

การเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติก 1–5,000 ไมโครเมตร ในน้ำทิ้งชุมชน ที่ไหลลงแหล่งเพาะเลี้ยงหอยสองฝา จังหวัดชลบุรี

FLUXES OF MICROPLASTICS 1–5,000 MICROMETER IN URBAN WASTEWATER FLOWING INTO BIVALVE MARICULTURE ALONG THE CHONBURI COAST

ธนอมศักดิ์ บุญภักดี^{1,2*} วริศรา วัฒนวิโรจน์กุล² และ สุปราณี แก้วภิรมย์³

Thanomsak Boonphakdee^{1,2*}, Warisara Wattanawirojkul², and Supranee Kaewpirom³

¹โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹Graduate Program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University

²Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University

³Department of Chemistry, Faculty of Science, Burapha University

*corresponding author e-mail: thanomsa@buu.ac.th

(Received: 10 January 2025; Revised: 30 June 2025; Accepted: 18 July 2025)

บทคัดย่อ

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีในเขตอำเภอเมืองและอำเภอดงศรีราชาเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่น้ำจืด หอยแครง และหอยนางรมที่สำคัญ และยังเป็นพื้นที่รับน้ำทิ้งจากชุมชนเมือง ซึ่งมีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งจากชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเล และประเมินความสัมพันธ์กับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสองฝา โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจาก 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางไผ่รง ท่อระบายน้ำหาดวนนก และท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอย ทำการกรองและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงร่วมกับเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FTIR) ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกจากทั้ง 4 สถานีอยู่ในช่วง 3.30×10^{11} ถึง 2.90×10^{13} ชิ้นต่อวัน โดยพบไมโครพลาสติกขนาด 1–60 ไมโครเมตร มากกว่า 99% ของปริมาณทั้งหมด โดยรูปร่างที่พบมากที่สุด ได้แก่ แบบแผ่นและแบบเส้นใย โดยมีองค์ประกอบของพอลิเมอร์ประเภทโพลีเอทิลีน (PE) โพลีโพรพิลีน (PP) และโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ตามลำดับ แหล่งที่มาส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ถุงพลาสติก เสื้อผ้าใยสังเคราะห์ และบรรจุภัณฑ์ทั่วไป ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า น้ำทิ้งจากชุมชนเมืองเป็นแหล่งสำคัญของการเคลื่อนย้าย

ไมโครพลาสติก และมีความเป็นไปได้ที่สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น หอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ดังกล่าวอาจมีการสะสมไมโครพลาสติกในระดับสูง ข้อค้นพบนี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดมาตรการควบคุมแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกในชุมชน และวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืนของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก การเคลื่อนย้าย หอยสองฝา น้ำทิ้งชุมชน เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

Abstract

The coastal areas of Chonburi Province, particularly in Mueang and Si Racha districts, are key aquaculture zones for mussels, blood cockles, and oysters. These areas also receive municipal wastewater, which increasingly contains microplastic contamination. This study aimed to analyze the quantity and transport of microplastics in community wastewater discharged into the sea and assess their relationship with bivalve aquaculture zones. Wastewater samples were collected from four sites: Khlong Sangkhep, Khlong Bang Phong, Wonapha Beach drainage, and Ko Loi Bridge drainage. Microplastics were isolated through filtration and analyzed using optical microscopy and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results showed that microplastic transport ranged from 3.30×10^{11} to 2.90×10^{13} particles per day, with particles sized 1–60 micrometers accounting for over 99% of the total. The most common shapes were fragments and fibers, with polymer types including polyethylene (PE), polypropylene (PP), and polyester. These microplastics originated mainly from human activities, such as plastic bags, synthetic fabrics, and packaging. The findings highlight that municipal wastewater is a significant source of microplastic transport into the marine environment and suggest that bivalves cultivated in these areas may accumulate high levels of microplastics. This research provides essential data for developing strategies to mitigate microplastic pollution at its source and promote sustainable coastal aquaculture management.

Keywords: Microplastics, Fluxes, Bivalves, Urban wastewater, FTIR

บทนำ

ไมโครพลาสติก เป็นอนุภาคพลาสติกที่มีขนาดตั้งแต่ 1–5,000 ไมโครเมตร (หรือ 0.001–5 มิลลิเมตร) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกขนาดเล็ก (ปิยะพงษ์, สุหทัย และนภาพร, 2559) สามารถจำแนกแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท ได้แก่ Primary Microplastic คือ พลาสติกตั้งต้นที่มีการผลิตให้มีขนาดเล็ก เช่น เม็ดพลาสติกในผลิตภัณฑ์สครับหรือเครื่องสำอางต่างๆ และ Secondary Microplastic ที่เกิดจากการแตกหักของพลาสติกขนาดใหญ่ ซึ่งไมโครพลาสติกมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) และมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจึงทำให้สามารถดูดซับสารพิษอินทรีย์ที่มีการตกค้างได้ดี (สุกฤตา และประสงค์สม, 2562) เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับไมโครพลาสติกจะได้รับสารพิษที่อยู่บนพื้นผิวเช่นกัน ส่งผลให้เกิดการรบกวนฮอร์โมนในร่างกาย และลดอัตราการเจริญเติบโต (สุทธิรัตน์ และคณะ, 2562)

ไมโครพลาสติกได้กลายเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญในระบบนิเวศทางทะเล โดยเฉพาะในพื้นที่ชายฝั่งที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่ทะเลโดยตรง อนุภาคพลาสติกขนาดเล็กเหล่านี้ (1–5,000 ไมโครเมตร) สามารถแพร่กระจายและสะสมในสัตว์น้ำได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะสัตว์น้ำจำพวกกรองกิน เช่น หอยสองฝา ซึ่งสามารถกรองน้ำได้ถึง 50 ลิตรต่อวัน (ธัญญาภรณ์ และคณะ, 2563) ทำให้มีโอกาสได้รับไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ทำให้บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ที่มีการสะสมไมโครพลาสติกผ่านทางน้ำที่เชื่อมต่อกับชายฝั่งทะเล (Boonkwang & Boonphakdee, 2022) และยังมีขยะพลาสติกที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีสะสมอยู่ในแหล่งน้ำบริเวณชายฝั่งเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เกิดการแตกหักกลายเป็น Secondary Microplastic (Kankanige & Babel, 2020) เมื่อน้ำทิ้งชุมชนเหล่านี้ไหลลงสู่ทะเลก็อาจทำให้สิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งได้รับและสะสมไมโครพลาสติก และยังสามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร (สุทธิรัตน์ และคณะ, 2562) จนกระทั่งมาถึงมนุษย์ที่เป็นผู้บริโภคสูงสุดของห่วงโซ่อาหาร หากได้รับไมโครพลาสติกในปริมาณมากก็อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน

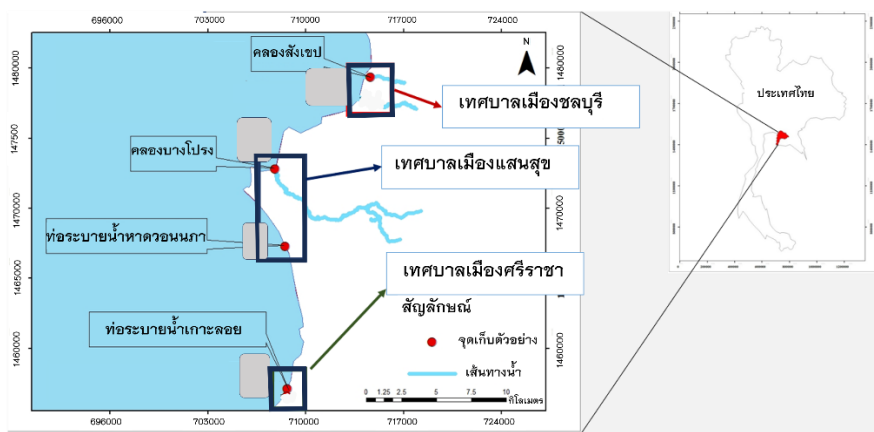
จากปริมาณขยะที่พบในพื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี พบว่า มีการสะสมของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งชุมชนที่มีแหล่งชุมชนหนาแน่นสูง เช่น ชายคลองบางโปร้ง หาดวอนนภา และคลองส่งน้ำสู่ห้วยบางทราย โดยเฉพาะบริเวณที่มีการระบายน้ำจากโรงพยาบาล ศูนย์การค้า และแหล่งอุตสาหกรรมเข้าสู่ระบบน้ำสาธารณะ พื้นที่เหล่านี้รองรับน้ำเสียเฉลี่ยกว่า 250,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน (พชรมน, 2563) ส่งผลให้เกิดการสะสมของไมโครพลาสติกขนาด 60–5,000 ไมโครเมตร ที่ไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทยตอนบนบริเวณตำบลบางปลาสร้อย ซึ่งอยู่ห่างจากชายฝั่งไม่เกิน 100 เมตร (ธัญญาภรณ์ และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดน้ำเสียในชุมชนกับการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกสู่ทะเลอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการตรวจสอบปริมาณ ขนาด และลักษณะของไมโครพลาสติกในน้ำที่มาจากชุมชนที่มีความเสี่ยงสูงและมีแนวโน้มเป็นพื้นที่รับขยะจากกิจกรรมมนุษย์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการออกแบบมาตรการลดปริมาณไมโครพลาสติกในระดับต้นทางอย่างมีประสิทธิภาพ และส่งเสริมความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมในระยะยาว โดยการดำเนินการวิจัยได้เก็บตัวอย่างน้ำที่จาก 4 สถานีหลัก ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโพร้ง ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา และท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอย ในจังหวัดชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 11 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม พ.ศ. 2564 ตัวอย่างน้ำถูกกรองแยกตามขนาดอนุภาคไมโครพลาสติก 4 ช่วงขนาด (1–60, 60–300, 300–1,000 และ 1,000–5,000 ไมโครเมตร) ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เพื่อระบุชนิดของพอลิเมอร์ พร้อมทั้งคำนวณปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกโดยใช้ข้อมูลความเร็วการไหลและความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี ข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นฐานสำหรับเสนอแนะแนวทางการลดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบน้ำทิ้งและส่งเสริมแนวนโยบายด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่การศึกษา (Study Area)

การศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี โดยเลือกเก็บตัวอย่างจาก 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโพร้ง ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา และท่อระบายน้ำบริเวณสะพานเกาะลอย ในช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม พ.ศ. 2564 โดยทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 11 ครั้ง พื้นที่ทั้ง 4 แห่งมีลักษณะเป็นจุดรับน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์หนาแน่น เช่น โรงพยาบาล ตลาดเทศบาล ศูนย์ราชการ และชุมชนที่อยู่อาศัย โดยคลองสังเขปและคลองบางโพร้งเป็นคลองธรรมชาติขนาดเล็กที่รองรับน้ำเสียจากเทศบาลเมืองชลบุรี ส่วนท่อระบายน้ำหาดวอนนภาและสะพานเกาะลอยมีลักษณะเป็นระบบท่อที่ระบายน้ำเสียจากเทศบาลเมืองแสนสุขและศรีราชา ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการนำน้ำทิ้งลงสู่ทะเลโดยตรง การเลือกพื้นที่ศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่แหล่งระบายน้ำที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งในด้านประเภทของระบบ (คลองรับน้ำทิ้งและท่อระบาย) และระดับความหนาแน่นของกิจกรรมของมนุษย์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณและลักษณะของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละสถานี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ประกอบด้วย คลองรับน้ำทิ้งและท่าระบายน้ำจากชุมชน จากเทศบาลเมืองชลบุรี เมืองแสนสุข และเมืองศรีราชา (พื้นที่สีเทา หมายถึง พื้นที่เพาะเลี้ยงหอยสองฝาที่อาจได้มีการสะสมของไมโครพลาสติกจากน้ำทิ้งชุมชน)

2. วิธีการเก็บตัวอย่าง (Sample Collection)

ตัวอย่างน้ำทิ้งปริมาตร 1 ลิตร ถูกเก็บจากระดับผิวหน้าที่ปากคลองหรือปากท่าระบายน้ำ 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโพร่ง ท่าระบายน้ำหาดวนนก และท่าระบายน้ำสะพานเกาะลอย โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม พ.ศ. 2564 รวมทั้งสิ้น 11 ครั้ง การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงน้ำลง (Low tide) เพื่อให้ได้ปริมาณการไหลสูงสุดสู่ทะเล ในขั้นตอนการจำแนกไมโครพลาสติก ตัวอย่างน้ำถูกรองผ่านตะแกรงและกระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุนต่างกัน เพื่อแยกไมโครพลาสติกออกเป็น 4 ช่วงขนาด ได้แก่ 1–60 ไมโครเมตร, 60–300 ไมโครเมตร, 300–1,000 ไมโครเมตร และ 1,000–5,000 ไมโครเมตร โดยใช้ตะแกรงขนาดรูพรุน 5,000 1,000 300 และ 60 ไมโครเมตร ตามลำดับ และกระดาษกรอง Polycarbonate ที่มีขนาดรู 1 ไมโครเมตร สำหรับการเก็บไมโครพลาสติกขนาดเล็กที่สุด (1–60 ไมโครเมตร) ผลการกรอง พบว่า ไมโครพลาสติกขนาด 1–60 ไมโครเมตร เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด สะท้อนถึงกระบวนการสลายตัวของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ในสิ่งแวดล้อม ส่วนไมโครพลาสติกขนาด 60–300 ไมโครเมตรและ 300–1,000 ไมโครเมตรถูกคัดแยกโดยใช้ตะแกรง ขนาด 60 และ 300 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการแตกหักหรือเสียดสีของพลาสติกขนาดใหญ่ ในขณะที่กลุ่มขนาด 1,000–5,000 ไมโครเมตร ซึ่งกรองด้วยตะแกรงขนาด 1,000 ไมโครเมตร เป็นเศษพลาสติกที่ยังไม่แตกตัวสมบูรณ์

การจำแนกขนาดในลักษณะนี้ช่วยให้สามารถติดตามแหล่งที่มาและพฤติกรรมการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในระบบน้ำได้อย่างเป็นระบบ หลังการกรอง ตัวอย่างทั้งหมดผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างตามวิธีการของ Kankanige & Babel (2020) โดยใช้ยาฟอกขาวด้วยสารละลายเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30% (H_2O_2) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ จากนั้นทำการตกตะกอนด้วยสารละลายโซเดียมไอโอดายด์ (NaI) ความเข้มข้น 6 M เพื่อแยกไมโครพลาสติกออกจากตัวกลางอื่นๆ

ทำการวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์และรูปร่างของไมโครพลาสติกด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer; FTIR) โดยใช้เครื่องรุ่น Paragon 1000 ผลิตโดยบริษัท PerkinElmer Inc. ประเทศ สหรัฐอเมริกา (USA) โดยยึดตามค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเครื่องมือประมาณ 70% (Sekudewicz, Dąbrowska, & Syczewski, 2021)

3. มาตรการควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

ดำเนินการกำหนดมาตรการควบคุมคุณภาพเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก ดังนี้

- 1) ภาชนะที่ใช้ในการวิเคราะห์ทุกชิ้นถูกล้างด้วยน้ำกลั่น Reverse Osmosis; RO ที่กรองผ่านกระดาษกรองขนาดรู 0.45 μm ก่อนใช้งาน
- 2) ตรวจสอบวัตถุปลอมปนบนตะแกรงกรองด้วยกล้อง Stereo microscopes
- 3) มีการตั้งชุดควบคุมคุณภาพโดยใช้น้ำกลั่น RO ที่ผ่านการกรองขนาด 0.45 μm ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในปิเก็ต ขนาด 250 มิลลิลิตร และตั้งในบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อทดสอบว่าการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกมีผลต่อกระบวนการวิเคราะห์หรือไม่
- 4) วิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกที่อาจปนเปื้อนในชุดควบคุมที่ไม่มีตัวอย่างจริง พบว่า มีไมโครพลาสติกไม่เกิน 0.50% ของปริมาณเฉลี่ยที่ตรวจพบในตัวอย่างจริงของแต่ละสถานี ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามแนวทางของ Boucher & Friot (2017)
- 5) เพื่อยืนยันผลการตรวจวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในระบบนิเวศ ได้เก็บตัวอย่างหอยนางรมในพื้นที่เดียวกันมาผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วยสารละลายเปอร์ออกไซด์ 30% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 1 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์ชนิดของพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค FTIR เพื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจจากน้ำทิ้ง

4. การคำนวณปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติก (Microplastic Flux Calculation)

ปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกถูกคำนวณโดยใช้ความเร็วของการไหล (Q) ความเข้มข้นของไมโครพลาสติก (C) และระยะเวลา (T) ตามสมการของ Sekudewicz, Dąbrowska, & Syczewski (2021) ดังสมการที่ 1

$$F(t) = Q(t)C(t) \quad (1)$$

โดยที่ $F(t)$ = ปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติก (ชิ้น/วินาที)

$Q(t)$ = อัตราการไหลของน้ำ (ลิตร/วินาที)

$C(t)$ = ความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในน้ำ (ชิ้น/ลิตร)

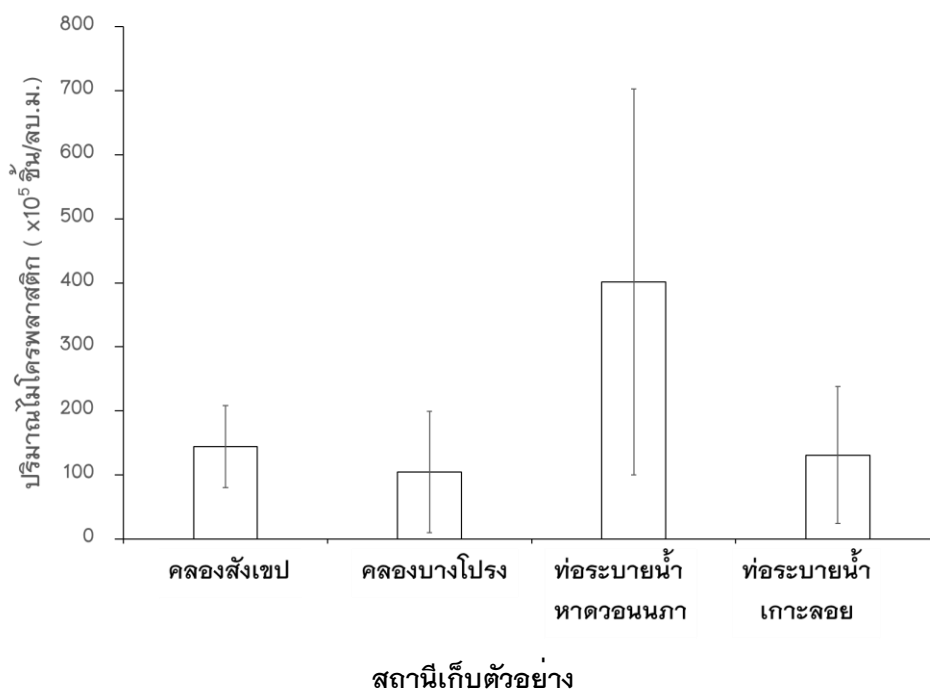
ทั้งนี้สมการดังกล่าวอ้างอิงจากการประยุกต์ใช้ในงานศึกษาลำน้ำแม่น้ำ Vistula ประเทศโปแลนด์ โดยใช้หลักการคูณอัตราการไหลของน้ำ (Q) กับค่าความเข้มข้นของไมโครพลาสติก (C) เพื่อประมาณการปริมาณการไหลของไมโครพลาสติกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Sekudewicz, Dąbrowska & Syczewski, 2021) สำหรับพื้นที่ศึกษาในจังหวัดชลบุรี พบว่า อัตราการไหลของน้ำปากคลองบางโพรงอยู่ที่ประมาณ 2.94×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และท่อระบายน้ำหาดวอนนภา มีอัตราการไหลประมาณ 1.48×10^4 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในขณะที่คลองสังเขปและท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอยไม่มีการระบุอัตราการไหลอย่างชัดเจน แต่สามารถประมาณปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกได้จากข้อมูลการวัดจริง ซึ่งพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกจากคลองสังเขปเท่ากับ 3.50×10^{11} ชิ้นต่อวัน คลองบางโพรง 2.90×10^{13} ชิ้นต่อวัน ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา 3.30×10^{11} ชิ้นต่อวัน และท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอย 3.50×10^{12} ชิ้นต่อวัน

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติก (Microplastic Quantities and Fluxes)

จากการศึกษา พบว่า ไมโครพลาสติกในน้ำที่ชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลทั้ง 4 สถานี มีปริมาณอยู่ระหว่าง 10,452 ถึง 40,128 ชิ้น/ลิตร ดังภาพที่ 2 โดยท่อระบายน้ำที่หาดวอนนภา ซึ่งรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชน ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดไมโครพลาสติก โรงบำบัดน้ำเสียในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้กระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งไม่สามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้อย่างสมบูรณ์ ในทางตรงกันข้าม ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ขั้นตอนการกรองด้วยทรายสามารถกำจัดไมโครพลาสติก จากการศึกษารายงาน และคณะ (2563) ซึ่งตรวจพบการสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม

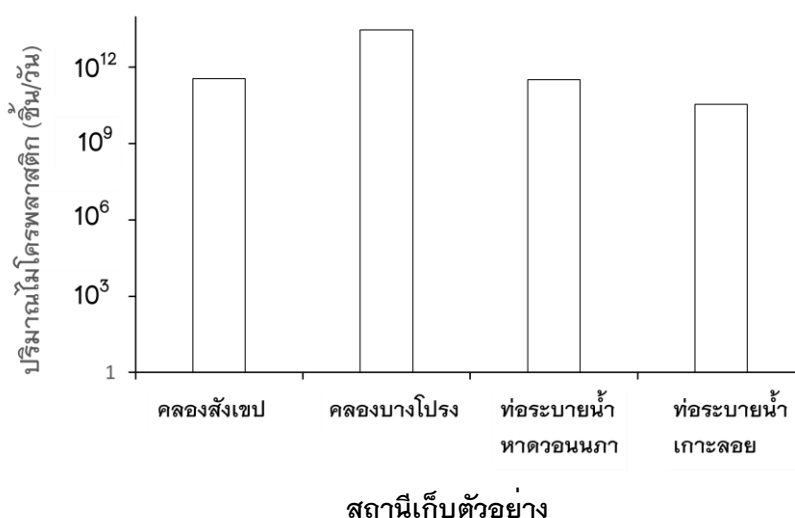
(*Saccostrea cucullata*) ที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่า หอยนางรมสามารถกรองไมโครพลาสติกได้มากกว่า 90% ของอนุภาคที่ลอยอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะในบริเวณปากคลองบางโพรงซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำเสียจากชุมชนเมือง เมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนขนาดเล็กทางภาคตะวันออกของประเทศไทย พบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกในแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีรายงานว่าปริมาณไมโครพลาสติกอยู่ในช่วงเพียง 1.60–2.55 ชิ้นต่อลิตร อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Sekudewicz, Dąbrowska & Syczewski (2021) พบว่า ปริมาณไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีโครงรับน้ำเสียจากชุมชน (แม่น้ำ Vistula ประเทศโปแลนด์) นั้น มีปริมาณไมโครพลาสติกน้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้อย่างมากมีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณน้ำในแม่น้ำ Vistula มีมากกว่า จึงเกิดการเจือจางของไมโครพลาสติก อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลโดยตรงเช่นการศึกษา



ภาพที่ 2 ปริมาณไมโครพลาสติกขนาด 1–5,000 ไมโครเมตร ในน้ำทิ้งชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี แสดงปริมาณในหน่วย “ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร (ชิ้น/ลบ.ม.)” ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งและแหล่งน้ำธรรมชาติในระดับปริมาณมาก

จากภาพที่ 3 แสดงผลการศึกษาปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกในน้ำที่ชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเล จากการศึกษาพบว่า คลองบางโพรงมีปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกสูงสุดเท่ากับ 2.90×10^{13} ชิ้น/วัน โดยคำนวณจากอัตราการไหลของน้ำและความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี อย่างไรก็ตามปริมาณไมโครพลาสติกในน้ำที่คลองบางโพรงต่ำกว่าที่ระบายน้ำที่หาดวอนนภา ซึ่งอาจเกิดจากคลองบางโพรงมีความยาวลำน้ำถึง 18 กิโลเมตร และรองรับน้ำจากทั้งกระบวนการทางอุทกวิทยาตามธรรมชาติ และน้ำที่ชุมชนจากหลายพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกสะสมลงสู่ทะเลมากขึ้น

จากการคำนวณโดยใช้สมการจาก Sekudewicz, Dąbrowska & Syczewski (2021) ซึ่งอ้างถึงการประเมินการไหลของไมโครพลาสติกจากอัตราการไหลของน้ำ (Q) และความเข้มข้นของไมโครพลาสติก (C) ในแต่ละช่วงเวลา (T) พบว่า ปริมาณการไหลเฉลี่ยของคลองบางโพรงและที่ระบายน้ำหาดวอนนภา อยู่ที่ประมาณ 2.94×10^6 และ 1.48×10^4 ลูกบาศก์เมตร/วัน ตามลำดับ โดยปริมาณการไหลของน้ำทั้งดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ช่วงปี 2562–2567 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าลำน้ำที่รองรับน้ำจากกระบวนการทางอุทกวิทยาและน้ำที่ชุมชนมีบทบาทสำคัญต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกลงสู่ทะเลอย่างมีนัยสำคัญ (ธัญญาภรณ์ และคณะ, 2563) การวิจัยดังกล่าวเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและมาตรการจัดการไมโครพลาสติก เพื่อลดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติและผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลในระยะยาว



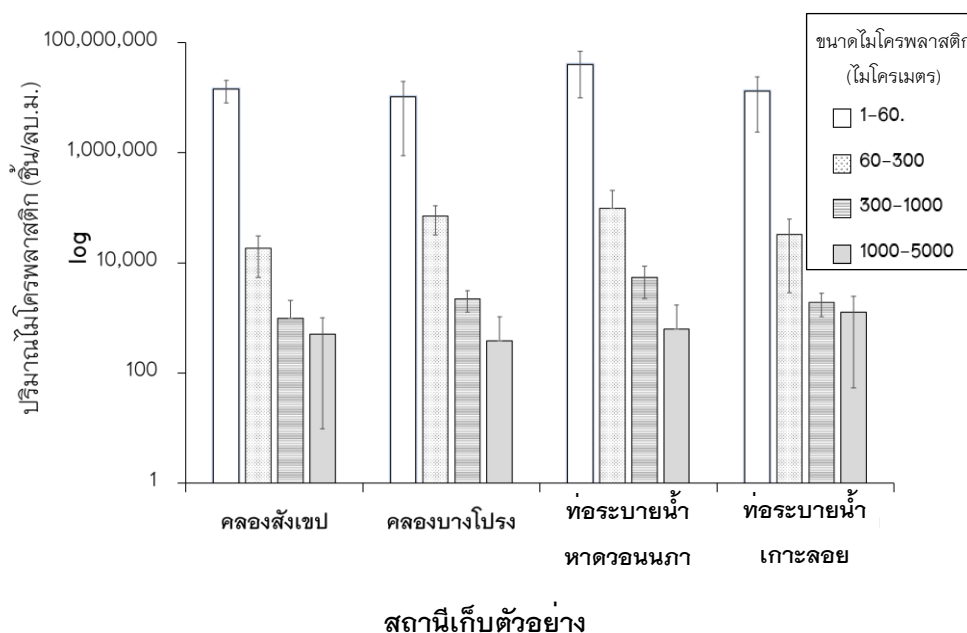
ภาพที่ 3 ปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติก 1–5,000 ไมโครเมตร ในน้ำที่ชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายในหน่วย “ชิ้นต่อวัน”

จากการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกในน้ำที่ชุมชนที่ไหลลงทะเลในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษ พบว่า คลองบางโพร้ง มีปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติก สูงที่สุด ประมาณ 1.04×10^{12} ชิ้น/วัน ซึ่งมากกว่าสถานีอื่นๆ อย่างชัดเจน สาเหตุที่คลองบางโพร้ง มีปริมาณ สูงที่สุด เนื่องจากลักษณะของลำน้ำที่ยาวและการรับน้ำจากชุมชน รวมถึงกระบวนการทางอุทกวิทยาจากหลายแหล่ง คลองสังเขป และท่อระบายน้ำเกาะลอย มีปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกในระดับต่ำกว่าคลองบางโพร้ง และท่อระบายน้ำที่หาดวอนนภา มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 2.94×10^6 และ 1.48×10^4 ลูกบาศก์เมตร/วัน ตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ โดยคลองบางโพร้งมีบทบาทสำคัญทั้งในฐานะแหล่งรับน้ำทั้งจากชุมชนและน้ำจากธรรมชาติ รวมถึงความยาวของลำน้ำที่มากถึง 18 กิโลเมตร ซึ่งเป็นปัจจัยสะสมไมโครพลาสติกก่อนเข้าสู่ทะเล

2. ขนาดและรูปร่างของไมโครพลาสติกในน้ำจากชุมชน

การศึกษานี้ได้ทำการจำแนกขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำที่จากชุมชน โดยตัวอย่างน้ำที่ปริมาตร 1 ลิตร ถูกเก็บจากระดับผิวน้ำที่ปากคลองหรือปากท่อระบายน้ำ 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโพร้ง ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา และท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอย ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม พ.ศ. 2564 รวม 11 ครั้ง โดยเก็บในช่วงน้ำลง (Low tide) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรวบรวมไมโครพลาสติก ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ถูกกรองผ่านตะแกรงและกระดาษกรองขนาดรูพรุนต่างกัน เพื่อแยกไมโครพลาสติกออกเป็น 4 ช่วงขนาด ได้แก่ 1–60 60–300 300–1,000 และ 1,000–5,000 ไมโครเมตร โดยใช้ตะแกรง ขนาด 5,000 1,000 300 60 ไมโครเมตร และกระดาษกรอง Polycarbonate ขนาด 1 ไมโครเมตร ตามลำดับ ตัวอย่างที่กรองแล้วถูกย่อยอินทรีย์วัตถุด้วยสารละลายเปอร์ออกไซด์ 30% (H_2O_2) ที่ $60^\circ C$ นาน 12 ชั่วโมง และตกตะกอนด้วยโซเดียมไอโอดายด์ (NaI) ความเข้มข้น 6 M จากนั้นวิเคราะห์ชนิดพอลิเมอร์และรูปร่างไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค FTIR โดยอ้างอิงวิธีการของ Kankanige & Babel (2020) และควบคุมความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 70% ตามแนวทางของ Sekudewicz, Dąbrowska & Syczewski (2021) ผลการศึกษาดังภาพที่ 4 เมื่อพิจารณาพบว่า ในทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างนั้น ไมโครพลาสติกขนาด 1–60 ไมโครเมตร มีสัดส่วนสูงที่สุด โดยคิดเป็นมากกว่า 99% ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ที่พบในน้ำที่ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kankanige & Babel (2020) พบว่า ไมโครพลาสติกขนาดเล็กในช่วง 6.5–50 ไมโครเมตร มีปริมาณมากกว่าขนาดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะกลุ่ม ขนาด 6.5–20 และ 20–50 ไมโครเมตร ซึ่งรวมกันคิดเป็นมากกว่า 40% ของไมโครพลาสติกทั้งหมด ตรวจพบในน้ำดื่มบรรจุขวด PET แบบใช้ครั้งเดียวในประเทศไทย สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มที่ไมโครพลาสติกขนาดเล็กมีโอกาสพบได้มากกว่าในระบบน้ำ สาเหตุที่ทำให้พบไมโครพลาสติกขนาดเล็กในน้ำที่ เป็นจำนวนมากนั้น มาจากกระบวนการแตกหักและสลายตัวของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ที่สัมผัส

กับแสง UV ขณะที่ย่อยอยู่ในน้ำ รวมถึงสภาวะภายในท่อระบายน้ำที่มีการกักตุนและมีความเป็นกรด ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายพลาสติกให้มีขนาดเล็กลง ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการทางกายภาพและเคมีในระบบน้ำทิ้งจากชุมชนมีบทบาทสำคัญในการสร้างไมโครพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ในระยะยาว โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการระบายไมโครพลาสติกลงสู่ทะเลอย่างต่อเนื่อง



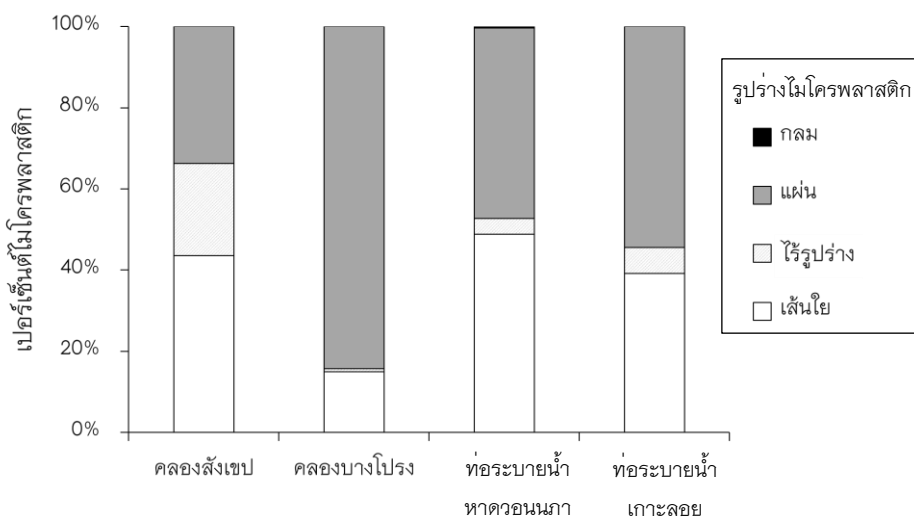
ภาพที่ 4 ปริมาณไมโครพลาสติกจำแนกตามขนาดในน้ำทิ้งชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี

จากการศึกษา พบว่า ไมโครพลาสติกขนาด 60–5,000 ไมโครเมตร สามารถจำแนกรูปร่างได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ รูปทรงเส้นใย รูปทรงแผ่น และรูปทรงที่ไม่สามารถกำหนดได้ โดยสถานที่ที่มีปริมาณไมโครพลาสติกรูปทรงเส้นใยสูงที่สุด คือ ท่อระบายน้ำทั้งหาดวอนนภา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 71.56 ± 86.94 ชิ้น/ลิตร สาเหตุสำคัญมาจากเทศบาลเมืองแสนสุข ซึ่งมีประชากรหนาแน่นประมาณ 150,000 คน (พลอยสิรินทร์, 2561)

โดยท่อระบายน้ำทั้งหาดวอนนภาเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนหลายแห่งในเขตเทศบาลเมืองแสนสุขด้านใต้ การพิจารณาสัดส่วนของรูปทรงไมโครพลาสติกในสถานที่ต่างๆ พบว่าสถานที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชนเป็นหลัก เช่น ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา มีสัดส่วนไมโครพลาสติกรูปทรงเส้นใยสูง ในขณะที่คลองบางโปรง ซึ่งรองรับน้ำหลากหลายแหล่ง รวมถึงน้ำจากธรรมชาติ มีสัดส่วนไมโครพลาสติกรูปทรงเส้นใยเพียง 10.77% ดังภาพที่ 5 แหล่งที่มาของไมโครพลาสติก

รูปร่างเส้นใยส่วนใหญ่เกิดจากน้ำทิ้งที่มีการชักล้างเสื้อผ้า (Boucher et al., 2019) ดังนั้นไมโครพลาสติก รูปร่างเส้นใยจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะการปนเปื้อนมลสารจากน้ำทิ้งชุมชนได้

สำหรับไมโครพลาสติกรูปร่างแบบแผ่น พบมากที่สุดในคลองบางโพร้ง โดยคิดเป็น สัดส่วน 88.46% ดังภาพที่ 5 สาเหตุที่พบปริมาณสูงในคลองบางโพร้ง เนื่องจากลักษณะคลองที่มีความยาวมาก ทำให้มีการสะสมขยะมูลฝอยพลาสติกเป็นเวลานาน ขณะที่คลองสังเขป พบไมโครพลาสติก รูปร่างแบบแผ่นในปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากคลองมีความยาวเพียง 2 กิโลเมตร (พรนภา, 2563) และพื้นคลองถูกตาดด้วยซีเมนต์ ส่งผลให้น้ำในคลองไหลเร็วและไม่สะสมขยะพลาสติก นอกจากนี้ การวิเคราะห์รูปร่างไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค FTIR ยืนยันว่าไมโครพลาสติกรูปร่างแบบแผ่นที่ พบเป็นพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene) และพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) ซึ่งเป็นวัสดุ ที่ใช้ผลิตถุงพลาสติกในชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังพบว่าการหลุดรอดของถุงพลาสติกเข้าสู่ระบบ บำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้พบไมโครพลาสติกรูปร่างแบบแผ่นในน้ำทิ้งจากท่อระบายน้ำ กระบวนการ ในระบบบำบัดน้ำเสียอาจเร่งให้ถุงพลาสติกเหล่านี้แตกหักเป็นไมโครพลาสติก ซึ่งผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญาภรณ์ และคณะ (2563) ที่พบว่า หอยนางรมที่เพาะเลี้ยงใน พื้นที่บริเวณปากคลองบางโพร้งและสะพานเกาะลอย จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เดียวกับการศึกษาครั้งนี้มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกขนาด 60–5,000 ไมโครเมตร มากกว่า 100 ชิ้น/กรัม น้ำหนักเปียก

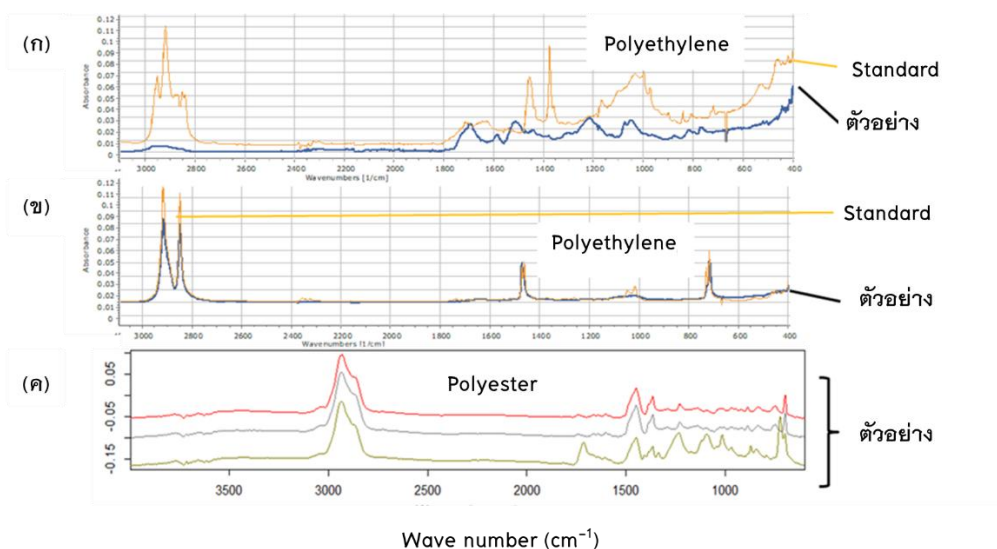


สถานีเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ 5 เปอร์เซนต์ของไมโครพลาสติกรูปร่างต่างๆ (เฉพาะขนาด 60–5,000 μm) ในน้ำทิ้งชุมชน ที่ไหลลงสู่ทะเลตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรี

3. การระบุชนิดไมโครพลาสติก โดยใช้เทคนิค FTIR

เทคนิค FTIR ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำทิ้ง โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถใช้ในการคาดคะเนแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งได้อย่างน่าเชื่อถือ (สุกฤตา และประสงค์สม, 2562) ผลการศึกษา พบว่า ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบนแผ่นถูกระบุว่าเป็นพลาสติกชนิด PE และ PP โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงมากกว่า 70% เมื่อเทียบกับพิกัดมาตรฐานของพลาสติกชนิดนั้น สำหรับไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบบเส้นใย พบว่าเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอสเตอร์ไฟเบอร์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงอยู่ที่ 40.80% ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ Aliabad, Nassiri & Kor (2019) ผลการวิเคราะห์นี้ช่วยยืนยันว่า ไมโครพลาสติกชนิดแบนในน้ำทิ้งมาจากถุงพลาสติกที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่วนไมโครพลาสติกชนิดเส้นใยมีแหล่งกำเนิดจากสิ่งทอ เช่น เสื้อผ้าที่ซักล้างในครัวเรือน น้ำทิ้งเหล่านี้จึงมีบทบาทสำคัญในการปล่อยไมโครพลาสติกเข้าสู่ระบบนิเวศทางทะเล โดยผลการศึกษาช่วยให้สามารถเชื่อมโยงแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในระบบน้ำทิ้งได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์โพลิเมอร์สำหรับไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งชุมชนที่ไหลลงสู่ทะเลตามแนวชายฝั่งจังหวัดชลบุรีด้วยเทคนิค FTIR; (ก) โพลีเอทิลีน (ข) โพลีโพรพิลีน และ (ค) เส้นใยโพลีเอสเตอร์

จากภาพการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR เพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้ง พบว่า ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างแบนและเส้นใยสามารถแยกได้เป็นชนิดพอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรพิลีน (PP) และโพลีเอสเตอร์ไฟเบอร์ (Polyester fiber) โดยการเปรียบเทียบกับกราฟพิกัด

มาตรฐาน (Standard peaks) เพื่อยืนยันโครงสร้างทางเคมีของพลาสติก ในกรณีของพอลิเอทิลีน (Polyethylene) ดังภาพที่ 6(ก) พบว่า พีคของตัวอย่างสอดคล้องกับพีคของพอลิเอทิลีนมาตรฐาน โดยมีการจับคู่ที่ชัดเจนในช่วงหมายเลขคลื่น (Wavenumber) หลัก เช่น ที่ประมาณ $1,470$ และ 720 cm^{-1} ซึ่งยืนยันได้ว่าตัวอย่างที่มีรูปร่างแบนส่วนใหญ่เป็นพอลิเอทิลีน ซึ่งเป็นพลาสติกที่มักใช้ในการผลิตถุงพลาสติก ในกรณีของพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) ดังภาพที่ 6(ข) พบว่า พีคของตัวอย่างตรงกับพีคมาตรฐานของพอลิโพรพิลีน โดยเฉพาะในช่วงหมายเลขคลื่นที่ $2,950$ และ $1,370 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งยืนยันได้ว่าตัวอย่างนี้มีโครงสร้างของพอลิโพรพิลีน ซึ่งนิยมใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลาสติกทั่วไป สำหรับโพลีเอสเตอร์ไฟเบอร์ (Polyester fiber) ดังภาพที่ 6(ค) พบว่า พีคของตัวอย่างแสดงความสอดคล้องกับพีคมาตรฐานในช่วงหมายเลขคลื่นประมาณ $1,600$ และ $1,200 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างนี้เป็นพลาสติกประเภทเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่มักมาจากเสื้อผ้าและสิ่งของที่ซักล้างในครัวเรือน การวิเคราะห์นี้ช่วยยืนยันได้ว่าไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งมีแหล่งที่มาหลักจากถุงพลาสติก (พอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน) และเสื้อผ้า (โพลีเอสเตอร์ไฟเบอร์) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการขยะพลาสติกและการบำบัดน้ำทิ้ง เพื่อลดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเล

อภิปรายผล

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์ปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งจากชุมชนเมืองที่ไหลลงสู่ทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยพิจารณาจากพื้นที่เสี่ยง 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโปรง ท่าระบายน้ำหาดวนนนภา และท่าระบายน้ำสะพานเกาะลอย ซึ่งล้วนเป็นจุดรับน้ำเสียจากเขตเทศบาล หนาแน่นไปด้วยกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ที่อยู่อาศัย ร้านอาหาร ตลาด โรงเรียน และโรงพยาบาล

ผลการศึกษา พบว่า คลองบางโปรงมีปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกสูงที่สุด เท่ากับ 2.90×10^{13} ชิ้น/วัน ซึ่งมากกว่าสถานีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นความเกี่ยวข้องระหว่างความยาวของคลอง การรับน้ำเสียหลายทาง ความลึกตื้นของลำคลอง และการไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงทะเลโดยตรง ซึ่งต่างจากสถานีอื่นที่มีระบบกรองเบื้องต้นหรือมีการควบคุมการระบายน้ำอย่างเป็นระบบ ข้อมูลจาก ัญญาภรณ์ และคณะ (2563) ซึ่งศึกษาการสะสมไมโครพลาสติกในหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) ที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งเดียวกันนี้ พบว่า หอยนางรมสามารถสะสมไมโครพลาสติกจากแหล่งน้ำโดยรอบได้มากกว่า 90% โดยเฉพาะพลาสติกชนิด Polyethylene; PE Polypropylene; PP และ Polyester ซึ่งเป็นวัสดุที่พบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ ถุงพลาสติก และเส้นใยสิ่งทอ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างระดับมลพิษในน้ำทิ้งกับการปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารทางทะเล เมื่อพิจารณา

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดเบื้องต้น จะพบว่า ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา ซึ่งผ่านระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่ทะเล มีปริมาณไมโครพลาสติกต่ำกว่าคลองบางโพร้งอย่างชัดเจน สอดคล้องกับแนวคิดของ Sekudewicz, Daubrowska & Syczewski (2021) ที่ระบุว่า ความสามารถในการลดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเสีย ความสามารถในการกรอง การตกตะกอน และปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานของระบบบำบัด

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังพบว่าแม้ในพื้นที่ที่มีระบบบำบัดแล้ว ไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (60–300 ไมครอน) ยังคงหลุดรอดได้ โดยเฉพาะพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำหรือมีลักษณะแผ่น เช่น ฟิล์มถุง ขยะบรรจุภัณฑ์ และเส้นใยจากผ้า ส่งผลให้เกิดการสะสมในพื้นที่ปลายน้ำ และไหลเข้าสู่ทะเลอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน รวมถึงนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่ครอบคลุมที่จัดการไมโครพลาสติกอย่างเป็นระบบ เช่น การแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง การจำกัดการใช้พลาสติกบางประเภท และการให้ความรู้กับประชาชนเรื่องการกำจัดขยะให้ถูกวิธี เพื่อลดและป้องกันการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกจากแหล่งต้นน้ำสู่ปลายน้ำ และลดผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งในระยะยาว

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต ดังนี้ ควรพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีขั้นตอนเพิ่มเติม เช่น การใช้เทคโนโลยีกรองด้วยเมมเบรนหรือระบบกรองด้วยทรายละเอียด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดไมโครพลาสติก ควรศึกษาการสะสมของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิต เช่น หอยสองฝาและสัตว์น้ำอื่นๆ ที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ เพื่อประเมินผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและความปลอดภัยของผู้บริโภค สำรวจแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่เชื่อมโยงกับชุมชน เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากน้ำทิ้งชุมชน และส่งเสริมการศึกษาการลดปริมาณขยะพลาสติกตั้งแต่ต้นทาง เช่น การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียว

แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายจัดการขยะพลาสติกในชุมชน รวมถึงการพัฒนา ระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อช่วยลดการปล่อยไมโครพลาสติกลงสู่ทะเล อันจะส่งผลดีต่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศทางทะเลในระยะยาว และช่วยเพิ่มความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารของมนุษย์

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ปริมาณและการเคลื่อนย้ายของไมโครพลาสติกในน้ำทิ้งจากชุมชนที่ไหลลงทะเลในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยมีการเก็บตัวอย่างจาก 4 สถานี ได้แก่ คลองสังเขป คลองบางโพร้ง ท่อระบายน้ำหาดวอนนภา และท่อระบายน้ำสะพานเกาะลอย ผลการวิจัย พบว่า คลองบางโพร้งมีปริมาณการเคลื่อนย้ายไมโครพลาสติกสูงที่สุดที่ 2.90×10^{13}

ขึ้น/วัน ซึ่งเกิดจากลักษณะของคลองที่มีความยาวและการรองรับน้ำจากหลายแหล่ง ทั้งน้ำที่จากชุมชนและกระบวนการทางอุทกวิทยาในธรรมชาติ ผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกขนาดเล็กกว่า 60 ไมโครเมตร (>99%) เป็นขนาดที่พบมากที่สุดในทุกสถานี ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการกระบวนการแตกหักและสลายตัวของพลาสติกขนาดใหญ่ผ่านการสัมผัสแสง UV และการกัดกร่อนทางเคมีในน้ำ ทั้ง นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบแผ่นและเส้นใยโดยรูปร่างแบบแผ่นมักเป็นพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) และพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในถุงพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ ขณะที่รูปร่างแบบเส้นใยส่วนใหญ่เป็นโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ซึ่งมีแหล่งที่มาจากเสื้อผ้าและสิ่งทอ แม้แต่น้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้ว เช่น ท่อระบายน้ำหาดวนองฯ ยังคงมีปริมาณไมโครพลาสติกในระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน โดยเฉพาะกระบวนการทางชีวภาพที่ไม่สามารถกำจัดไมโครพลาสติกได้อย่างสมบูรณ์ การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถจัดการไมโครพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การเพิ่มขั้นตอนการกรองด้วยเมมเบรนหรือทรายละเอียด เพื่อช่วยลดปริมาณไมโครพลาสติกที่ปล่อยลงสู่ทะเล นอกจากนี้ยังเสนอแนวทางลดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเล เช่น การส่งเสริมให้ชุมชนลดการใช้ถุงพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ครั้งเดียว รวมถึงสนับสนุนการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสะสมไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำและผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร เพื่อประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคอย่างครอบคลุม ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบายการจัดการขยะพลาสติกในชุมชน รวมถึงการพัฒนาการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชลบุรีและพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งจะช่วยลดการสะสมไมโครพลาสติกในระบบนิเวศทางทะเล และเพิ่มความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ ภาควิชาเคมี และโครงการบัณฑิตศึกษาศาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

พรนภา แซ่ลี. (2563). การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยฝาเดียวและหอยสองฝา: กรณีศึกษาบริเวณตลาดท่าเทียบเรือประมง จังหวัดชลบุรี. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- พลอยสิรินทร์ แสงมณี. (2561). การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). ชลบุรี. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปิยะพงษ์ ธารมนต์, สุหทัย ไพโรสานท์กุล, และนภาพร เลียดประถม. (2559). การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้วิมาน จังหวัดจันทบุรี. **แก่นเกษตร**, 44 (ฉบับพิเศษ 1), 738–745.
- ธัญญาภรณ์ บัวแดง, ถนอมศักดิ์ บุญภักดี, สุปราณี แก้วภิรมย์, และชุตตา บุญภักดี. (2563). การสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) ที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี. ใน **การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 52** (น.3–10). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุกฤตา ปุณยอุพัทธ์, และประสงค์สม ปุณยอุพัทธ์. (2562). ไมโครพลาสติก: จุดกำเนิด ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และวิธีการจัดการ. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม**, 15(2), 88–105.
- สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชรรักษ์, เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์, และจรงค์ ผลประเสริฐ. (2562). มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย. **วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**, 25(2), 1–10.
- Aliabad, M.K., Nassiri, M. & Kor, K. (2019). Microplastics in the surface seawaters of Chabahar Bay, Gulf of Oman (Makran Coasts), **Marine Pollution Bulletin**, 143, 125–133.
- Boonkwang, N., & Boonphakdee, T. (2022). Sources and distribution of organic matter in coastal area of Muang Chonburi District, Eastern Thailand: Using carbon and nitrogen stable isotopes. **Environment and Natural Resources Journal**, 20(4), 348–358.
- Boucher, J., & Friot, D. (2017). **Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources**. Switzerland: International Union for Conservation of Nature (IUCN).
- Boucher, J., Faure, F., Pompini, O., Plummer, Z., Wieser, O. & Alencastro, L.F. (2019). Microplastic fluxes and stocks in Lake Geneva basin. **Trends in Analytical Chemistry**, 112, 66–74.
- Kankanige, D., & Babel, S. (2020). Smaller-sized microplastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand. **Science of the Total Environment**, 717, 137232.
- Sekudewicz, L., Dąbrowska, A.M., & Syczewski, M.D. (2021). Microplastic pollution in surface water and sediments in the urban section of the Vistula River (Poland). **Science of the Total Environment**, 762, 143111.