc.Prof.Dr.Patana Sukprasert | 10. Assoc.Prof.Dr.Yos Borisutdhi |
| 11. Assoc.Prof.Dr.Somsak Kuhaswonvetch | 12. Dr.Thanat Samanakupt |
| 13. Asst.Prof.Dr.Duangkamol Panrosthup Thunmathiwat | |



ประกาศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยกลุ่มเครือข่ายวิจัยประชาชื่น จัดให้มีการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ ในปีพุทธศักราช ๒๕๖๕ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็น ประสบการณ์ และเผยแพร่ผลงานวิจัย สาขาต่าง ๆ สู่สาธารณชน

เพื่อให้การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุผลสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังต่อไปนี้

คณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมทางวิชาการ

- | | |
|--|-----------|
| ๑. นายกสภามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ที่ปรึกษา |
| ๒. ปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม | ที่ปรึกษา |
| ๓. ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ | ที่ปรึกษา |
| ๔. ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ | ที่ปรึกษา |
| ๕. ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | ที่ปรึกษา |
| ๖. ปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม | ที่ปรึกษา |
| ๗. ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม | ที่ปรึกษา |
| ๘. ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ | ที่ปรึกษา |
| ๙. ประธานกลุ่มมหาวิทยาลัยเครือข่ายวิจัยประชาชื่น | ที่ปรึกษา |
| ๑๐. อธิบดีกรมการข้าว | ที่ปรึกษา |
| ๑๑. อธิบดีกรมชลประทาน | ที่ปรึกษา |
| ๑๒. อธิบดีกรมประมง | ที่ปรึกษา |
| ๑๓. อธิบดีกรมปศุสัตว์ | ที่ปรึกษา |
| ๑๔. อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน | ที่ปรึกษา |
| ๑๕. อธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร | ที่ปรึกษา |
| ๑๖. อธิบดีกรมส่งเสริมสหกรณ์ | ที่ปรึกษา |
| ๑๗. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตพืช กรมวิชาการเกษตร | ที่ปรึกษา |
| ๑๘. อธิบดีกรมป่าไม้ | ที่ปรึกษา |
| ๑๙. อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ | ที่ปรึกษา |
| ๒๐. อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี | ที่ปรึกษา |

๒๑. อธิบดีกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง	ที่ปรึกษา
๒๒. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ที่ปรึกษา
๒๓. อธิบดีกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช	ที่ปรึกษา
๒๔. นายกษัตริย์ศึกนิสิตเก่ามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๕. นายกษัตริย์ศึกเศรษฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒๖. นายกษัตริย์ศึกเศรษฐศาสตร์เกษตรแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์	ที่ปรึกษา
๒๗. นายกษัตริย์ศึกสัตว์บาลแห่งประเทศไทย	ที่ปรึกษา
๒๘. นายกษัตริย์ศึกอารักขาพืชไทย	ที่ปรึกษา
๒๙. ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	ที่ปรึกษา
๓๐. อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๓๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์	รองประธานกรรมการ
๓๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	รองประธานกรรมการ
๓๓. รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
๓๔. รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยีดิจิทัล	กรรมการ
๓๕. รองอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมและกิจการเพื่อสังคม	กรรมการ
๓๖. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิตและพัฒนาวินัย	กรรมการ
๓๗. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาคุณภาพ	กรรมการ
๓๘. รองอธิการบดีฝ่ายการเงินและทรัพย์สิน	กรรมการ
๓๙. รองอธิการบดีฝ่ายวิเทศสัมพันธ์	กรรมการ
๔๐. รองอธิการบดีฝ่ายกิจการสภามหาวิทยาลัยและพัฒนา ทรัพยากรมนุษย์	กรรมการ
๔๑. รองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาบัณฑิตชั้นสูงและโครงการจัดตั้ง วิทยาเขตสุพรรณบุรี	กรรมการ
๔๒. รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
๔๓. รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา	กรรมการ
๔๔. รองอธิการบดีวิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร	กรรมการ
๔๕. คณบดีคณะเกษตร	กรรมการ
๔๖. คณบดีคณะประมง	กรรมการ
๔๗. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
๔๘. คณบดีคณะเทคนิคการสัตวแพทย์	กรรมการ
๔๙. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	กรรมการ
๕๐. คณบดีคณะสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
๕๑. คณบดีคณะวนศาสตร์	กรรมการ
๕๒. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
๕๓. คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	กรรมการ
๕๔. คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
๕๕. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	กรรมการ

๕๖. คณะบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
๕๗. คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์	กรรมการ
๕๘. คณะบดีคณะสังคมศาสตร์	กรรมการ
๕๙. คณะบดีคณะมนุษยศาสตร์	กรรมการ
๖๐. คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย	กรรมการ
๖๑. ผู้อำนวยการสำนักหอสมุด	กรรมการ
๖๒. ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม	กรรมการ
๖๓. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	กรรมการ
๖๔. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและเลขานุการ
๖๕. รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๖. หัวหน้าสำนักงานเลขานุการ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๖๗. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ให้ข้อคิดเห็นและอำนวยความสะดวกให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์	ที่ปรึกษา
๒. รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ที่ปรึกษา
๔. รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๕. รองผู้อำนวยการฝ่ายประสานงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รองประธานกรรมการ
๖. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร	กรรมการและเลขานุการ
๗. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป	ผู้ช่วยเลขานุการ
๘. นางสาวรติกร สมิตไมตรี	ผู้ช่วยเลขานุการ
๙. กรรมการหมวดวิชาการเกษตรศาสตร์	
๙.๑ สาขาพืช	
๑. คณะบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์พัชรียา บุญกอบแก้ว	ประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา แก้วสอน	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์เฉลิมพล ภูมิไชย์	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ธิดา เดชฮวบ	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วรชาติ วิศวะพัฒน์	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤษ์	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์อรอุมา เพี้ยซ้าย	กรรมการ

๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจนจิรา ชุมภูคำ	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เหมอมาลัย วงศ์ชาวจันทร์	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชุตินา	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทัศนัย จารุวัฒน์พันธ์	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนพล ไชยแสน	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เนตรนภิส เขียวขำ	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญญา มะโนชัย	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปริยานุช จุลกะ	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรหมโชติ	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิติพงษ์ โตบันลือภพ	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพชรดา ปินใจ	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัสจี คงศีล	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัสกิติ เสริมศักดิ์	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชฎาวรรณ เงินกลิ่น	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรารุช รุ่งเมฆารัตน์	กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุขุมาลัย เลิศมงคล	กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันต์ เจนวีร์วัฒน์	กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ กาเซ็ม	กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนงค์นุช สาสนรักกิจ	กรรมการ
๓๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อฉัตรชญาณ์ มงคลชัยพฤษชัย	กรรมการ
๓๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัศলেখ รัตนวรรณิ	กรรมการ
๓๕. นางสาวกาญจนา บุญเรือง	กรรมการ
๓๖. นางสาวจรีรัตน์ ฉันทวุฒิพร	กรรมการ
๓๗. นางสาวจตุภรณ์ ทัสสกุลพนิช	กรรมการ
๓๘. นางสาวนิตยา ชูเกาะ	กรรมการ
๓๙. นางสาววรรณสิริ วรรณรัตน์	กรรมการ
๔๐. นางสาวอรุณี วงษ์แก้ว	กรรมการ
๔๑. นายเฉลิมชาติ วงศ์สีเจริญ	กรรมการ
๔๒. นายวีรชัย มัธยัสถ์ถาวร	กรรมการ
๔๓. นางสาวสรัญญา จันทรวีวัฒน์	กรรมการและเลขานุการ
๔๔. นางสมจิตต์ สองบาง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๒ สาขาสัตว์

๑. คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. นายกสมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์พรรณวดี โสพรรณรัตน์	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี	รองประธานกรรมการ
๕. ศาสตราจารย์ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ศกร คุณวุฒิมิฤทธิ์ธรม	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์จำเริญ เทียงธรรม	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์วิริยา ลุ่งใหญ่	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรวิทย์ เปี้ยคำภา	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัจฉรา ชัยน	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนกพร พ่วงพงษ์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาว์วิทย์ ระฆังทอง	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญวิทย์ แก้วตาปี	กรรมการ
๑๔. นายदनัย จิตวา	กรรมการ
๑๕. นางสาวพนัดดา บึงศรีสวัสดิ์	กรรมการ
๑๖. นางสาว ก. ทีปลักษณ์ ระวังเหตุ	กรรมการ
๑๗. นายสมบัติ ประสงค์สุข	กรรมการ
๑๘. นางสาวอัญชลี บวดขุนทด	กรรมการ
๑๙. นางสาวสุภาพร ย้อนโคกสูง	กรรมการ
๒๐. นางสาวนิภารัตน์ โคตะนนท์	กรรมการ
๒๑. นางสาวพิจิตรา เปี้ยธัญญา	กรรมการ
๒๒. นางสาวทิพย์มนต์ ไยเกษ	กรรมการ
๒๓. นายพัลลภ ตั้งตระกูลทรัพย์	กรรมการ
๒๔. นายพิรุฑธ นิลชื่น	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ สโรช แก้วมณี	กรรมการและเลขานุการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ธร คงมัน	กรรมการและเลขานุการ
๒๗. นางสาววัชรภรณ์ ศรีพลน้อย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๓ สาขาประมง

๑. คณบดีคณะประมง	ที่ปรึกษา
๒. ศาสตราจารย์อุทัยรัตน์ ณ นคร	ที่ปรึกษา
๓. ศาสตราจารย์สุภาวดี พุ่มพวง	ที่ปรึกษา
๔. ศาสตราจารย์เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์	ที่ปรึกษา
๕. รองศาสตราจารย์วันชัย วรวิฒนเมธีกุล	ประธานกรรมการ
๖. หัวหน้าศูนย์บริหารงานวิจัยและสนับสนุนวิชาการ	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์วรার্থ เทพาหุดี	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เมธี แก้วเนิน	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิราภรณ์ ไตรศักดิ์	กรรมการ

๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรัชญา มุสิกสินธร	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพันธ์ศักดิ์ ศิริชะภาภูมิ	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิติ ฉัตรชัยพันธ์	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กังสดาลย์ บุญปราบ	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุกรณ์ บุตรสันต์	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาย วรชนะนันท์	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพงศ์ ด้วงดี	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธันสพงษ์ โภควนิช	กรรมการและเลขานุการ
๑๙. นายถิรวัฒน์ รวยรัตน์	กรรมการ
๒๐. นายวชิระ ใจงาม	กรรมการ
๒๑. นางสาวกาญจนา ทองเครือ	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นางสาวสมิตตรา สุพรรณนอก	ผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๔ สาขาสัตวแพทยศาสตร์

๑. คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. รองคณบดีฝ่ายวิจัย คณะสัตวแพทยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ กัญจน์ แก้วมงคล	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ อลงกต บุญสูงเนิน	รองประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ เกரியงไกร วิฑูรเสถียร	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ขนิษฐา เพชรอุดมสินสุข	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ปัจฉิมา สิทธิสาร	กรรมการ
๘. สัตวแพทย์หญิง ปริญญาทิพย์ วงศ์ไทย	กรรมการ
๙. นางสาวญาติา หาญปัญญาพิชิต	กรรมการและเลขานุการ
๑๐. นางสาววิศรา มารยาท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๑๑. ว่าที่ร้อยตรีหญิง จรัสพิมพ์ ทรงประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๙.๕ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์

๑. คณบดีคณะเกษตร	ที่ปรึกษา
๒. หัวหน้าภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร	ที่ปรึกษา
๓. รองศาสตราจารย์สาวิตรี รังสิภัทร์	ที่ปรึกษา
๔. รองศาสตราจารย์จำนงรักษ์ อุดมเศรษฐ์	ที่ปรึกษา
๕. รองศาสตราจารย์พัฒนา สุขประเสริฐ	ที่ปรึกษา
๖. รองศาสตราจารย์ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ	ที่ปรึกษา
๗. รองศาสตราจารย์สิริพันธุ์ จุลกรังคะ	ที่ปรึกษา
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชัญ อุตัยพัฒนาชีพ	ที่ปรึกษา
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขจีจิรัส ภิรมย์ธรรมศิริ	ที่ปรึกษา
๑๐. นางสาวศรัณยา เผือกผ่อง	ที่ปรึกษา
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพร เรียบร้อย คิม	ประธานกรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้องนุช ศิริวงศ์	รองประธานกรรมการ
๑๓. นางสาวนริศรา อินทะสิริ	รองประธานกรรมการ

๑๔. รองศาสตราจารย์พิชัย ทองดีเลิศ	กรรมการ
๑๕. รองศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พนามาศ ตวีวรรณกุล	กรรมการ
๑๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพัตรา ศรีสุวรรณ	กรรมการ
๑๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธำนิษฐ์ คงศิลา	กรรมการ
๑๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรชาติ ศรีบุญเรือง	กรรมการ
๒๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริสุทธิ เฉลิมชัยวัฒน์	กรรมการ
๒๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจิตตา เรืองรัมย์	กรรมการ
๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำพร แจ่มผล	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์สุดา วันจันทร์	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งทิพย์ ลุยเลา	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชุตินา ชวลิตมณฑิเยียร	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลภา แต้มทอง	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรานุช เลิศวัฒนารักษ์	กรรมการ
๒๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิประภา รัตนติลล ญ ภูเก็ต	กรรมการ
๓๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพวรรณ ดวงปัญญา	กรรมการ
๓๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทัย เรื่องธรรมสิงห์	กรรมการ
๓๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พังงา	กรรมการ
๓๓. นางสาวชลลดา จูเจริญ	กรรมการ
๓๔. นางสาวเมตตา เร่งชวนชวย	กรรมการ
๓๕. นางปพิชญา จินตพิทักษ์สกุล	กรรมการ
๓๖. นายปรีดา สามงามยา	กรรมการ
๓๗. นางทิพากร ม่วงถึก	กรรมการ
๓๘. นางกรกฎ แพทย์หลักฟ้า	กรรมการ
๓๙. นายวิภูษณะ ศุภนคร	กรรมการ
๔๐. นางสาววสพร นิชรรัตน์	กรรมการ
๔๑. นางสุขกมล ปัญญาจันทร์	กรรมการ
๔๒. นางศรัญญา ศรีโยธิน	กรรมการ
๔๓. นางสาวทิวาพร มณีรัตน์ศุภร	กรรมการและเลขานุการ
๔๔. นางภิญญาพัชญ์ โทนหงส์ษา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๕. นางสาวจุฬาลักษณ์ บุตรพองดา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๖. นายศตพล ศิริบำรุงชาติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๗. นายเสถียร แสงแถวทิม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๘. นางสาวมณีนทร เดชแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๙. นางสาวกรรณิกา พุ่มสาหร่าย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๐. นายภคิษฐ์คมณ์ แสงตรีเพชรกล้า	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๑. นางสาวสวรรญา แยมวันเพ็ง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๒. นายสหภาพ ศรีโท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐. กรรมการหมวดวิชาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

๑๐.๑ สาขาวิทยาศาสตร์

๑. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. รองศาสตราจารย์อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต	ประธานกรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพบุลย์ เงินมีศรี	รองประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์อิงอร กิมกง	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์สุดสวาสดี ดวงศรีไสย์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์ปิยะดา จันทวงศ์	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์ศิริกาญจนา ทองมี	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐสมน เพชรแสง	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันทิพย์ โตแก้ว	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธันวารวรรณ ต้วทองอยู่	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์โชติกา หยกทองวัฒนา	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทธิ มีสัตย์	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลัดดา แต่งวัฒนานุกูล	กรรมการ
๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มีนา เลา	กรรมการ
๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วชิรญาณ ธงอาสา	กรรมการ
๑๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์เทพ ประจักษ์ศร	กรรมการ
๑๗. นางสาวสุนทรี คุ่มไพโรจน์	กรรมการ
๑๘. นายรัฐพันธ์ ตรงวิวัฒน์	กรรมการ
๑๙. นางสาวพรทิพย์ บุญมงามงคล	กรรมการและเลขานุการ
๒๐. นายสาธิต ประเสริฐมานะกิจ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑. นายวรพงศ์ สิงห์ชาติ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๒ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

๑. ศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์นวลวรรณ ทวยเจริญ	รองประธานกรรมการ
๓. ศาสตราจารย์เมตตา เจริญพานิช	กรรมการ
๔. ศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์	กรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์วีรชัย ชัยวรพฤกษ์	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์กฤษณะ ไวยมัย	กรรมการ
๗. รองศาสตราจารย์วรตกร วัฒนพานิช	กรรมการ
๘. รองศาสตราจารย์อภินิติ โชติสังกาศ	กรรมการ
๙. รองศาสตราจารย์อรทัย จงประทีป	กรรมการ
๑๐. รองศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตรัทศน์ ฝึกเจริญผล	กรรมการ
๑๓. นายพลิชฐ์ สืบสูงศักดิ์	กรรมการ
๑๔. นางสาวสุทัตตา พาหุมนันโต	กรรมการและเลขานุการ
๑๕. นางสาวขวัญกมล บุญโปร่ง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๖. นางดารณี ยงยี่น

๑๗. นางสาวพัชรียา บุบผาชาติ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๓ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุทัยวรรณ วิทย์เกียรติ

๒. รองศาสตราจารย์รุ่งรอง ยกสำน

๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนิษฐา วัชรภรณ์

๔. รองศาสตราจารย์กิติญา วงษ์คำจันทร์ โอราน

๕. รองศาสตราจารย์เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล

๖. รองศาสตราจารย์ปรารณา ปรารณาดี

๗. รองศาสตราจารย์สุดสาย ตริวานิช

๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทานตะวัน พิรัช

๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิมล เจริญสิทธิ์

๑๐. นางสาวณัฐิณี บำบัดสรรพโรค

๑๑. นางสาวพรรณภัทร พรหมเพ็ญ

๑๒. นายนันธฉุฒิ ลือมรสิริ

๑๓. นายนิพัฒน์ ลิมสงวน

๑๔. นายประมวล ทรายทอง

๑๕. นางสาวสุพินดา วินิจฉัย

๑๖. นางสาวอุตมลักษณ์ สุขอัติตะ

๑๗. รองศาสตราจารย์ประกิต สุขไย

๑๘. นางดวงสมร นามกระโทก

๑๙. นางสาวอัญชญา ชมภูแก้ว

ประธานกรรมการ

รองประธานกรรมการ

รองประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๐.๔ สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กอบศักดิ์ วันธงไชย

๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ

๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาพิศ ดิลกสัมพันธ์

๔. นายณัฐวัฒน์ คลังทรัพย์

๕. รองศาสตราจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล

๖. รองศาสตราจารย์วัฒนชัย ตาเสน

๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนิศร์ ปัทมพิฑูร

๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิตยา เมี้ยนมิตร

๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นฤมล แก้วจำปา

๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร

๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรเทพ เหมือนพงษ์

๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสินี วรชนะนันท์

๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วาทีณี สนวนภา

๑๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พิสุทธิ์พิเชษฐ์

๑๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรอนงค์ ผิววิล

ที่ปรึกษา

ที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ

รองประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

๑๖. นางสาวแอน กำภู ณ อยุธยา	กรรมการ
๑๗. นายกฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ	กรรมการ
๑๘. นายปวีร์ คล่องเวสสะ	กรรมการ
๑๙. นายวรงค์ สุขเสวต	กรรมการ
๒๐. นายสุธี จรรยาสุทวิวงศ์	กรรมการ
๒๑. นางสาวมณีกาญจน์ อยู่เอี่ยม	กรรมการ
๒๒. นายปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ์	กรรมการ
๒๓. นายขรรค์ชัย ประสานัย	กรรมการ
๒๔. นางสาวละอองดาว เถาว์พิมาย	กรรมการและเลขานุการ
๒๕. นางวารภรณ์ ลำไย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๖. นางสาวจินตลา กลิ่นหวล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๗. นางสาวศิริภัสสร ชมเชย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๑. กรรมการหมวดวิชาการมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศึกษาศาสตร์

๑๑.๑ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ

๑. คณบดีคณะเศรษฐศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาภรณ์ อธิปัญญากุล	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พลวัฒน์ เลิศกุลวัฒน์	รองประธานกรรมการ
๕. รองศาสตราจารย์คุณณี เกศวายุธ	กรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์วุฒิไกร งามศิริจิตต์	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวิธสาข์ สุขชาติ	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อารีญา โอปิเตียกวุ	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวุฒิ คุ้มฉนวนเจริญชัย	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรพงษ์ บุญศิริธรรมชัย	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธงชัย ศรีวรรณนะ	กรรมการ
๑๒. นายพัฒน์ พิสิษฐเกษม	กรรมการ
๑๓. นางสาวณิธิชา ธรรมธนากุล	กรรมการ
๑๔. นางสาวณัฐธินิชา ฉายรัตน์	กรรมการ
๑๕. นางสาวยุวลักษณ์ เศรษฐบุณยสร้าง	กรรมการ
๑๖. นายพรชัย ศุภวิทิตพัฒนา	กรรมการ
๑๗. นางสาวลลิตา จันทรวงศ์ไพศาล หงษ์ตระกูล	กรรมการ
๑๘. นางสาวจุมทิพย์ เสนีย์รัตน์ประยูร	กรรมการ
๑๙. นางสาวกรรณิกา มิตรปล้อง	กรรมการ
๒๐. นายภคพงศ์ พวงศรี	กรรมการและเลขานุการ
๒๑. นางสาวภีรตา รัตนสิงห์กุล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นางสาวรัตติยา สาระโท	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นางขวัญเมือง สุจริต	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นางเบญจมาศ แยมพลอย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวรุจาภา แวนแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๒๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญเลิศ อุทยานิก	กรรมการ
๒๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐิกา เพ็งลี	กรรมการ
๒๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูเบศร์ นภัทรพิทยาธร	กรรมการ
๒๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูศักดิ์ เอื้องโชคชัย	กรรมการ
๒๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงชัย อักษรคิด	กรรมการ
๒๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี	กรรมการ
๒๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรเดช ศรีทา	กรรมการ
๒๙. นางสาวภัทรา วายจตุ	กรรมการ
๓๐. นางสาวธนันท์ ธนารัตตะภูมิ	กรรมการ
๓๑. นางสาวสรียา โชติธรรม	กรรมการ
๓๒. นางสาวอุษณี ลลิตผลาน	กรรมการ
๓๓. นายวีรภัทร์ สุขศิริ	กรรมการ
๓๔. นางสาวฐาปณีย์ แสงสว่าง	กรรมการ
๓๕. นางสาวสุวรรณา ปรมาพจน์	กรรมการและเลขานุการ
๓๖. นายณรงค์ศักดิ์ หวังรัตนปราณี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๗. นายธีระภรณ์ ศิริสุวรรณ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๘. นายจิติพงศ์ ศุภวัฒน์ภิญโญ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๓๙. นางสาวธัญพร อินทรอุทก	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๐. นางสาวปิยพร แก้วภิรมย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

๑๑.๓ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

๑. คณบดีคณะสังคมศาสตร์	ที่ปรึกษา
๒. คณบดีคณะมนุษยศาสตร์	ที่ปรึกษา
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมขวัญ สิงห์วี	ประธานกรรมการ
๔. รองศาสตราจารย์นันทนัย ประสานนาม	รองประธานกรรมการ
๕. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จตุวิทย์ แก้วสุวรรณ	รองประธานกรรมการ
๖. รองศาสตราจารย์กังสดาล เขาวังวัฒนกุล	กรรมการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐวีณ์ บุณนาค	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพลิน กิตติเสรีชัย	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เปรมฤดี เพ็ชรกุล	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาณิภา สุขสม	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พูนศักดิ์ ไม้โศภทรัพย์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตตินาถ เรขาลิลิต	กรรมการ
๑๓. นางสาวเกวลิน ศิลพิพัฒน์	กรรมการ
๑๔. นางสาวเอื้ออนุช ถนอมวงษ์	กรรมการ
๑๕. นางสาวอภิชา ชูติพงศ์พิสิฐ	กรรมการ
๑๖. นางสาวพรทิพย์ ลิ่มหะพันธ์	กรรมการ
๑๗. นางสาวมนัญญา นิลพันธ์	กรรมการ
๑๘. นางสาวพรพรรณ เหมือนพันธ์	กรรมการ
๑๙. นางสาวพรรณรัตน์ ดิษฐ์เจริญ	กรรมการ

๒๐. นางสาวธีรพร ชื่นพี	กรรมการ
๒๑. นายชัยรัตน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง	กรรมการ
๒๒. นายวรพจน์ สืบประเสริฐกุล	กรรมการ
๒๓. นางสาวสุชาดา สกลกิจรุ่งเรือง	กรรมการ
๒๔. นางสาวปรีห์ปราง ถนนอมศักดิ์ชัย	กรรมการ
๒๕. นายเอกลักษณ์ ไชยภูมิ	กรรมการ
๒๖. นางสาวนิภาพร อินคะณีย์	กรรมการ
๒๗. นางสาวอำไพพงษ์ ทวีธัญลักษณ์	กรรมการ
๒๘. นางสาวปิยะรัตน์ คล้ายแย้ม	กรรมการ
๒๙. นางสาวอมรรัตน์ หวังแก้ว	กรรมการ
๓๐. นางสาวสาวิตรี ศรีประพัตติ	กรรมการ
๓๑. นายสรศักดิ์ มงคลสมบูรณ์	กรรมการ
๓๒. นายภานุพงศ์ ปิยาพันธ์	กรรมการ
๓๓. นายสุรพันธ์ แสนเลิศ	กรรมการ
๓๔. นางสาวนันทิยา อาภาพันธ์	กรรมการ
๓๕. นายธวัชพงศ์ หาเรือนโชค	กรรมการ
๓๖. นางสาวนภัสสร รักรวนิต	กรรมการ
๓๗. นางสาวอัญชญา ต่อมแสง	กรรมการ
๓๘. นางสาวเกวริน ยุทธโกศา	กรรมการ
๓๙. นายวรรณโชค เทียนคำ	กรรมการ
๔๐. ว่าที่ร้อยตรี เกษม พุ่มซ้อน	กรรมการ
๔๑. นายชิษณุพงศ์ ต้นบัวคลี	กรรมการ
๔๒. นางสาวจริยา สุพรรณ	กรรมการ
๔๓. นางสาวดารารัตน์ ชิมพัฒน์วงษ์	กรรมการ
๔๔. นางสาวนันทนุช อุดมละมุล	กรรมการ
๔๕. นางสาวผาณิตา ชัยดิเรก	กรรมการ
๔๖. นางสาววิภาดา รัตนติลก ณ ภูเก็ต	กรรมการ
๔๗. นางสาวสายทิพย์ เหล่าทองมีสกุล	กรรมการและเลขานุการ
๔๘. นางสาวพิชญา สารภิรมย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๔๙. นางสาววิศนี พ่วงประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๐. นางสาวแก้วตา ต่อมแสง	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๑. นางสาวรสिता กลางประพันธ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๕๒. นางสาวศรীরวรรณ บุญประเสริฐ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ จัดการเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ กำหนดหน้าที่ รับผิดชอบและแนวทางการคัดเลือกผลงานที่นำมาเสนอ ประสานงานกับคณะกรรมการหมวดวิชาการ และรับนโยบาย จากคณะกรรมการอำนวยการ มาปฏิบัติให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะกรรมการฝ่ายบริการจัดการประชุมทางวิชาการ

๑. รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและสร้างสรรค์	ที่ปรึกษา
๒. ผู้อำนวยการสำนักบริหารการศึกษาศึกษา	ที่ปรึกษา
๓. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ประธานกรรมการ
๔. ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์	ประธานกรรมการร่วม
๕. ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมและฝึกอบรม	ประธานกรรมการร่วม
๖. รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รองประธานกรรมการ
๗. ประธานฝ่ายเลขานุการ (นางอัจฉราวรรณ คล่องข้าง)	กรรมการ
๘. ประธานฝ่ายสารสนเทศ (ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์)	กรรมการ
๙. ประธานฝ่ายสถานที่ (ผู้อำนวยการสำนักบริการคอมพิวเตอร์)	กรรมการ
๑๐. ประธานฝ่ายประชาสัมพันธ์ (นางผกามาศ ธนพัฒน์พงศ์)	กรรมการ
๑๑. ประธานฝ่ายโสตทัศนอุปกรณ์ (นายวีระพันธ์ สังขมาลย์)	กรรมการ
๑๒. ประธานฝ่ายจัดการจราจรและรักษาความปลอดภัย (นายต้น นิลมาติ)	กรรมการ
๑๓. ประธานฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ (รักษาการแทนรองผู้อำนวยการฝ่ายเผยแพร่งานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)	กรรมการ
๑๔. ประธานฝ่ายการเงิน (นางสมพิศ ชัยนโต)	กรรมการ
๑๕. รองประธานฝ่ายการเงิน (นางนวรรรัตน์ สุวรรณเลิศ)	กรรมการ
๑๖. ประธานฝ่ายประเมินผล (รองผู้อำนวยการฝ่ายประสานงานวิจัยและประเมินผล สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)	กรรมการ
๑๗. ประธานฝ่ายพิธีการ (นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร)	กรรมการ
๑๘. รองศาสตราจารย์เมธิณี วงศ์วานิช รัชมภาภรณ์	กรรมการ
๑๙. นายปฏิภักดิ์ ปัญญาพูนตระกูล	กรรมการและเลขานุการ
๒๐. นางสาวชนิกานต์ ศักดาพิทักษ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
๒๑. นายอนุชิต วรรณปัญญา	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๒. นายพลากร คำแก้ว	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๓. นายชโนดม ชุ่มก	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๔. นายกิตติศักดิ์ แสงอรุณ	ผู้ช่วยเลขานุการ
๒๕. นางสาวสุภิดา เข้ากระจ่าง	ผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ ประสานงาน ดำเนินการ และอำนวยความสะดวกการจัดประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงและเป็นไปด้วยความเรียบร้อย โดยประธานแต่ละฝ่ายนั้นสามารถพิจารณาคัดเลือก และแต่งตั้งกรรมการภายในฝ่ายได้เอง หากต้องการจัดทำเป็นคำสั่งเพิ่มเติม ให้แต่งตั้งโดยส่วนงานในสังกัด

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปโดยมีวาระ ๑ ปี

ประกาศ ณ วันที่ ๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔



(นายจรงค์ วัชรินทร์รัตน์)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ประกาศสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้การจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๖๐ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงให้แต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายผลิตสื่อวิชาการ ดังรายนามต่อไปนี้

- | | |
|---|-------------------------------|
| ๑. ผู้รักษาการแทนรองผู้อำนวยการฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | ประธานคณะกรรมการ |
| ๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีณัฏฐ์ ศศิธรนการแก้ว | คณะกรรมการ |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตตินาถ เรขาลิลิต | คณะกรรมการ |
| ๔. นางสาวทักษิญา วัชรสารทรัพย์ | คณะกรรมการ |
| ๕. นายภานนท์ คุ่มสุภา | คณะกรรมการ |
| ๖. นายศุภพงษ์ ตันเงิน | คณะกรรมการ |
| ๗. นางสาวทิสยา ทิศเสถียร | คณะกรรมการ |
| ๘. นางสาวรติกร สมิตไมตรี | คณะกรรมการ |
| ๙. นางสาววนิดา รัตตมณี | คณะกรรมการ |
| ๑๐. นายวิหวัศ ยุทธโกศา | คณะกรรมการ |
| ๑๑. นายวิโรตม์ เอื้อยะตะกุล | คณะกรรมการ |
| ๑๒. นายสิงห์อำพล จันทร์วิเศษ | คณะกรรมการ |
| ๑๓. นางสาวมณฑา ปานทิม | คณะกรรมการ |
| ๑๔. นางสาวพิชชาอรุณี สิริชีวะเกษร | คณะกรรมการและเลขานุการ |
| ๑๕. นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณทีป | คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |
| ๑๖. นางสาวพัชราภา รัตนวิญญูภิรมย์ | คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้ มีหน้าที่ ดำเนินการผลิตสื่อวิชาการ อาทิ สื่อประชาสัมพันธ์งานประชุมวิชาการ สื่อข้อกำหนดต่างๆ จัดทำกำหนดการ หนังสือสูจิบัตร หนังสือรวบรวมบทคัดย่อ (Book of Abstracts) หนังสือตีพิมพ์ผลงานวิจัยเรื่องเต็ม (E-Proceedings) การประสานงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ รวมไปถึงการผลิตสื่อมัลติมีเดียและการถ่ายทอดสดงานประชุม โดยประสานงานกับฝ่ายวิชาการและฝ่ายต่างๆ ให้ดำเนินงานไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรภา มหากาญจนกุล)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญา

เป็นสถาบันที่มีปณิธานมุ่งมั่นในการสั่งสมเสาะแสวงหา และพัฒนาความรู้
ให้เกิดความเจริญงอกงามทางภูมิปัญญาที่เพียบพร้อมด้วย
วิชาการ จริยธรรม และคุณธรรม ตลอดจนเป็นผู้ชี้นำทิศทางการสืบทอด
เจตนารมณ์ที่ดีของสังคมเพื่อความคงอยู่ ความเจริญ
และความเป็นอารยะของชาติ



จัดโดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ร่วมกับ
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กระทรวงศึกษาธิการ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
เครือข่ายวิจัยประชาชื่น

ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 60
สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

 kuannualconf@gmail.com

 <http://annualconference.ku.ac.th>  <http://www.rdi.ku.ac.th>