

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) จาก
ระบบเพาะเลี้ยง: ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยทางอาหาร
Microplastic Contamination in Giant Freshwater Prawn
(*Macrobrachium rosenbergii*) from Aquaculture Systems: Implications
for Environmental Impact and Food Safety

ธนอมศักดิ์ บุญภักดี (Thanomsak Boonphakdee)^{1*} วิลาวรรย์ บุญปรุก (Wilawan Boonprok)^{**}

ธัญญาภรณ์ บัวแดง (Thanyaporn Buateang)^{***} ชูตา บุญภักดี (Chuta Boonphakdee)^{****} น้ำอ้อย ใจแสน (Numoi Chaisan)^{*****}

สุปราณี แก้วภิรมย์ (Supranee Kaewpirom)^{*****}

(Received: January 22, 2025; Revised: May 13, 2025; Accepted: May 13, 2025)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาปริมาณการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) จากบ่อเพาะเลี้ยงในจังหวัดราชบุรีและนครนายก พบว่าไมโครพลาสติกในทางเดินอาหาร (199.6 ± 11.7 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก) มีปริมาณมากกว่าในเนื้อ (44.4 ± 10.2 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไมโครพลาสติกที่พบในกุ้งก้ามกรามจากทั้งสองพื้นที่มีรูปร่างแบบเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ โดยพบไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร คิดเป็นร้อยละ 78 และ 58 ของไมโครพลาสติกที่พบทั้งหมดในบ่อเพาะเลี้ยงจากจังหวัดราชบุรีและนครนายกตามลำดับ โดยระบุได้ว่าเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PET), Rayon และ Nylon ทั้งนี้แหล่งที่มาหลักของไมโครพลาสติกในบ่อเพาะเลี้ยง ได้แก่ น้ำที่ปนเปื้อนจากกิจกรรมชุมชน ดินตะกอน และอาหารกุ้ง ซึ่งอาจมีสารตกค้างจากกระบวนการผลิต ผลการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการจัดการแหล่งน้ำและวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อลดการปนเปื้อนไมโครพลาสติก ซึ่งมีผลกระทบต่อความปลอดภัยด้านอาหาร สุขภาพมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

¹Corresponding author: nuiosk@gmail.com

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โครงการบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Assistant Professor, Graduate program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University

**ผู้ช่วยนักวิจัย ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Research Assistant, Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

***นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Graduate student in Environmental Science Program, Faculty of Science, Burapha University

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University

*****ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนองค์รักษ์

Science Teacher of Ongkharak High School, Nakorn Nayok

*****รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Burapha University

ABSTRACT

This research aimed to investigate the levels of microplastic contamination in Giant Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) from aquaculture ponds in Ratchaburi and Nakhon Nayok provinces. It was found that the microplastic content in the gastrointestinal tract (199.6 ± 11.7 pieces/g wet weight) was significantly higher than in the muscle tissue (44.4 ± 10.2 pieces/g wet weight) ($p < 0.05$). The microplastics found in giant freshwater prawns from both locations were predominantly fibrous in shape, with sizes ranging from 60 to 300 ไมโครเมตร, accounting for 78% and 58% of the total microplastics detected in Ratchaburi and Nakhon Nayok Provinces, respectively. Identified microplastic polymers included Polyethylene Terephthalate (PET), Rayon, and Nylon, which likely originated from the water used in farming, pond sediments, and shrimp feed. This study underscores the importance of managing aquaculture water sources and raw materials to mitigate microplastic contamination, which poses long-term risks to food safety, human health, and environmental sustainability.

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก กุ้งก้ามกราม ชนิดและปริมาณไมโครพลาสติก

Keywords: Microplastics, Giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), Types and Abundance of Microplastics

บทนำ

ไมโครพลาสติกเป็นอนุภาคพลาสติกขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร [1] ที่เกิดจากการย่อยสลายของพลาสติกขนาดใหญ่ หรือจากการผลิตพลาสติกในอุตสาหกรรมโดยตรง ปัจจุบันไมโครพลาสติกถูกพบแพร่หลายในสิ่งแวดล้อมทั่วโลก ทั้งในน้ำ อากาศ และดิน ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้งานพลาสติกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเมินการว่าในประเทศไทยเพียงปีเดียวมีการใช้ พลาสติกเพื่อบรรจุภัณฑ์สูงถึง 2.048 ล้านตัน [2] หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม พลาสติกเหล่านี้อาจเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และกลายเป็นไมโครพลาสติกที่มีความสามารถในการดูดซับสารพิษ เช่น โลหะหนัก และสารเคมีอันตรายอื่น ๆ ซึ่งผลกระทบ ของไมโครพลาสติกนั้นไม่เพียงจำกัดอยู่ในมิติทางสิ่งแวดล้อม แต่ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศและสุขภาพมนุษย์ โดยสัตว์น้ำ เช่น ปลาและกุ้ง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำคัญสำหรับมนุษย์ มีความเสี่ยงสูงที่จะสะสมไมโครพลาสติกผ่านกระบวนการ กินอาหารและการหายใจ [3] ไมโครพลาสติกที่สะสมในตัวสัตว์น้ำสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และเมื่อมนุษย์บริโภคสัตว์น้ำ เหล่านี้ ก็อาจได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ความผิดปกติในระบบย่อยอาหาร และผลกระทบจากการสะสมของสารพิษที่ไมโครพลาสติกดูดซับมา [4]

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจรายใหญ่ และการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ก็มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและการส่งออกของประเทศโดยคิดเป็นมูลค่ากว่า 5,200 ล้านบาท [5] อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามมักใช้น้ำจากแม่น้ำและคลอง[6] อาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนไมโครพลาสติก จากกิจกรรมชุมชนและอุตสาหกรรมในพื้นที่ใกล้เคียง ดังนั้นกุ้งก้ามกรามจากการเพาะเลี้ยงจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะปนเปื้อนไมโครพลาสติกจากกิจกรรมชุมชนและอุตสาหกรรมในพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงไมโครพลาสติกจากอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงการปนเปื้อน

ไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำเศรษฐกิจไม่เพียงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยทางอาหารและสุขภาพมนุษย์ เนื่องจากไมโครพลาสติกสามารถดูดซับสารพิษ เช่น โลหะหนักและสารเคมีอันตรายอื่น ๆ ซึ่งอาจสะสมในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ [7]

แม้ว่าการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำจะเป็นที่สนใจในระดับโลก [4,8-10] แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มาจากการเพาะเลี้ยง เช่น กุ้งก้ามกราม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นไปที่สัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ [11-13] ขณะที่ข้อมูลเกี่ยวกับการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำที่มาจากการเพาะเลี้ยงยังขาดความชัดเจน ดังนั้นการศึกษาปริมาณการสะสมไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกรามที่มาจากเพาะเลี้ยงจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนและแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปสนับสนุนการกำหนดหรือพัฒนาโยบายและแนวทางปฏิบัติสำหรับการจัดการไมโครพลาสติกในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างยั่งยืน รวมถึงการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาว

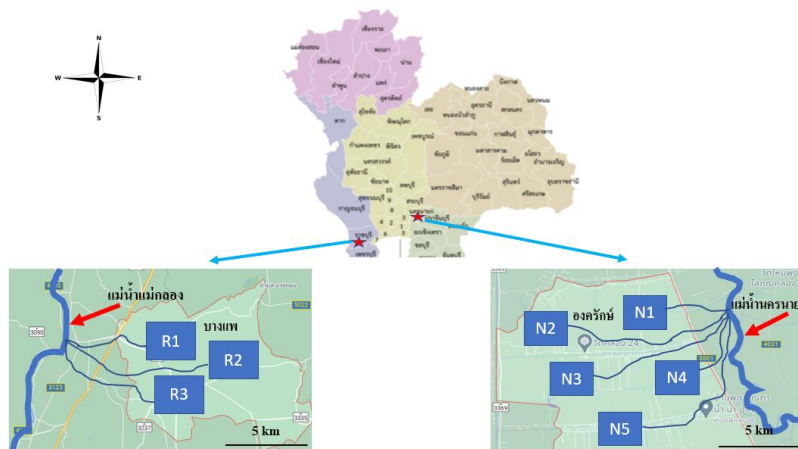
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เปรียบเทียบปริมาณและชนิดของไมโครพลาสติก (ขนาด 20-5,000 ไมโครเมตร) ในเนื้อและทางเดินอาหารของ กุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*)
2. บ่งชี้แหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

วิธีการวิจัย

1. สถานที่เก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ดินตะกอน น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และอาหารที่ใช้เลี้ยง กุ้งก้ามกราม จากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในเขตอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี 3 บ่อ ซึ่งได้รับน้ำจากคลองชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งซ้าย (แม่กลองใหญ่) และบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในเขตอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก จำนวน 5 บ่อ ซึ่งได้รับน้ำจากแม่น้ำนครนายก (ภาพที่ 1) ในเดือนพฤศจิกายน 2564 ซึ่งทั้ง 8 บ่อ มีระบบการเลี้ยงกุ้ง (การให้อาหาร การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ความหนาแน่นลูกกุ้ง ระยะเวลาการเลี้ยง ฯลฯ) ที่คล้ายคลึงกัน และเริ่มต้นการเลี้ยงกุ้งในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

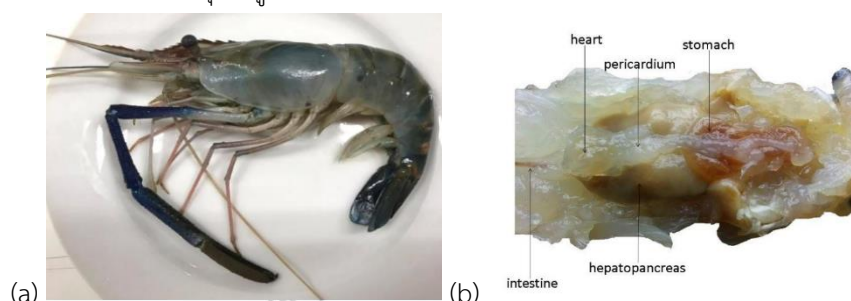


ภาพที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) จากบ่อเลี้ยงกุ้งในอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี และอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก

2. วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างกุ้งก้ามกรามและอาหารกุ้ง

ทำการเก็บตัวอย่างกุ้งก้ามกรามในบ่อเพาะเลี้ยงที่มีอายุการเลี้ยงประมาณ 3 เดือน ความยาว 13 –14.5 เซนติเมตร โดยการสุ่มจับด้วยแหจำนวนบ่อละ 10 ตัว (ภาพที่ 2) และเก็บตัวอย่างอาหารกุ้งที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยง ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป (ภาพที่ 3) นำตัวอย่างกุ้งที่ได้มาแกะเปลือกและแยกส่วนของเนื้อกุ้งและทางเดินอาหาร (กระเพาะอาหารและลำไส้ทั้งหมด) ออกจากกัน (น้ำหนักทางเดินอาหารของกุ้งมีประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักกุ้งทั้งตัว) นำตัวอย่างอาหารกุ้ง เนื้อกุ้งและทางเดินอาหารกุ้ง มาแยกสารอินทรีย์โดยการเติมสารละลายผสมของ NaOH, SDS 20% และน้ำ ในอัตราส่วน 1:1:1 [14] จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนได้สารละลายใส ทำการย่อยเนื้อเยื่อที่ตกค้างโดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 30% 1 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 °C ประมาณ 12 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 (a) กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่ใช้ในการศึกษา (b) กายวิภาคส่วนท้องของกุ้งก้ามกราม [15]



ภาพที่ 3 อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (a) จังหวัดราชบุรี (b) จังหวัดนครนายก

2.2 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนชั้นผิวจากบ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกราม โดยใช้ Grab ขนาด 0.0625 ตร.ม. จำนวน 3 ครั้ง การสุ่มตัก ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างไมโครพลาสติกโดยดัดแปลงวิธีการจาก NOAA Marine Debris Program [16] นำดินตะกอนที่ได้ประมาณ 20 กรัม ใส่ลงในปิ๊งเกอร์ เติมสารละลาย Sodium Iodide (NaI) เข้มข้น 6M ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 2 วัน เติสารละลายส่วนบนออกแล้วเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 30% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60 °C ประมาณ 12 ชั่วโมง

2.3 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งจากบริเวณผิวน้ำด้วยวิธีแบบจ้วง (Grab sampling) โดยใช้ถังสแตนเลส แบ่งตัวอย่างน้ำมาประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายผสม NaOH ในอัตราส่วน 4:1 จากนั้นนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 60 °C

เมื่อตัวอย่างใส่ ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 30% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง [16]

2.4 การวิเคราะห์และการตรวจสอบไมโครพลาสติก

นำสารละลายที่ได้จาก 2.1-2.3 มาตกตะกอนด้วยสารละลาย NaI เข้มข้น 6M ในกรวยกรองแก้ว ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยตะกอนให้ไหลออกผ่านตะแกรงกรองที่มีขนาดรู 20, 60, 300 1,000 และ 5000 ไมโครเมตร จากนั้นนำตะแกรงมาอบจนกว่าจะแห้ง แล้วจึงนำมาส่องภายใต้กล้องสเตอริโอฟลูออเรสเซนซ์ กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อบันทึกจำนวนและจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดออกเป็น เส้นใย และกำหนดรูปร่างไม่ได้และแผ่น ตามวิธีการของ [14] และทำการตรวจสอบชนิดพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ในช่วงคลื่น $400\text{--}4,000\text{ cm}^{-1}$ [16] พร้อมซอฟต์แวร์วิเคราะห์สเปกตรัมเพื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลพอลิเมอร์มาตรฐาน

ทั้งนี้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกจากสภาวะแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ ภาชนะทุกชิ้นที่ใช้ในการวิเคราะห์จะถูกล้างด้วยน้ำกลั่น RO (Reverse Osmosis) ที่กรองผ่านกระดาษกรองขนาดรู 0.45 ไมโครเมตร และทำการตรวจสอบวัตถุแปลกปลอมบนตะแกรงกรองด้วยกล้อง Stereo microscopes ก่อนนำไปใช้งาน และจัดให้มีชุดควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โดยใช้บีกเกอร์ขนาด 250 ml บรรจุน้ำกลั่น RO ที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองขนาดรู $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 100 ml นำไปตั้งไว้ในห้องปฏิบัติการขณะทำการแยกและนับจำนวนไมโครพลาสติก ทั้งนี้ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในชุดควบคุมต้องมีไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่าง จึงจะสามารถใช้ผลการวิเคราะห์นั้นได้

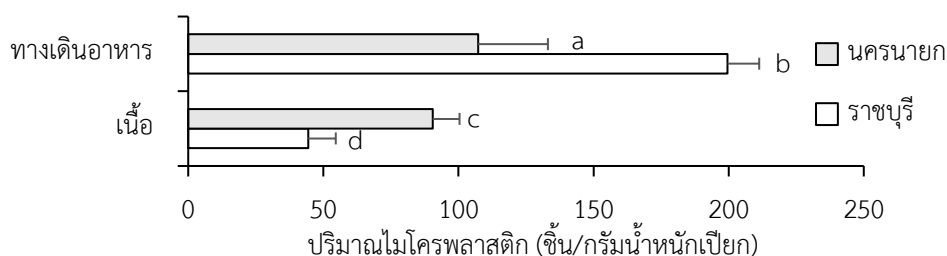
3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างเนื้อกึ่ง ทางเดินอาหาร น้ำ ดิน และอาหารกึ่ง มาวิเคราะห์ทางสถิติโดย t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ยังใช้ ANOVA และการวิเคราะห์ Tukey's HSD สำหรับการเปรียบเทียบหลายกลุ่ม โดยกำหนดความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

ผลการวิจัย

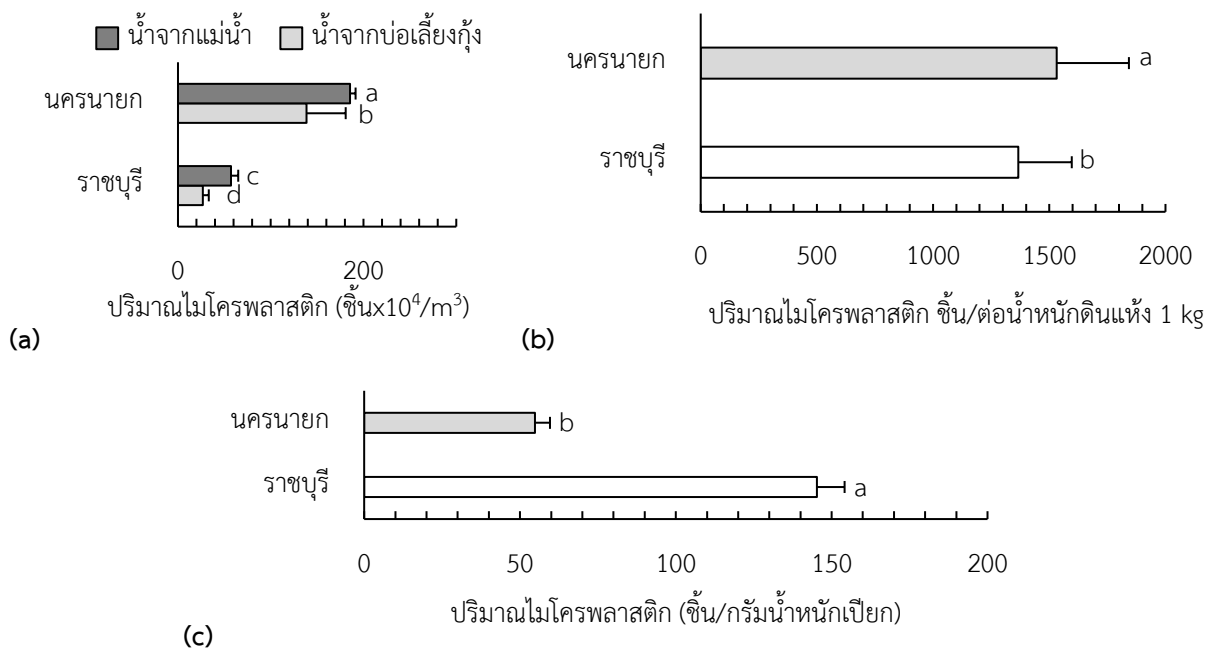
1. ปริมาณและขนาดไมโครพลาสติกในกึ่งก้ามกราม อาหารกึ่ง และสิ่งแวดล้อมการเพาะเลี้ยง

ในเนื้อกึ่งและทางเดินอาหารกึ่งก้ามกรามจากบ่อเลี้ยง จังหวัดราชบุรี พบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 44.4 ± 10.2 และ 199.6 ± 11.7 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก (ภาพที่ 4) โดยทางเดินอาหารของกึ่งนั้นมีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าในเนื้อกึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับกับกึ่งก้ามกรามของจังหวัดนครนายก ซึ่งมีปริมาณไมโครพลาสติกในเนื้อกึ่งและทางเดินอาหารเฉลี่ย 90.5 ± 9.9 และ 107.3 ± 25.8 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก (ภาพที่ 4) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการตรวจสอบไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกึ่ง ดินจากบ่อเลี้ยงกึ่ง น้ำในแม่น้ำ และอาหารกึ่ง (ภาพที่ 5) พบว่าในน้ำและดินจากบ่อเพาะเลี้ยงของจังหวัดนครนายกมีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าในน้ำและดินจากบ่อเพาะเลี้ยงของจังหวัดราชบุรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ไมโครพลาสติกในอาหารกึ่งของจังหวัดราชบุรีนั้นมีปริมาณมากกว่าอาหารกึ่งของจังหวัดนครนายก (ภาพที่ 5)

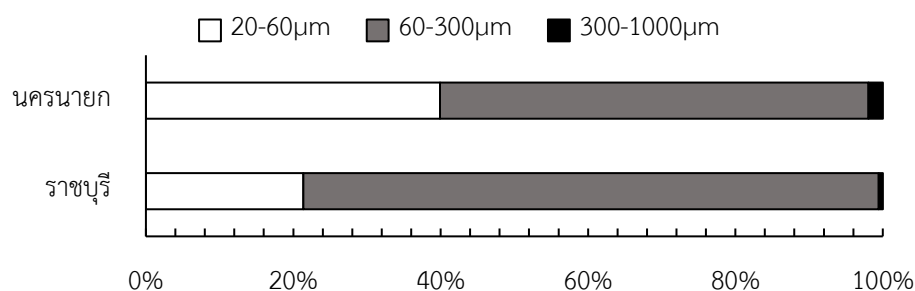


ภาพที่ 4 ปริมาณไมโครพลาสติกขนาด 20-500 ไมโครเมตร ที่พบในเนื้อและทางเดินอาหารกึ่งกัมกรวม ของอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี และอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก ($p < 0.05$)

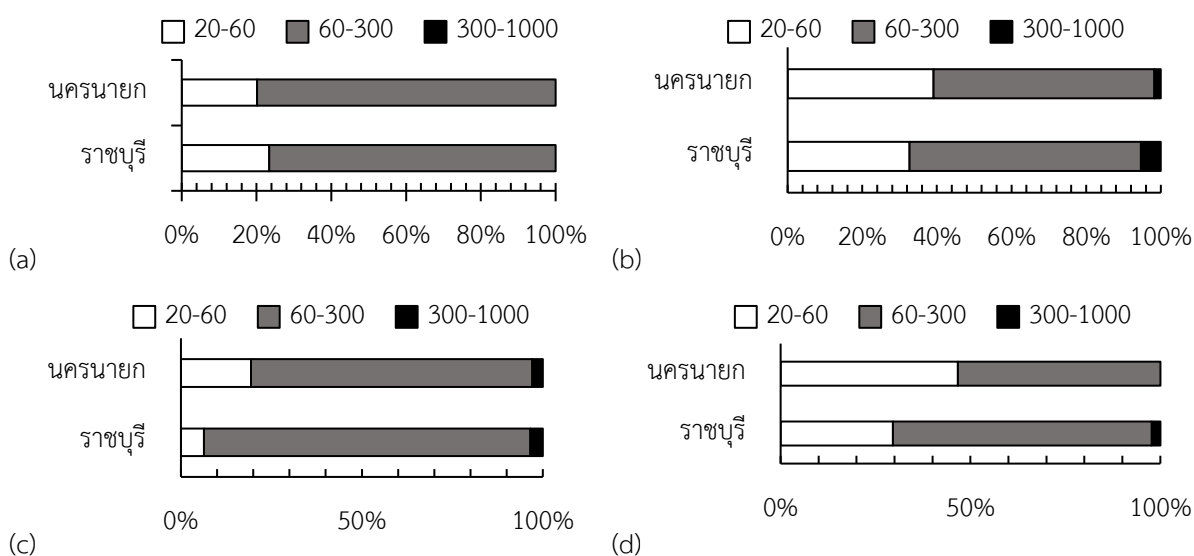
เมื่อพิจารณาขนาดไมโครพลาสติกพบว่า กึ่งกัมกรวมจากบ่อเลี้ยง จังหวัดราชบุรีมีไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตรมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 78 (ภาพที่ 6) เช่นเดียวกับจังหวัดนครนายกที่พบไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตรในกึ่งกัมกรวมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาเป็นขนาด 20-60 ไมโครเมตร คิดเป็นร้อยละ 21 และ 40 ส่วนขนาด 300-1,000 ไมโครเมตร พบน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 1 และ 2 ส่วนขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกึ่งดิน และอาหารกึ่งพบว่ามีขนาด 60-300 ไมโครเมตร มากที่สุดรองลงมาเป็นขนาด 20-60 ไมโครเมตร ส่วนขนาด 300-1,000 ไมโครเมตร พบน้อยที่สุดเช่นกัน (ภาพที่ 7)



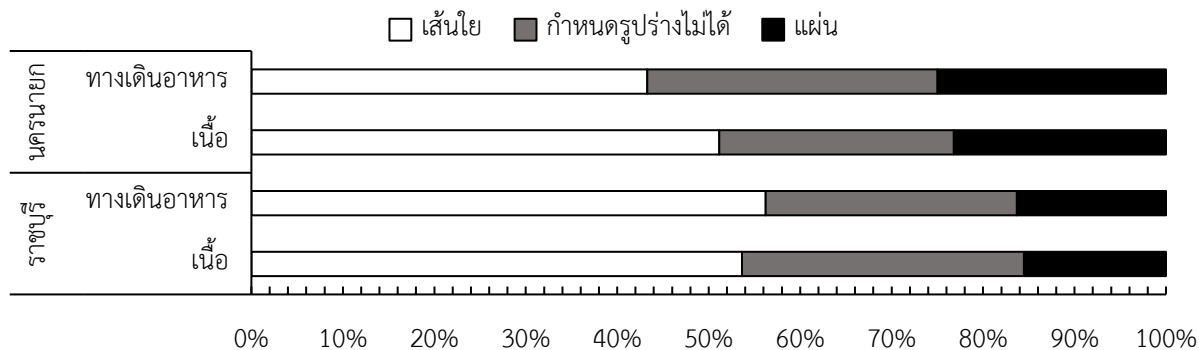
ภาพที่ 5 ปริมาณไมโครพลาสติกขนาด >20 ไมโครเมตร จากบ่อเลี้ยงกุ้ง จังหวัดราชบุรีและ จังหวัดนครนายก (a) ในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งและน้ำจากแม่น้ำ (b) ไมโครพลาสติกในดินตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (c) ไมโครพลาสติกในอาหารกึ่ง ($p < 0.05$)



ภาพที่ 6 ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดที่พบในกึ่งกำมกราม จังหวัดราชบุรีและจังหวัดนครนายก



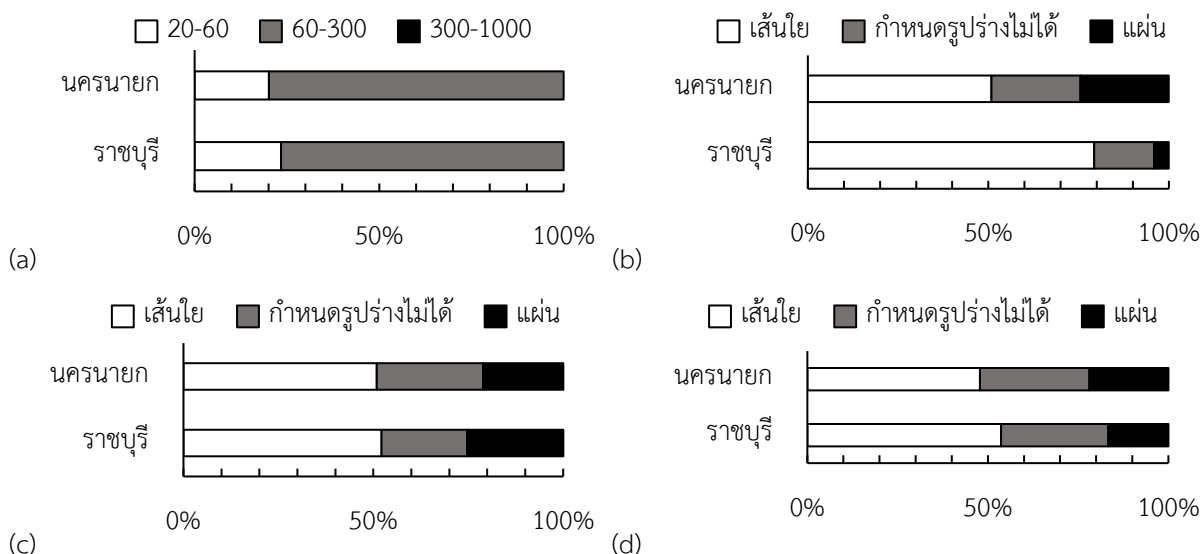
ภาพที่ 7 (a) ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดในน้ำจากแม่น้ำ (b) ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (c) ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (d) ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดในอาหารกุ้งของอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรีและอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก



ภาพที่ 8 ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่างในกึ่งกำมกรามขนาด >20 ไมโครเมตร ของอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรีและอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก

2. รูปร่างของไมโครพลาสติกในกึ่งกำกรมอาหารกึ่ง และสิ่งแวดล้อมการเพาะเลี้ยง

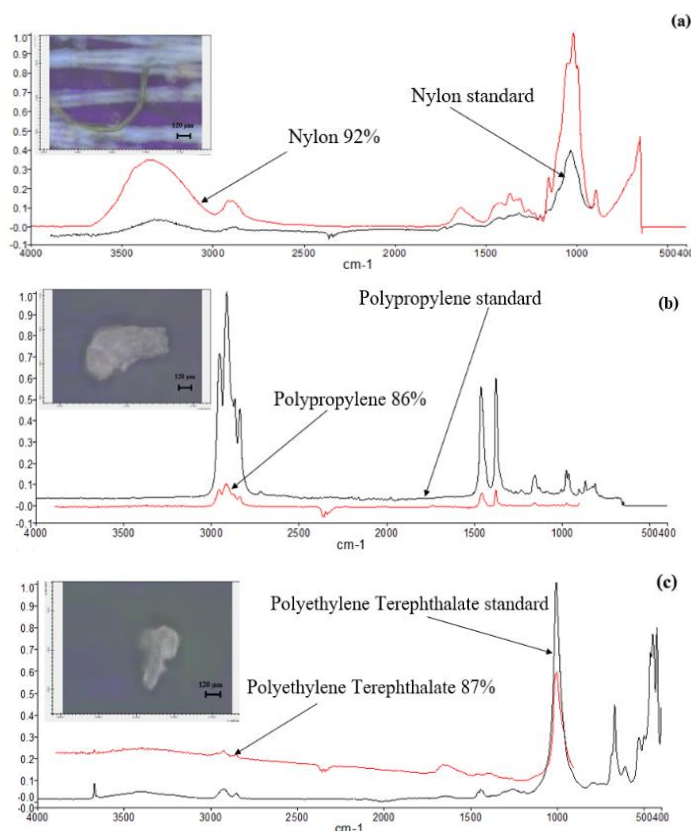
การจำแนกลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกในกึ่งกำกรมนั้นจะจำแนกภายใต้กล้องสแตอริโอฟลูออเรสเซนซ์ โดยแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ เส้นใย กำหนดรูปร่างไม่ได้ และแผ่น (ภาพที่ 8) ทั้งนี้หากพิจารณาลักษณะรูปร่างของไมโครพลาสติกพบว่ามีในเนื้อและทางเดินอาหารกึ่งกำกรมของจังหวัดราชบุรีพบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 54 และ 56 เช่นเดียวกันกับจังหวัดนครนายกที่พบไมโครพลาสติกแบบเส้นใย เท่ากับร้อยละ 50 และ 45 รองลงมาเป็นไมโครพลาสติกแบบกำหนดรูปร่างไม่ได้ซึ่งในเนื้อและทางเดินอาหารกึ่งกำกรมของจังหวัดราชบุรี พบร้อยละ 31 และ 27 จังหวัดนครนายกพบไมโครพลาสติกแบบกำหนดรูปร่างไม่ได้ ร้อยละ 26 และ 32 ส่วนรูปร่างแบบแผ่นพบในเนื้อและทางเดินอาหารกึ่งกำกรมของจังหวัดราชบุรี เพียงร้อยละ 15 และ 16 ตามลำดับ จังหวัดนครนายกพบร้อยละ 23 และ 25 (ภาพที่ 8) เมื่อพิจารณารูปร่างไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ดิน และอาหารกึ่ง พบว่าผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกันคือพบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 (a) ร้อยละของไมโครพลาสติกแต่ละขนาดในน้ำจากแม่น้ำ (b) ร้อยละของรูปร่างไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (c) ร้อยละของรูปร่างไมโครพลาสติกในดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง (d) ร้อยละของรูปร่างไมโครพลาสติกในอาหารกึ่ง ของอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรีและอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบของไมโครพลาสติกเพื่อป้อนข้อมูลพลาสติกด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)

เมื่อนำไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่างไปตรวจสอบชนิดด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) พบว่าไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใยส่วนมากเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) Rayon และ Nylon (ภาพที่ 10) เมื่อพิจารณาผลการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำและดินจากบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่ามีความสอดคล้องกันคือพบเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) และ Nylon ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมสิ่งทอและบรรจุภัณฑ์ แหล่งที่มาที่เป็นไปได้ของไมโครพลาสติกเหล่านี้ ได้แก่ น้ำที่ใช้ในระบบเพาะเลี้ยงซึ่งปนเปื้อนจากน้ำทิ้งของชุมชน ดินตะกอนในบ่อเลี้ยง และอาหารกึ่ง



ภาพที่ 10 ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในเนื้อและทางเดินอาหารกิ้งก่ามกรามจากบ่อเลี้ยงกิ้งของอำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี และอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายกมาวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อบ่งชี้ชนิดของพลาสติกด้วยเทคนิค FTIR (a) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติกชนิด Nylon (b) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างกำหนดรูปร่างไม่ได้ สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติก ชนิด Polypropylene (PP) (c) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นแผ่น สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติก ชนิด Polyethylene terephthalate (PET)

อภิปรายและสรุปการวิจัย

ปริมาณและขนาดไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารของกิ้งก่ามกรามมีปริมาณมากกว่าไมโครพลาสติกในเนื้อกิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [18] ทั้งนี้เนื่องจากการกินอาหารของกิ้งก่ามกรามนั้นอาหารจะถูกส่งไปยังทางเดินอาหารเป็นอันดับแรกก่อนเคลื่อนย้ายเข้าสู่เนื้อกิ้งจึงมีการสะสมไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารก่อน [20] และกิ้งก่ามกรามนั้นใช้เวลาในการดำรงชีวิตส่วนใหญ่ที่บริเวณหน้าดินหรือพื้นบ่อ และมีพฤติกรรมการหาและกินอาหารบริเวณหน้าดิน [21] จึงทำให้กิ้งก่ามกรามได้รับไมโครพลาสติกที่สะสมในดินตะกอนหน้าดินซึ่งมีที่มาจากน้ำและอาหารกิ้งได้โดยตรง

ปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกิ้ง ดินจากบ่อเพาะเลี้ยง น้ำในแม่น้ำ และอาหารกิ้งจากบ่อเลี้ยงกิ้งของจังหวัดนครนายกมีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าในน้ำและดินจากบ่อเลี้ยงกิ้งของจังหวัดราชบุรี ในขณะที่ไมโครพลาสติกในอาหารกิ้งของจังหวัดราชบุรีนั้นมีปริมาณมากกว่าอาหารกิ้งของจังหวัดนครนายก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าใน

ทางเดินอาหารของกิ้งก่ามกรามของจังหวัดราชบุรีนั้นมีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าทางเดินอาหารของกิ้งก่ามกรามของจังหวัดนครนายก (ภาพที่ 3) ทั้งนี้การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในอาหารกิ้งก่านั้นอาจมาจากไมโครพลาสติกที่อยู่ในส่วนผสมของอาหารกิ้ง เช่น ปลาป่น [22] ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้กิ้งก่ามกรามได้รับไมโครพลาสติกจากการกินอาหารเป็นหลักจึงทำให้พบไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารมากกว่าในส่วนกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกับการศึกษาในกิ้งก่าปลา (*Penaeus monodon*) จากอ่าวเบงกอล [7] และในกิ้ง *C. crangon*) [17] ที่พบไมโครพลาสติกมากในส่วนของทางเดินอาหาร ส่วนหัวและเหงือก แต่ไม่พบในส่วนกล้ามเนื้อของกิ้ง ดังนั้นการบริโภคเฉพาะส่วนเนื้อกิ้งเป็นอาหารจึงช่วยลดความเสี่ยงจากการรับสัมผัสไมโครพลาสติกจากการบริโภคกิ้งก่ามกราม

การใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำนครนายก ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นั้นอาจเป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกที่พบในบ่อเลี้ยงกิ้งก่ามกราม เช่นเดียวกับการศึกษาของ [18] ที่พบว่าไมโครพลาสติกในแม่น้ำและดินตะกอนในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลโดยตรงต่อการสะสมไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ นอกจากนี้ ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในอาหารกิ้งในจังหวัดราชบุรีมีค่ามากกว่าในจังหวัดนครนายก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในกระบวนการผลิตวัตถุดิบ เช่น ปลาป่น หรือวัตถุดิบที่ใช้ผลิตอาหารกิ้ง [23] สถานการณ์นี้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์น้ำในประเทศไทย

ขนาดและรูปร่างของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร ถูกพบในเนื้อกิ้งและทางเดินอาหารกิ้งก่ามกรามมากถึงร้อยละ 78 รองลงมาเป็นขนาด 20-60 ไมโครเมตร ส่วนขนาด 300-1000 ไมโครเมตร พบน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกันกับการศึกษาในครั้งนี้ ที่พบว่าไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกิ้ง ดิน และอาหารกิ้งมีขนาด 60-300 ไมโครเมตรมากที่สุด (ภาพที่ 6) ซึ่งเป็นช่วงขนาดที่สัตว์น้ำสามารถกินเข้าไปได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ [18] และ [8] ที่รายงานว่าไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงมีลักษณะเป็นเส้นใยและมีขนาดเล็ก หรืออาจเกิดจากกระบวนการย่อยอาหารของกิ้งก่ามกราม ที่เกิดการบดย่อยอาหารในทางเดินอาหารส่วนแรก (foregut) โดย gastric mill และยังมีน้ำย่อยที่หลั่งออกมาจาก digestive gland ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงเพื่อที่จะถูกดูดซึมต่อไป [21] ซึ่งกระบวนการนี้ส่งผลให้ไมโครพลาสติกเกิดการแตกหักจนมีขนาดเล็กลง ซึ่งการศึกษานี้ไม่พบไมโครพลาสติกขนาด 1000-5000 ไมโครเมตร ทั้งในเนื้อและทางเดินอาหารของกิ้งก่ามกรามรวมถึงในน้ำ ดินและอาหารกิ้ง ซึ่งสอดคล้องกับไมโครพลาสติกในกิ้ง *Paratya australiensis* ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 200 ไมโครเมตร [23] เช่นเดียวกันกับ [24] และ [25] ที่พบไมโครพลาสติกในกิ้งทะเลส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 300 ไมโครเมตร

เมื่อพิจารณารูปร่างของไมโครพลาสติกในเนื้อและทางเดินอาหารกิ้งก่ามกรามพบว่าไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด รองลงมาเป็นไมโครพลาสติกรูปร่างแบบกำหนดรูปร่างไม่ได้ ส่วนรูปร่างแบบแผ่นพบน้อยที่สุด (ภาพที่ 7) เมื่อพิจารณารูปร่างไมโครพลาสติกในน้ำจากบ่อเลี้ยงกิ้ง ดิน และอาหารกิ้ง พบว่าผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกันคือพบไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุด (ภาพที่ 8) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [8] ซึ่งพบไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุดในทุกตะกาดและกิ้งก่าปลา ซึ่งเส้นใยที่พบส่วนใหญ่จะมีแหล่งที่มาจากการซักผ้าจากบ้านเรือนแล้วปล่อยน้ำทิ้งลงในแม่น้ำหรือลำคลองซึ่งการซักผ้าก็เป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยเช่นเดียวกัน [24-25] โดยน้ำที่ใช้ในบ่อเลี้ยงกิ้งก่ามกรามที่นำมาศึกษานั้นมาจากแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำนครนายก ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำนครนายกพบว่าไมโครพลาสติกแบบเส้นใยมากที่สุดจึงอาจทำให้กิ้งได้รับไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยจากน้ำในแม่น้ำได้ และสาเหตุหนึ่งอาจจะมาจากความหนาแน่นของเส้นใยที่มีความหนาแน่นสูงถึง 1.15 g/cm [26] ทำให้มีน้ำหนักมากจึงจม

ลงสู่บริเวณหน้าดิน ดังนั้นการใช้น้ำจากแม่น้ำที่รับน้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรมและชุมชนโดยตรง อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไมโครพลาสติกชนิดนี้เข้าสู่ระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย

แหล่งที่มาและองค์ประกอบของไมโครพลาสติก

เมื่อนำไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่างไปตรวจสอบชนิดโพลิเมอร์ด้วยเทคนิค FT-IR พบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างแบบเส้นใยเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) Rayon และ Nylon เมื่อพิจารณาชนิดไมโครพลาสติกในน้ำและดินตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้ง พบว่าผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องกันคือพบเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PET) และ Nylon ซึ่งตรงกับตัวอย่างเศษขวดพลาสติก และเส้นใยเสื้อผ้า เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามทั้งสองพื้นที่นั้นนั้นมาจากแม่น้ำนครนายก และแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าแม่น้ำในประเทศไทยนั้นเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนและขยะพลาสติก ซึ่งเมื่อขยะพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำก็มักเกิดการแตกสลายกลายเป็นพลาสติกขนาดเล็กได้ [4,11] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ [8] และ [24] ที่พบว่าชนิดของไมโครพลาสติกที่พบใน brown shrimp และกุ้งลายเสือ บริเวณอ่าวเบงกอล คือ PET และ Rayon ซึ่งมีที่มาจากการแตกสลายของขยะพลาสติกจากแผ่นดิน และเสื้อผ้า และ [19] ยังกล่าวว่าไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยส่วนใหญ่มาจากกระบวนการซักผ้าและกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ขณะที่การปนเปื้อนจากอาหารสัตว์น้ำเป็นแหล่งสำคัญในระบบเพาะเลี้ยง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงรูปแบบที่คล้ายกันนี้ในสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง [4] โดยเฉพาะความสำคัญของเส้นใยพลาสติกและพลาสติกขนาดเล็กในกระบวนการปนเปื้อน อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงในประเทศไทยยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างครอบคลุมเท่ากับประเทศอื่น

ผลกระทบของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย

การสะสมของไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกรามจากระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยส่งผลกระทบในหลายมิติได้แก่:

- 1) **สุขภาพของสัตว์น้ำ** ไมโครพลาสติกอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของกุ้งก้ามกราม เช่น การอุดตันในทางเดินอาหาร ทำให้ความสามารถในการดูดซึมสารอาหารลดลงและมีการสะสมสารพิษในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง [3-4]
- 2) **ความปลอดภัยด้านอาหาร** การที่ไมโครพลาสติกสามารถดูดซับโลหะหนักและสารพิษ เช่น Polychlorinated Biphenyls (PCBs) เพิ่มความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อผู้บริโภคกุ้งก้ามกรามในระยะยาว [9] โดยเฉพาะในประเทศไทยที่กุ้งก้ามกรามเป็นหนึ่งในอาหารยอดนิยม
- 3) **ความยั่งยืนของระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ** การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่งผลต่อความยั่งยืนของอุตสาหกรรม เนื่องจากอาจลดความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มต้นทุนในการจัดการปัญหามลพิษในบ่อเลี้ยง

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) จากบ่อเพาะเลี้ยงในประเทศไทย โดยพบการสะสมในทางเดินอาหารมากกว่าในเนื้อกุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่เป็นเส้นใย (Fibers) และมีขนาด 60–300 ไมโครเมตร ไมโครพลาสติกเหล่านี้มีโอกาสสะสมในตัวกุ้งผ่านแหล่งน้ำ ดินตะกอน และอาหารกุ้งที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene

Terephthalate (PET), Nylon และ Rayon มีแหล่งที่มาจากกิจกรรมชุมชนและอุตสาหกรรม ผลการวิจัยนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนานโยบายและมาตรการจัดการปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งในมิติของการปกป้องสิ่งแวดล้อมและการส่งเสริมความปลอดภัยทางอาหาร ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดความเสี่ยงต่อผู้บริโภคและสร้างความเชื่อมั่นต่อผลิตภัณฑ์จากระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทย

ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาดังนี้คือ

- 1) การศึกษานี้ดำเนินการในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามสองจังหวัด คือ ราชบุรีและนครนายก ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมถึงการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศได้อย่างครบถ้วน
- 2) วิธีการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการตรวจสอบไมโครพลาสติกขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถตรวจพบไมโครพลาสติกขนาดเล็กได้ทั้งหมด
- 3) งานวิจัยนี้ยังมิได้ศึกษาถึงผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อสุขภาพของกุ้งก้ามกรามโดยตรง ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายและมาตรการจัดการปัญหาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการบัณฑิตศึกษาศาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวาริชศาสตร์ ห้องปฏิบัติการห้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และสถาบันแสงซินโครตรอน(องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างไมโครพลาสติก

เอกสารอ้างอิง

1. Arthur C, Baker J, Bamford H. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. 2009. p. 49.
2. Kittipongvises S, Phetrak A, Lohwacharin J, Polprasert C. Microplastic pollution in raw wastewater sources and wastewater treatment systems. Environ J. 2019; 23(1): 1-10. Thai.
3. Pinheiro LM, Sul JA, Costa MF. Uptake and ingestion are the main pathways for microplastics to enter marine benthos: a review. Food Webs. 2020; 24: 2352-96.
4. Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Mar Pollut Bull. 2011; 62(12): 2588-97.
5. Department of Fisheries. Production and value of aquatic animals from fisheries in Thailand in 2022 [Internet]. 2022 [cited YYYY Mon DD]. Available from: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20230322114403_1_file.pdf. Thai.

6. Pakdeenarong N. Factors for culturing giant freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) in the Northeastern. *Burapha Sci J.* 2015; 20(1): 251-60. Thai.
7. Jin Y, Xia J, Pan Z, Yang J, Wang W, Fu Z. Interactions between microplastics and heavy metals in aquatic environments: a review. *Front Microbiol.* 2021; 12: 6525-40.
8. Hossain MS, Rahman MS, Uddin MN, Sharifuzzaman SM, Chowdhury SR, Sarker S, Chowdhury MSN. Microplastic contamination in Penaeid shrimp from the Northern Bay of Bengal. *Chemosphere.* 2020; 238: 124688.
9. Wu F, Wang Y, Leung JY, Huang W, Zeng J, Tang Y, Cao L. Accumulation of microplastics in typical commercial aquatic species: a case study at a productive aquaculture site in China. *Sci Total Environ.* 2020; 708: 135432.
10. Bhagarathi LK, DaSilva PNB, Maharaj G, Balkarran R, Baksh A. An overview on the production, management and impact of microplastic contamination on marine species and marine environments: a review. *World J Adv Eng Technol Sci.* 2024; 6(2): 51.
11. Bhusare S, Satkar SG, Sahu AK, Savaliya B, Karale T, Gautam RD. Microplastic (MP) pollution in aquatic ecosystems and environmental impact on aquatic animals. *UPJOZ.* 2024.
12. Labcom C, Inmuong U, Sornlorm K, Grudpan C, Thongdamrongtham S, Chaikhan S, Chakhamrun N. The accumulation of microplastics in fish freshwater in the Mun River, Thailand. *IJPAP.* 2024: 12-24.
13. Prarat P, Hongsawat P, Chouychai B. Preliminary investigation of microplastic contamination in river snails (*Filopaludina martensi*) in Eastern Thailand and evaluation of human exposure. *E3S Web Conf.* 2024.
14. Li HX, Ma LS, Lin L, Ni ZX, Xu XR, Shi HH, Rittschof D. Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River estuary, China. *Environ Pollut.* 2018; 236: 619-25.
15. Ma-anun S, Rojtinakorn J. Digestive system histology of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *J Fish Technol Res.* 2019; 13(2): 37-45. Thai.
16. Masura J, Baker J, Foster G, Arthur C. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. 2015.
17. Tagg AS, Sapp M, Harrison JP, Ojeda JJ. Identification and quantification of microplastics in wastewater using focal plane array-based reflectance micro-FT-IR imaging. *Anal Chem.* 2015; 87(12): 6032-40.
18. Devriese LI, van der Meulen MD, Maes T, Bekaert K, Paul-Pont I, Frère L, et al. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Mar Pollut Bull.* 2015; 98(1-2): 179-87.
19. Li Y, Lu Z, Zheng H, Wang J, Chen C. Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China. *Environ Sci Eur.* 2020; 32(1): 1-12.

20. Mahu E, Datsomor WG, Folorunsho R, Fisayo J, Crane R, Marchant R, et al. Human health risk and food safety implications of microplastic consumption by fish from coastal waters of the eastern equatorial Atlantic Ocean. *Food Control*. 2023; 145: 109503.
21. Tangkrock-olan N. Feeding and digestion part II. Faculty of Science, Burapha University. 2020. Thai.
22. Azad SMO, Towatana P, Pradit S, Patricia BG, Hue HT. Ingestion of microplastics by some commercial fishes in the lower Gulf of Thailand: a preliminary approach to ocean conservation. *Int J Agric Technol*. 2018; 14(7): 1017-32.
23. Nan B, Su L, Kellar C, Craig NJ, Keough MJ, Pettigrove V. Identification of microplastics in surface water and Australian freshwater shrimp *Paratya australiensis* in Victoria, Australia. *Environ Pollut*. 2020; 259: 113865.
24. Firdaus M, Trihadiningrum Y, Lestari P. Microplastic pollution in the sediment of Jagir estuary, Surabaya City, Indonesia. *Mar Pollut Bull*. 2020; 150: 110790.
25. Severini MF, Buzzi NS, López AF, Colombo CV, Sartor GC, Rimondino GN, et al. Chemical composition and abundance of microplastics in the muscle of commercial shrimp *Pleoticus muelleri* at an impacted coastal environment (Southwestern Atlantic). *Mar Pollut Bull*. 2020; 161: 111700.
26. Kershaw P. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. International Maritime Organization. 2015.