ประสิทธิภาพของการใช้แมกเนติกไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโอโซเนชันเพื่อกำจัดเอนโรฟลอกซาซินในน้ำเสียสังเคราะห์

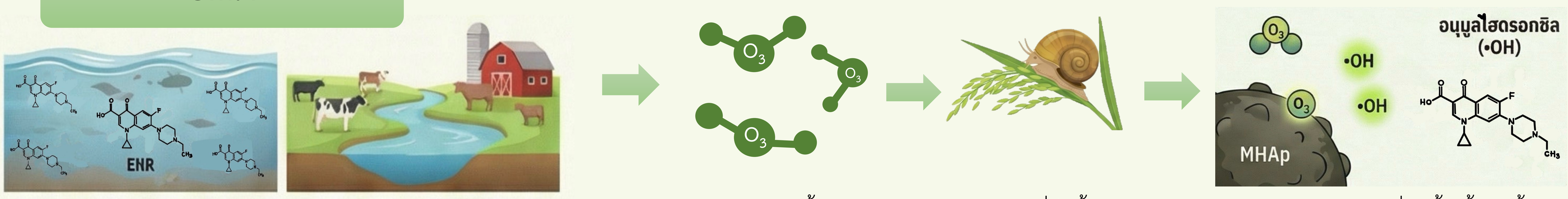
Efficiency of Magnetic Hydroxyapatite as a Catalyst in the Ozonation Process for the Removal of Enrofloxacin from Synthetic Wastewater

นิชดา เมฆ[a] , ชลอ จารุสุทธิรักษ์[a], มณีกาญจน์ อยู่เอี่ยม[b]
[a]ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม [b]ภาควิชาสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

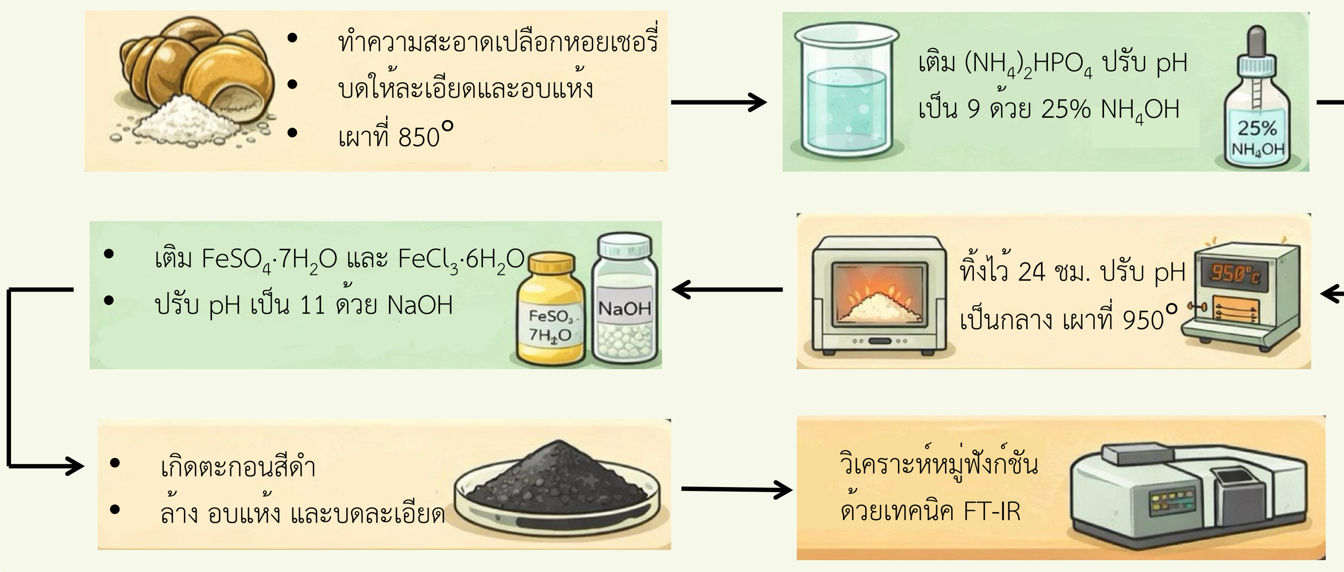
งานวิจัยนี้ศึกษาการกำจัดเอนโรฟลอกซาซิน (ENR) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโอโซเนชันร่วมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยใช้แมกเนติกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (MHAp) จากเปลือกหอยเชอรี่บรรจุอนุภาคเหล็กออกไซด์ ยืนยันโครงสร้างหมู่ฟังก์ชัน Fe–O จากการวิเคราะห์ FT-IR การทดลองพิจารณาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของ ENR ค่า pH และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp ที่เวลา 90 นาที พบว่าสภาวะเหมาะสม คือ ความเข้มข้น ENR 20 มก./ล. ที่ pH 7 และตัวเร่งปฏิกิริยา 0.7 ก./ล. ให้ประสิทธิภาพกำจัด 75.63% ซึ่งสูงกว่าโอโซนเดี่ยวที่ 58.29% และการศึกษาจลนพลศาสตร์เป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับสองเทียม โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) เท่ากับ 0.0134 และ 0.0095 นาที$^{-1}$ ตามลำดับ อีกทั้งตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp สามารถแยกออกจากสารละลายได้ง่ายด้วยสนามแม่เหล็ก และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อย่างน้อย 5 ครั้ง โดยประสิทธิภาพการกำจัด ENR ยังสูงถึง 60.68%

บทนำ



- เอนโรฟลอกซาซิน (Enrofloxacin : ENR) ใช้ในฟาร์มปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างแพร่หลาย
- เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต
- การบำบัด ENR ด้วยโอโซน มีประสิทธิภาพ แต่ก็มีข้อจำกัด คือ มีความเฉพาะเจาะจงและค่อนข้างช้า จึงต้องมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อสร้างอนุมูลไฮดรอกซิลแรดิคัล (•OH) ที่ให้ประสิทธิภาพมากกว่าโอโซน
- ตัวเร่งปฏิกิริยาแมกเนติกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (MHAp) ที่สังเคราะห์จากเปลือกหอยเชอรี่มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด ENR
- งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของ ENR ค่า pH ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp ต่อประสิทธิภาพการบำบัด

การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp



การติดตั้งและเดินระบบโอโซเนชัน

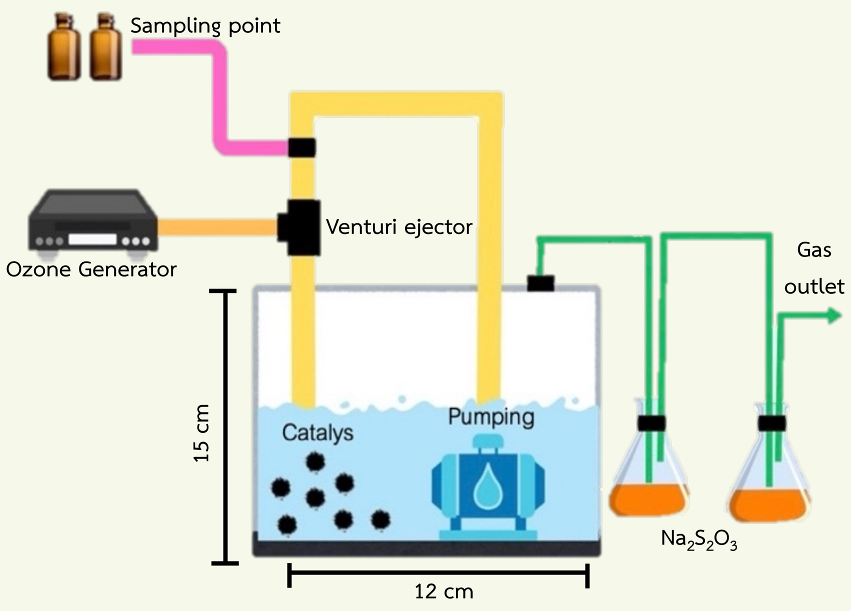


Fig. 1 Installation of the ozonation system.

- ถังปฏิกิริยาทำจากอะคริลิคใสทรงสี่เหลี่ยม กว้าง 12 ซม. ยาว 12 ซม. และสูง 15 ซม. ปริมาตรสุทธิ 2 ลิตร (Fig. 1)
- เครื่องผลิตโอโซนที่มีอัตราการผลิตอยู่ที่ 70.8 มก./ชั่วโมง
- เดินระบบโอโซเนชันผ่าน Venturi ejector และมี $Na_2S_2O_3$ ดักจับแก๊สโอโซนก่อนปล่อยออก

ผลการทดลอง

- ผลการศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของ ENR

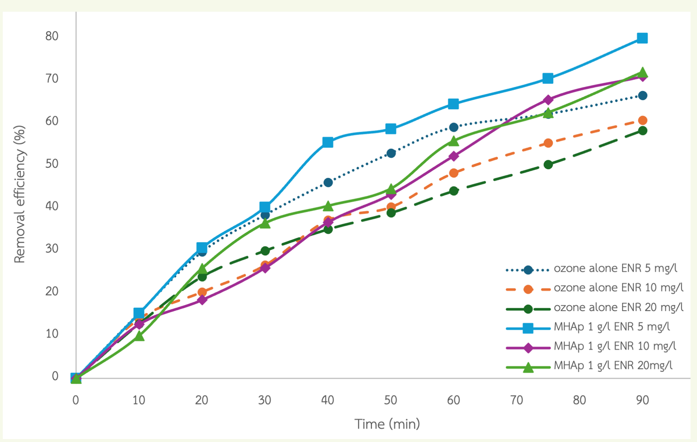


Fig. 2 Effect of ENR concentration on ENR removal efficiency

- ผลการศึกษาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา

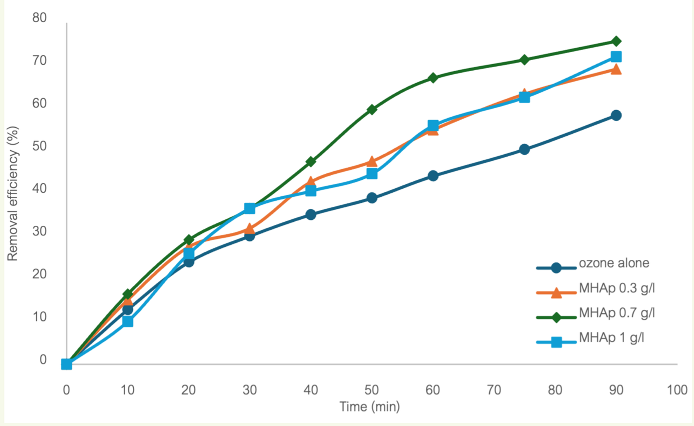


Fig. 3 Effect of catalyst dosage on ENR removal efficiency

- ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดด่างของน้ำเสียสังเคราะห์

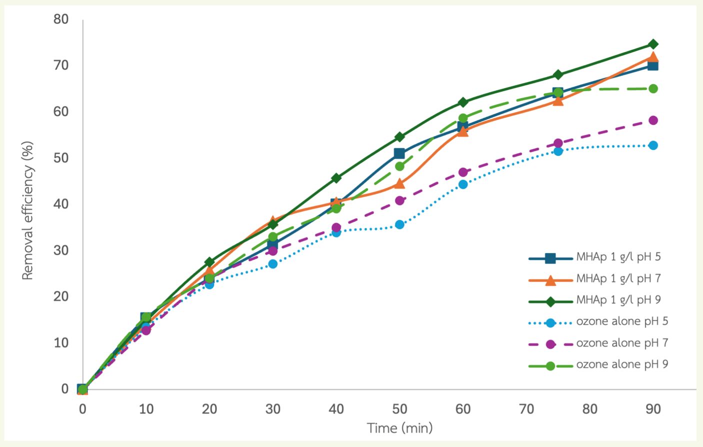


Fig. 4 Effect of pH on ENR removal efficiency

- ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิค FT-IR

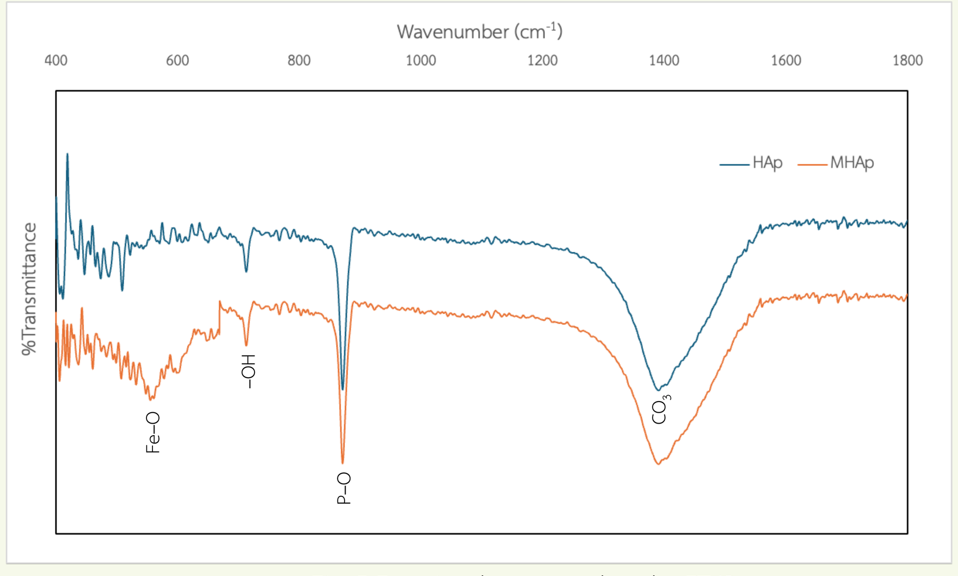


Fig. 5 Functional group analysis by FT-IR

จากผล FT-IR ช่วง 400–1800 cm^{-1} (Fig. 5) พบว่าที่พีค

- 713.48 cm^{-1} เป็นการสั่นของพันธะ (–OH)
- 872.32 cm^{-1} เป็นหมู่ฟังก์ชันฟอสเฟต (P–O) โดยบ่งบอกว่าเป็นหมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซีอะพาไทต์
- 1396.42 และ 1401.64 cm^{-1} เป็นหมู่แคลเซียมคาร์บอเนต
- 573.73 cm^{-1} ซึ่งเป็นพันธะ Fe–O ของเหล็กออกไซด์ สะท้อนว่าอนุภาคเหล็กออกไซด์ถูกบรรจุลงบนไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้สำเร็จ

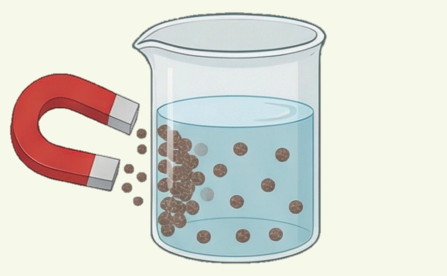
- ผลการศึกษาการจลนพลศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยา

Table 1 The reaction rate constants for the removal of ENR under different catalyst.

List	Catalyst (g/L)	pH	ENR (mg/L)	Rate constant (k, min^{-1})		Reaction order
				Ozone alone	Catalytic ozonation	
1	0.3	7	20	0.0088	0.0135	Pseudo second order
2	0.7	7	20	0.0095	0.0134	Pseudo second order
3	1.0	7	20	0.0122	0.0154	Pseudo second order

- การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์พบว่าการสลาย ENR โดยการใช้โอโซนอย่างเดียวและโอโซนที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp สอดคล้องกับแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับสองเทียม (Table 1)

- ผลการศึกษาการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากน้ำเสียและการนำกลับมาใช้ซ้ำ



- ตัวเร่งปฏิกิริยามีคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็ก
- แยกตัวเร่งปฏิกิริยาได้รวดเร็วหลังจากการใช้งาน
- ประสิทธิภาพการบำบัดยังคงสูงถึง 60.68% หลังการใช้ซ้ำถึง 5 ครั้ง

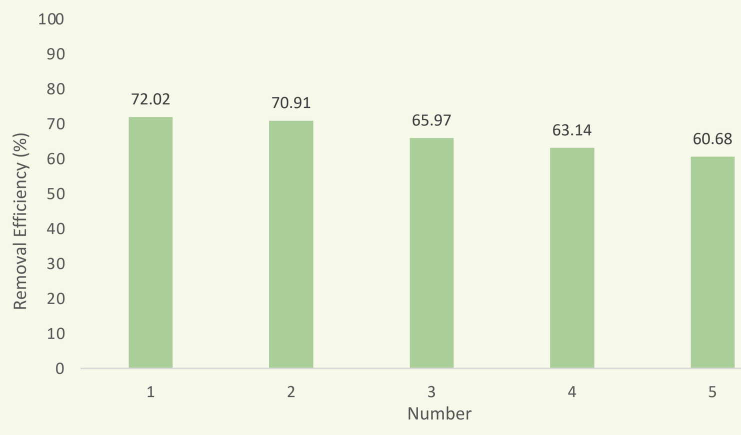


Fig. 6 Reusability Potential of the Catalyst MHAp.

บทสรุป

- งานวิจัยนี้สังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp จากเปลือกหอยเชอรี่ โดยบรรจุ $FeSO_4$ และ $FeCl_3$ ซึ่งผล FT-IR แสดงหมู่ฟังก์ชัน P–O และ Fe–O ยืนยันว่าการบรรจุเหล็กสำเร็จ และวัสดุมีคุณสมบัติแม่เหล็กช่วยแยกออกได้ง่ายหลังใช้งาน
- ประสิทธิภาพการกำจัด ENR พบว่ากระบวนการโอโซเนชันที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา MHAp ประสิทธิภาพสูงกว่าโอโซนอย่างเดียว เนื่องจากช่วยสร้างอนุมูล •OH เพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผล ได้แก่ pH ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา และความเข้มข้นเริ่มต้นของสาร สภาวะเหมาะสม คือ ENR 20 มก./ล. ที่ pH 7 และตัวเร่งปฏิกิริยา 0.7 ก./ล. และพบว่าการศึกษาจลนพลศาสตร์สอดคล้องกับแบบจำลองอันดับสองเทียม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ ด้านอุปกรณ์ ด้านทุนการศึกษา (ทุนวิจัยเพื่อการพัฒนาบัณฑิตศึกษาคณะสิ่งแวดล้อม)

ติดต่อเพิ่มเติม 098-307-2181 Nichada.me@ku.th