



ชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัด
ระยอง

คณศ แฝงศรีคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล

คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา



4052049382

BUU-IThesis 61910102-thesis / recv: 03072566 12:12:53 / seq: 90



61910102_4052049382

ชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัด
ระยอง

คณะ ผังศรีคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล
คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา



4052049382

BUU-IThesis 61910102 thesis / recv: 03072566 12:12:53 / seq: 90

Type and distribution of microplastics in Blue swimming crab around Map Ta Phut Industrial
Estate, Rayong province

KANET FANGSRIKUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN MARINE TECHNOLOGY
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
BURAPHA UNIVERSITY

2023

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY



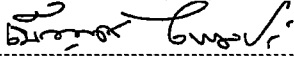
4052049382

BUU :Thesis 61910102 thesis / recv: 03072566 12:12:53 / seq: 90

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ คณะศัลยกรรมศาสตร์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

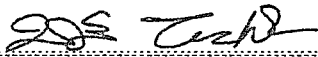
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก



(รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



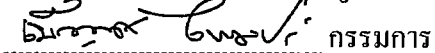
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชลิ ไพบุลย์กิจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

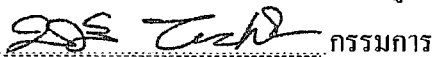


ประธาน


(ศาสตราจารย์ ดร.วรมพ วิทยากรณ์)

 กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล)

 กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชลิ ไพบุลย์กิจกุล)

 กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลฤดี สนธิ)

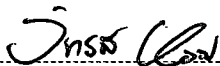


คณบดีคณะเทคโนโลยีทางทะเล

(ดร. สราวุธ ศิริวงศ์)

วันที่ ๕ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางทะเล ของมหาวิทยาลัย
บูรพา



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิวิธ แจ้งเอี่ยม)

วันที่ 6 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

61910102: สาขาวิชา: เทคโนโลยีทางทะเล; วท.ม. (เทคโนโลยีทางทะเล)

คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก, ปูม้า, FT - IR, นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด, จังหวัดระยอง
 คณศ ผ่งศรีคำ : ชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคม
 อุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. (Type and distribution of microplastics in Blue
 swimming crab around Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong province) คณะกรรมการควบคุม
 วิทยานิพนธ์: เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล, ชลธิ์ ไพบูลย์กิจกุล ปี พ.ศ. 2566.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของ
 ไมโครพลาสติกบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ระยะเวลาการศึกษา ตั้งแต่
 เดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 จำนวน 3 ครั้งซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูฝน ร้อน และหนาว
 โดยทำการเก็บตัวอย่างปูม้าห่างจากจุดน้ำลงต่ำสุด 1 กิโลเมตร และเก็บข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น
 ความเค็ม และการนำไฟฟ้าทั้งหมดจำนวน 3 สถานี คือ สถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์

จากนั้นสกัดไมโครพลาสติกจากกระเพาะอาหารและทางเดินอาหารโดยใช้สารละลาย
 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) แล้วนำสิ่งปนเปื้อนที่ได้มาส่องภายใต้ Stereo microscope
 เพื่อนับปริมาณ รูปร่าง สี และขนาด และนำไปยืนยันชนิดของไมโครพลาสติกด้วยเครื่องมือ
 Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) จากการศึกษาพบว่าชนิดและการแพร่กระจายของ
 ไมโครพลาสติก บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง มีสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในกระเพาะ
 อาหารของปูม้าเฉลี่ย 5.5 ± 2.3 ชิ้น/ตัว เมื่อนำไปยืนยันด้วยเครื่อง FT - IR พบว่าเป็น
 ไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 1.1 ± 1.0 ชิ้น/ตัว หรือคิดเป็น 21.5 เปอร์เซ็นต์ของสิ่งปนเปื้อนที่พบ ในฤดู
 ร้อนพบปริมาณของไมโครพลาสติกมากที่สุด 2.2 ± 3.2 ชิ้น/ตัว รองลงมาคือ ฤดูฝน 0.8 ± 1.7
 ชิ้น/ตัว และพบน้อยที่สุดในฤดูหนาว 0.6 ± 1.2 ชิ้น/ตัว การศึกษาในครั้งนี้พบไมโครพลาสติก
 ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ PET (56.7 %) PP (21.0 %) Other (16.9 %) และพบไมโครพลาสติกชนิด PS
 น้อยที่สุด (5.5 %) รูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมดพบ 3 ชนิด คือ fiber (90.3 %) fragment (5.8
 %) และ sphere (3.9 %) ไมโครพลาสติกขนาด 501 - 1,000 μm พบมากที่สุด 35.4 % รองลงมาคือ
 ขนาด 1- 500 μm พบ 35.0 % และ 1,001 -5,000 μm พบน้อยที่สุดคือ 29.6 % ตามลำดับ สำหรับสี
 ของไมโครพลาสติกพบทั้งหมด 6 สี ได้แก่ ดำ (33.3 %) น้ำเงิน (23.8 %) น้ำตาล (19.0 %)
 แดง (14.3 %) เขียว (4.8 %) และขาว (4.8 %) ตามลำดับ

61910102: MAJOR: MARINE TECHNOLOGY; M.Sc. (MARINE TECHNOLOGY)
 KEYWORDS: Microplastics, Blue swimming crab, FT - IR, Map Ta Phut Industrial Estate,
 Rayong Province

KANET FANGSRIKUM : TYPE AND DISTRIBUTION OF
 MICROPLASTICS IN BLUE SWIMMING CRAB AROUND MAP TA PHUT INDUSTRIAL
 ESTATE, RAYONG PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: BENJAMAS
 PAIBULKICHAKUL, Ph.D., CHALEE PAIBULKICHAKUL, Ph.D. 2023.

The purpose of this study was to investigate the types and distribution of microplastics around Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong Province. The data was collected in the period from October 2019 to April 2020 by dividing into 3 times for representing the rainy, summer, and winter seasons. Blue swimming crab samples were collected within a kilometer away from the lowest tide and the environmental factors data such as salinity and electricity conductivity at 3 stations including Nong Fab, Ta Kuan, and Saeng Chan were recorded.

Microplastics were extracted from the stomach and gastrointestinal tract of the Blue swimming crab using a 30% hydrogen peroxide (H_2O_2) solution. The obtained contaminants were then observed under a stereo microscope to analyze and record the microplastic's quantity, shape, color, and size. Moreover, Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR) analysis was used to confirm and identify the type of microplastics. From the results of this study, the types and distribution of microplastics around Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong province were reported. The contaminants in the stomach of Blue swimming crabs were averaged 5.5 ± 2.3 pieces/individual. The average microplastic was 1.1 ± 1.0 pieces/individual or 21.5 percentage of contaminants was confirmed by FT-IR. The highest abundance of microplastics was found in the summer as 2.2 ± 3.2 pieces/individual, followed by in the rainy season as 0.8 ± 1.7 pieces/individual, and the lowest in winter as 0.6 ± 1.2 pieces/individual. Four types of microplastics including PET (56.7%), PP (21.0%), Other (16.9%), and PS (5.5%) were found. The abundances of microplastics in shape were fiber (90.3%), fragment (5.8%) and sphere (3.9%). The highest size of microplastics were 501 - 1,000 μm (35.4%), followed by 1- 500 μm (35.0%), and the lowest size 1,001 -5,000 μm (29.6%). The microplastics were found in a variety

of color with black (33.3%), blue (23.8%), brown (19.0%), red (14.3%), green (4.8%), and white (4.8%), respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เบ็ญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล ที่คอยให้คำปรึกษาในทางวิชาการต่าง ๆ และแนวทางในการดำเนินชีวิตที่หลากหลายทำให้พัฒนาตนเองได้มากขึ้น

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. ชลิต ไพบุลย์กิจกุล ที่แนะนำแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และสั่งสอนความรู้ทางด้านวิชาการให้ดียิ่งขึ้น

ขอบคุณกรรมการสอบ ศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยะกาญจน์ ที่ให้คำแนะนำทางวิชาการเพื่อปรับแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นประธานในการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอบคุณ ดร.วิชญา กันบัว ที่แนะนำแนวทาง และปรับโครงสร้างวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มลฤดี สนิธิ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ และแนะนำแนวทางปรับแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้โอกาส อบรมสั่งสอนความรู้ทางวิชาการต่าง ๆ อีกทั้งยังให้ประสบการณ์ที่มีประโยชน์ รวมทั้งเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ คณะเทคโนโลยีทางทะเลที่ให้คำปรึกษาคอยช่วยเหลือเรื่องการเรียนรู้

ขอขอบคุณพี่ ๆ นักวิทยาศาสตร์ พนักงานภายในมหาวิทยาลัยทุกท่านที่คอยช่วยเหลือให้การสนับสนุนในเรื่องการเรียนระหว่างทำการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา

ความสำเร็จนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้เลยถ้าผู้วิจัยขาดความรักความเข้าใจจากคุณพ่อ คุณแม่ รวมถึงสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่คอยอบรมสั่งสอน สนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนจาก โครงการ ขยะไม่โครพลาสติก: การสะสมและรูปแบบการแพร่กระจายในสัตว์น้ำเศรษฐกิจบริเวณมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2562 ผ่านทาง รองศาสตราจารย์ ดร. เบ็ญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร. ชลิต ไพบุลย์กิจกุล

คณะ ผ่างศรีคำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	๗
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	๗
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 จังหวัดระยอง.....	5
2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต.....	5
2.1.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์	6
2.1.3 ลักษณะทางภูมิอากาศ.....	6
2.1.4 ฤดูกาล	6
2.2 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	7
2.3 พลาสติก	8
2.4 ไมโครพลาสติก (Microplastics).....	13
2.5 การดูดซับสารพิษของไมโครพลาสติก	14
2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสะสมพลาสติกในสิ่งมีชีวิต	16
2.6.1 ขนาด	16



2.6.2	ชนิดและความหนาแน่น	17
2.6.3	ปริมาณ	17
2.6.4	สี	18
2.6.5	ลักษณะของไมโครพลาสติก	18
2.7	เส้นทางของไมโครพลาสติกที่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม	20
2.8	การปนเปื้อนไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล	21
2.9	ปูม้า (Blue swimming crab)	22
2.9.1	ชื่อวิทยาศาสตร์	22
2.9.2	การสังเกตเพศของปูม้า	23
2.9.3	การกระจายและที่อยู่อาศัย	23
2.9.4	วงจรชีวิตของปูม้า (Life cycle)	23
2.10	การได้รับและผลกระทบของไมโครพลาสติกในปู	24
2.11	การจำแนกไมโครพลาสติก	25
2.11.1	FT-IR Spectrometer	25
2.11.2	Raman spectroscopy	26
2.12	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)	27
2.13	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	33
3.1	สถานที่ทำการศึกษา	33
3.2	ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง	34
3.3	วิธีการศึกษาไมโครพลาสติกในปูม้า	34
3.3.1	วัสดุและอุปกรณ์	34
3.3.2	สารเคมี	35
3.3.3	การเก็บตัวอย่างปูม้า	35



4052049382

BUU-IThesis 61910102 thesis / recv : 03072566 12:12:53 / seq : 90

3.3.4 การสกัดตัวอย่างไมโครพลาสติกในปุ๋ยหมัก.....	35
3.3.5 การจำแนกไมโครพลาสติกด้วยกล้อง Stereo microscope	36
3.3.6 การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกโดย FT-IR spectrometer	36
3.4 การวิเคราะห์ตะกอนดิน	37
3.4.1 การหาขนาดอนุภาคของตะกอนดินด้วยวิธี Hydrometer method	37
3.4.2 การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ด้วยวิธีการเผา (Ignition loss method)	38
3.5 การเก็บปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเลบางประการ.....	39
3.6 การวิเคราะห์ผล.....	40
3.6.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณไมโครพลาสติก	40
3.6.2 วิเคราะห์สัมพันธระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกตามสถานีและฤดูกาลด้วยวิธี Principal Component Analysis	40
บทที่ 4 ผลการวิจัย	41
4.1 ขนาดของตัวอย่างปุ๋ยหมักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.....	41
4.2 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่พบในกระเพาะของปูม้า.....	41
4.3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า.....	42
4.4 สัดส่วนร้อยละของปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติก.....	43
4.5 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า.....	45
4.6 รูปร่างของไมโครพลาสติก	46
4.7 ขนาดของไมโครพลาสติก	48
4.8 สีของไมโครพลาสติก	49
4.9 ผลการวิเคราะห์ตะกอนดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	51
4.9.1 อินทรีย์วัตถุในดิน	51
4.9.2 ตะกอนดิน	52
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม	53

4.10.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	53
4.10.2 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี	54
4.10.3 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกในแต่ละฤดูกาล	55
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล	57
5.1 อภิปรายผล	57
5.1.1 ขนาดของตัวอย่างปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	57
5.1.2 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า	57
5.1.3 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะปูม้า	59
5.1.4 รูปร่างของไมโครพลาสติก	62
5.1.5 ความยาวของไมโครพลาสติก	64
5.1.6 สีของไมโครพลาสติก	66
5.1.7 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ทำการศึกษา	68
5.1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี	70
5.1.9 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละฤดูกาล	71
5.2 สรุปผลการทดลอง	72
บรรณานุกรม	73
ประวัติย่อของผู้วิจัย	81



4052049382

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณสมบัติในการจมหรือลอยของพอลิเมอร์แต่ละชนิดเมื่อเทียบกับความหนาแน่นของน้ำทะเล.....12

ตารางที่ 2 สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับพลาสติก.....15

ตารางที่ 3 การจำแนกขนาดของไมโครพลาสติก.....16

ตารางที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสำหรับอนุภาคพลาสติกทางทะเลและวัตถุพลาสติกขนาดใหญ่.....19

ตารางที่ 5 การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตทางทะเล.....21

ตารางที่ 6 สถานที่ทำการศึกษา.....33

ตารางที่ 7 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง.....34

ตารางที่ 8 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเลบางประการ39

ตารางที่ 9 ความยาว ความกว้างของปูม้าในแต่ละสถานีที่ทำการศึกษา41

ตารางที่ 10 ปริมาณของสิ่งปนเปื้อนที่พบในกระเพาะของปูม้าแต่ละสถานีและฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง42

ตารางที่ 11 ปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะอาหารของปูม้า (ชิ้น/ตัว) แต่ละสถานีและฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.....43

ตารางที่ 12 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะอาหารของปูม้าในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด44

ตารางที่ 13 การประเมินขนาดของดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.....53

ตารางที่ 14 ความกว้าง ยาว และน้ำหนักของปูม้าเมื่อเทียบกับปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบ ...57

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ ดินตะกอน และเครื่องมือที่ใช้ยืนยันไมโครพลาสติก58

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบสิ่งปนเปื้อน และปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างเมื่อขึ้นชั้นด้วย FT-IR.....59

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบชนิดของไมโครพลาสติกในส้วม น้ำ ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ขึ้นชั้น ไมโครพลาสติก60

ตารางที่ 18 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบและการนำไปใช้61

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบรูปร่างของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ขึ้นชั้น ไมโครพลาสติก63

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความยาวของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ขึ้นชั้น ไมโครพลาสติก65

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบสีของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ขึ้นชั้น ไมโครพลาสติก67

ตารางที่ 22 การประเมินอินทรีย์วัตถุในดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง69

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดระยอง.....	5
ภาพที่ 2 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	7
ภาพที่ 3 ภาพสัญลักษณ์ของ recycle plastics	8
ภาพที่ 4 แผนผังขนาดของพลาสติกเทียบกับสิ่งมีชีวิตในทะเล	17
ภาพที่ 5 เส้นทางของไมโครพลาสติกที่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม.....	20
ภาพที่ 6 ลักษณะของปุ๋ยหมัก	22
ภาพที่ 7 วงจรชีวิตและระยะของปุ๋ยหมัก	24
ภาพที่ 8 ค่า Spectra ของพลาสติกที่ได้จากเครื่อง FT-IR Spectrometer	26
ภาพที่ 9 สถานีเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมัก และปัจจัยสิ่งแวดล้อม.....	33
ภาพที่ 10 ขั้นตอนการสกัดไมโครพลาสติกออกจากปุ๋ยหมัก	36
ภาพที่ 11 สัดส่วนร้อยละของปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติก.....	44
ภาพที่ 12 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล.....	45
ภาพที่ 13 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในปุ๋ยหมักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	46
ภาพที่ 14 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล.....	47
ภาพที่ 15 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในปุ๋ยหมักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	47
ภาพที่ 16 ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล.....	48
ภาพที่ 17 ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในปุ๋ยหมักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	49
ภาพที่ 18 สีของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล.....	50
ภาพที่ 19 สีของไมโครพลาสติกที่พบในปุ๋ยหมักบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	51
ภาพที่ 20 อินทรีย์วัตถุในดินตามสถานีบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	51
ภาพที่ 21 อินทรีย์วัตถุในดินตามฤดูกาลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	52

ภาพที่ 22 ค่าความเค็มบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด53

ภาพที่ 23 ค่าความนำไฟฟ้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด54

ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกตามสถานี55

ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณ ไมโครพลาสติกตามฤดูกาล.....56

ภาพที่ 26 ชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล62

ภาพที่ 27 รูปร่างของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล64

ภาพที่ 28 ขนาดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล.....66

ภาพที่ 29 สีของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล68



4052049382

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาทั่วโลกกำลังเผชิญปัญหาขยะพลาสติกที่สะสมและเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งปัญหานี้เกิดจากพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนและการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมี เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีต้นทุนในการผลิตต่ำ จึงเป็นวัสดุที่นิยมนำมาผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมไปถึงการนำไปสร้างผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน และเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์เป็นจำนวนมาก ทำให้มีการตั้งถิ่นฐานและการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว มีความต้องการในการใช้พลาสติกเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้พลาสติกกระจายไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ขยะพลาสติกจึงส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศทั้งทางบกและทางน้ำอย่างมากมาย (Barnes et al., 2009)

เมื่อพลาสติกเหล่านี้มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางปะปนอยู่ทุกพื้นที่บนโลก ไม่ว่าจะเป็นแผ่นดิน แหล่งน้ำจืด แม่น้ำ ลำคลองต่าง ๆ ตลอดจนชายฝั่งทะเล พื้นที่เกาะ รวมทั้งในมหาสมุทร (Barnes, 2009) จากงานสำรวจชายฝั่งทะเลทั่วโลกนั้นพบว่ามีขยะสูงถึง 275 ล้านตัน ด้วยเหตุนี้ทำให้ในแต่ละปีนั้นขยะพลาสติกจะไหลลงสู่ทะเลมากถึงปีละ 4.8 -12.7 ล้านตัน ซึ่งขยะที่พบบริเวณชายฝั่งนั้นเป็นประเภทพลาสติกถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Jambeck et al., 2015)

พลาสติกที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมนั้นมีทั้งพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ (Megaplastics) มีขนาดตั้งแต่ 1 เมตรขึ้นไป จนถึงพลาสติกขนาดเล็กมากหรือที่เรียกว่าไมโครพลาสติก (Microplastics) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ที่มักจะเกิดจากการแตกตัวของพลาสติกขนาดใหญ่ และพลาสติกตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ไมโครบีด (Microbeads) ซึ่งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เครื่องสำอาง รวมไปถึงพลาสติกที่เกิดจากการแตกตัวมาจากเสื้อผ้าและสิ่งทอ (GESAMP, 2016) พลาสติกขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรนั้นมีพื้นผิวมาก สามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหารและมีความเป็นพิษ (Persistent bio-accumulative and toxic substances: PBTs) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ซึ่งเป็นอนุภาคที่สามารถดูดซับสารพิษที่อยู่ในแหล่งน้ำ รวมถึงโลหะที่เป็นของเหลว สารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ สารอินทรีย์ที่มีการตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants : POPs) และไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น Polychlorinated Biphenyls (PCBs)



ไมโครพลาสติกจะมีน้ำหนักเบา เล็ก และลอยน้ำได้จะกระจายตัวไปในแหล่งน้ำ ทะเลและเกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ทำให้ปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารจากกินอาหารของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์ที่ได้รับสารพิษที่ติดมากับไมโครพลาสติกเข้าไป (Cole et al., 2011) จากการศึกษาการแพร่กระจายของไมโครพลาสติก พบว่ามีการแพร่กระจายไปได้ในทุกพื้นที่ ทุกระบบนิเวศ ไม่ว่าจะเป็นในทะเลสาบ (Eriksen et al., 2013) บริเวณชายหาด (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน, 2557) และสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลในทะเลลึกหลายกิโลเมตร (Cauwenberghe et al., 2013)

ไมโครพลาสติกที่พบทั่วไปมีการปนเปื้อนมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น เม็ดพลาสติกที่หลุดรอดมาจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน แม่น้ำ ผลิตภัณฑ์ในการขัดทำความสะอาด และผลิตภัณฑ์จากเครื่องสำอาง (Eerkes-Medrano et al., 2015) ในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีการใช้พลาสติกเป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิต โดยอุตสาหกรรมพลาสติกของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เนื่องจากพลาสติกถูกใช้เป็นวัสดุแทนวัสดุจากธรรมชาติ ทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางครอบคลุมทุกอุตสาหกรรมและแพร่ไปสู่ผู้บริโภคโดยตรง (สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ และคณะ, 2562) ซึ่งทำให้พบไมโครพลาสติกได้ทั้งบนผิวน้ำ กลางน้ำ ในตะกอนดิน และในสัตว์น้ำ

ประเทศไทยมีการศึกษาไมโครพลาสติกน้อยมาก โดยเฉพาะการศึกษาไมโครพลาสติกในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเล อย่างเช่นนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง สร้างขึ้นมากกว่า 30 ปีมาแล้ว โดยที่โรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมเป็นโรงงานฝ่ายผลิต เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี กลั่นน้ำมัน เคมีภัณฑ์และของเหลว เหล็ก ไฟฟ้า และเงิน ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจในประเทศไทย (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด, ม.ป.ป.)

อีกทั้งพื้นที่นี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีการทำประมงพื้นบ้านมาอย่างยาวนาน มีการจับสัตว์น้ำขึ้นมาจำหน่ายหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ล้วนแต่เป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็น กุ้ง หอย ปลา และที่สำคัญคือปูม้า ปูม้านั้นมีแหล่งที่อยู่อาศัยตามพื้นที่ท้องน้ำทะเลที่เป็นทราย โคลน แหล่งหญ้าทะเล และสาหร่าย เป็นทั้งผู้ล่าและนักกินซาก เช่น หอยสองฝา สัตว์ในกลุ่ม ครัสเตเชียน ไส้เดือนทะเล หนอนทะเล และดาวประาะ รวมไปถึงหญ้าทะเลและสาหร่าย Kangas (2000) จากพฤติกรรมการอยู่อาศัยและการกินอาหารเช่นนี้ ส่งผลให้ปูม้ามีความเสี่ยงที่จะได้รับไมโครพลาสติกปนเปื้อนเข้าสู่ตัวของปูม้า และที่สำคัญคือคุณค่าทางด้านโภชนาการของปูม้าประกอบไปด้วยแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน อีกทั้งยังเป็นแหล่งสารอาหารอื่น ๆ อีกมากมาย ทำให้ปูม้านั้นที่สัตว์น้ำที่มนุษย์นิยม

นำมาบริโภค ส่งผลให้ห้มนุษย์มีความเสี่ยงที่จะได้รับไมโครพลาสติกที่อาจมีสาร POPs เข้าสู่ร่างกายเช่นกัน

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานั้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เพื่อให้เข้าใจถึงสถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการขยะพลาสติกในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในปูม้าในแต่ละสถานี บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
2. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในปูม้าในแต่ละฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในปูม้าในแต่ละสถานีตามฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในปูม้าในแต่ละสถานีและฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
3. ทราบถึงแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกเพื่อที่จะจัดการลดที่มาของพลาสติกที่เป็นตัวต้นเหตุในการเกิดไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้ และยังสร้างความมั่นใจในการบริโภคอาหารทะเลได้อย่างปลอดภัย

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาการปนเปื้อนไมโครพลาสติกบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ทำการเก็บตัวอย่างปูม้า และปัจจัยสิ่งแวดล้อมจำนวน 3 บริเวณ ในช่วงฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนทั้งหมด 3 ครั้ง ในช่วงเดือน ตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 แล้วนำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณไมโครพลาสติก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ ANOVA เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกในปูม้า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรม R วิเคราะห์การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกจากปริมาณของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี



4052049382

BUU-1Thesis 61910102 thesis / recv: 03072566 12:12:53 / seq: 90

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จังหวัดระยอง

2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

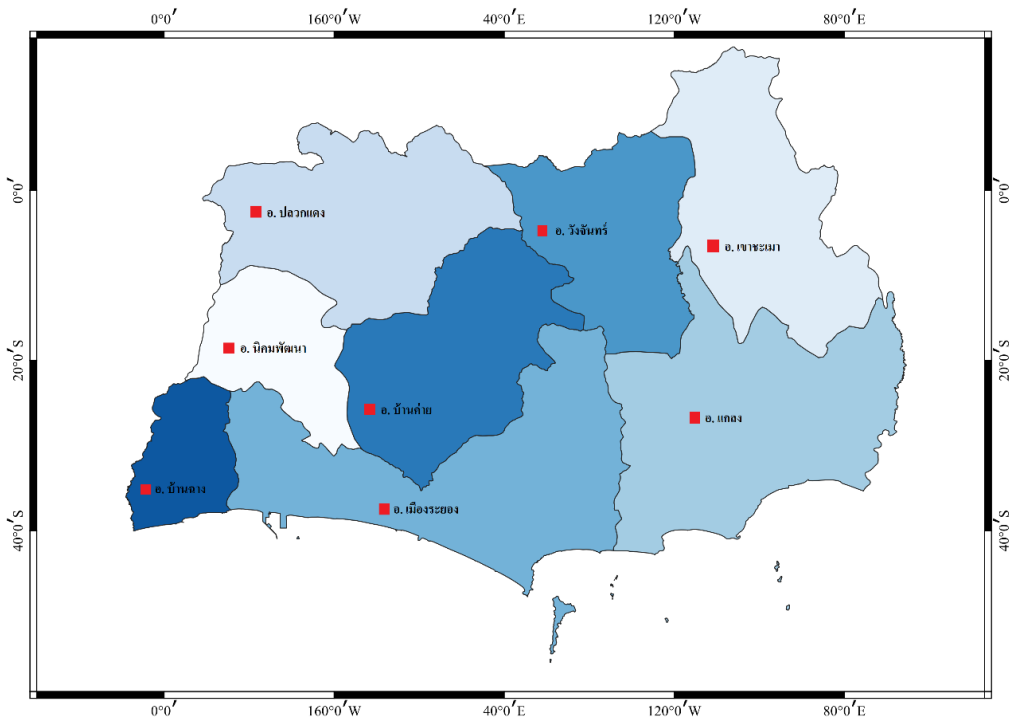
จังหวัดระยองตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย พื้นที่ประมาณ 2,220,000 ไร่ หรือ 3,552 ตารางกิโลเมตร มีชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 100 กิโลเมตร ระหว่าง $12^{\circ} 37'$ เหนือ ลองจิจูด $101^{\circ} 20'$ ตะวันออก ห่างจากกรุงเทพมหานครตามเส้นทางรถยนต์ประมาณ 179 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับบริเวณใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ เขตอำเภอหนองใหญ่ อำเภอปอทอง และอำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี

ทิศใต้ ดินชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย

ทิศตะวันออก เขตอำเภอนายายอาม และอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี

ทิศตะวันตก เขตอำเภอสัตหีบ และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอู่ศูนย์มวิทยา (2565))



ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดระยอง

ที่มา : <https://www.google.co.th/maps>



2.1.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

จังหวัดระยองเป็นราบชายฝั่งที่เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณแอ่งลุ่มน้ำระยอง พื้นที่ทางด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับเนินเขาและภูเขาลาดลงสู่อ่าวไทยทางทิศใต้ ที่มีลักษณะเป็นลอนลูกคลื่นสูงต่ำสลับกันไปรวมกับพื้นที่ทิวเขา 2 แนว คือ ทิวเขาชะเมาทางทิศตะวันออก และทิวเขาที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของตัวจังหวัด เป็นแนวยาวจากอำเภอเมืองขึ้นไปทางเหนือจนสุดเขตจังหวัด มีแม่น้ำสายสำคัญ ได้แก่ แม่น้ำระยอง มีความยาวประมาณ 50 กิโลเมตร ไหลผ่านพื้นที่อำเภอปลวกแดง อำเภอบ้านค่าย และอำเภอเมือง โดยจะไหลลงสู่ทะเลที่ตำบลปากน้ำ อำเภอเมืองระยอง และแม่น้ำประแส ที่มีต้นกำเนิดมาจากทิวเขาในจังหวัดจันทบุรีมีความยาวประมาณ 26 กิโลเมตร

2.1.3 ลักษณะทางภูมิอากาศ

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดที่ได้รับอิทธิพลของมรสุมที่พัดปกคลุมประเทศไทย คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมตั้งแต่ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมตั้งแต่ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน

2.1.4 ฤดูกาล

ฤดูหนาว เป็นช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมและสิ้นสุดประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ มีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่มีมีคุณสมบัติเย็นและแห้งมาปกคลุมประเทศไทย ช่วงนี้อุณหภูมิในพื้นที่ของจังหวัดระยองไม่ลดลงมากเพราะเขตนี้อยู่ในช่วงปลายมรสุม ทำให้ชายฝั่งทะเลจังหวัดระยองไม่หนาวเย็นมาก

ฤดูร้อน เป็นช่วงที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสิ้นสุดลง เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์และสิ้นสุดประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เป็นระยะนี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้และลมเหนือจากทะเลใน ตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้มีกำลังลมแรงมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ชายฝั่งทะเลในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายนจึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่ายถึงตอนเย็น

ฤดูฝน เป็นช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ความชื้นจากทะเลอันดามันพัดผ่านอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ส่งผลให้อากาศชุ่มชื้นและเกิดฝนตก ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา (2565)

2.2 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ตั้งอยู่ที่ ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง สร้างขึ้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2532 ได้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่ 9,845 ไร่ (ภาพที่ 2) และมีหน้าที่ในการจัดสรรที่ดินพร้อมทั้งระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ รวมทั้งอำนวยความสะดวกให้กับโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เช่น ท่าเทียบเรือ น้ำ ระบบถนน ระบบขนส่งทางรถไฟ ระบบโทรคมนาคม ระบบส่งน้ำ ไฟฟ้า และอื่น ๆ โดยที่โรงงานภายในนิคมอุตสาหกรรมเป็นโรงงานฝ่ายผลิต เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี กลั่นน้ำมัน เคมีภัณฑ์และของเหลว เหล็ก ไฟฟ้า และเงิน ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ และเศรษฐกิจในไทย (สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

ที่มา : <https://www.google.co.th/maps>

ลักษณะกระแสน้ำและดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งใกล้นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบว่าองค์ประกอบหลักของดินตะกอนบริเวณนี้เป็นทรายหยาบมากและทรายหยาบปานกลาง ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำขึ้นอยู่กับน้ำขึ้นน้ำลงและลมเป็นหลัก มีลักษณะของ

น้ำขึ้นน้ำลงแบบประสม ในระดับน้ำลึก 2 เมตรจากผิวน้ำส่วนใหญ่จะมีทิศทางการไหลไปทางทิศใต้ (ชนกพร คำพระ และคณะ, 2561)

2.3 พลาสติก

พลาสติก คือ Synthetic Organic Polymers ซึ่งได้มาจากกระบวนการ Polymerization of Monomers Extracted ของ น้ำมันและแก๊ส พลาสติกถูกพัฒนาขึ้นในปี 1940 ให้มีราคาถูกลง น้ำหนักเบา ลื่น ทนทานต่อการกัดกร่อน ทำให้พลาสติกถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในปี 1940 การผลิตพลาสติกเป็นจำนวนมากทำให้พลาสติกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 250 ล้านตันทั่วโลกในปี 2009 (Cole et al., 2011) อโนดาญ์ รัชเวทย (2552) ได้แบ่งพลาสติกเป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปซ้ำใหม่ได้ ที่เรียกว่าพลาสติกแปรใช้ใหม่ (Recycle plastics) มีสัญลักษณ์ที่แสดงในภาพที่ 3 เทอร์โมพลาสติกที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น

Plastic packaging is made from seven different types and some are recycled more often than others



BBC

ภาพที่ 3 ภาพสัญลักษณ์ของ recycle plastics

ที่มา : Stephenson (2018)

2.3.1.1 พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต เป็นพอลิเอสเทอร์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะแข็ง ไม่มีสี และมีความเป็นผลึก สูง มีค่า T_g ประมาณ $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ T_m ประมาณ $265\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.3 PET มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี PET ใช้ในการทำชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงในเครื่องจักร และเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน PET มีความโปร่งใส สามารถกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี จึงนิยมใช้ทำขวดบรรจุขวดน้ำอัดลม น้ำมันพืช และขวดบรรจุของเหลวต่าง ๆ

2.3.1.2 พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามช่วงความถ่วงจำเพาะคือ

- 1) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) มีค่าความถ่วงจำเพาะในช่วง 0.910-0.925
- 2) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density polyethylene, MDPE) มีค่าความถ่วงจำเพาะในช่วง 0.926 - 0.940
- 3) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) มีค่าความถ่วงจำเพาะในช่วง 0.941 - 0.965

พอลิเอทิลีนที่มีการผลิตและใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ LDPE และ HDPE โดย LDPE นิยมใช้กันมากในรูปฟิล์มพลาสติก เนื่องจากสมบัติที่เหนียวยืดหยุ่นและใส และการที่ LDPE มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงมักใช้เป็นฟิล์มด้านในของภาชนะบรรจุที่ต้องมีการผนึกด้วยความร้อน จึงใช้ทำถุงบรรจุ ขนมอบ่ง อาหารแช่แข็ง ถุงพลาสติกชนิดถุงเย็น หลอดกาแฟ และของเล่น เป็นต้น ส่วน HDPE มีความแข็งแรงมากกว่า มีลักษณะโปร่งแสงหรือขุ่น นิยมใช้ทำขวดน้ำ ท่อพลาสติก ถังน้ำมันเครื่อง ตะกร้า ถุงขยะสีดำ และถุงพลาสติกชนิดร้อน เป็นต้น

2.3.1.3 พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC) เป็นพอลิเมอร์ที่แข็ง เปราะ ไม่มีสี มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.4 มีค่า T_g ประมาณ $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ และค่า T_m ประมาณ $212\text{ }^{\circ}\text{C}$ ไม่ติดไฟ ทนต่อสารเคมี PVC มีสมบัติแข็งแต่เปราะ และสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อนหรือแสงแดด เมื่อนำ PVC ไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีการเติมสารอื่น ๆ ลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติบางอย่าง สารที่เติมลงไปนี้เรียกว่าสารเติมแต่ง (Additive agents) เช่น พลาสติกไซเซเซอร์ (Plasticizers) เพื่อให้ PVC มีความนิ่มขึ้น แอนติออกซิแดนต์ (Antioxidants) และสารคงสภาพต่อแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultra violet light stabilizers) เพื่อให้ต้านทานต่อการสลายตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและจากแสงอัลตราไวโอเล็ต PVC นิยมใช้ทำเป็นท่อน้ำ ข้อต่อท่อ กรอบประตู-หน้าต่าง ผนังเทียม สายยาง เบาะรถยนต์ เสื่อกันฝน ฉนวนหุ้ม สายไฟ ขวดพลาสติก

2.3.1.4 พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นพอลิเมอร์ที่มีลักษณะแข็งแรงเหนียวทนต่อสารเคมีน้ำมันและความร้อน มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.905 มีค่า T_g ประมาณ -20°C มีค่า T_m ประมาณ 170°C จึงสามารถใช้งานได้ถึง 140°C ทนต่อกรดและเบสดี แต่ PP ก็ทนต่อความร้อน แสง และตัวออกซิไดซ์ได้น้อยกว่า PE นิยมใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ตู้วิทยุ หรือ โทรทัศน์ อุปกรณ์ เครื่องใช้ภายในบ้านและขวดใส่เครื่องปรุงอาหาร เป็นต้น

2.3.1.5 พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) จะมีลักษณะแข็งใส เปราะและแตกหักง่ายทนต่อแรงกระแทกได้ต่ำ PS มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.05 และมีค่า T_g ประมาณ 100°C มีค่า T_m ประมาณ 240°C การเติมสารเติมแต่งบางชนิดลงไปทำให้ PS สามารถนำไปใช้ทำชิ้นส่วนตู้เย็น ชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ไม้บรรทัดพลาสติก คัมปากกา ลูกกลิ้ง ถัง และขวดพลาสติก เป็นต้น

2.3.1.6 พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Poly (methyl methacrylate), PMMA) เป็นพอลิเมอร์ที่มีลักษณะโปร่งใสเหมือนแก้ว มีความเหนียวและแข็งแรงทนทานมาก มีค่า T_g ประมาณ 105°C และมีค่า T_m สูงกว่า 200°C มีความถ่วงจำเพาะ 1.19 ใช้ทำส่วนประกอบรถยนต์ เช่น พลาสติกหุ้มไฟท้าย ไฟหน้า ไฟเลี้ยว และหน้าปัดเข็มต่าง ๆ ในรถยนต์ ใช้ทำเลนส์ ไซมโพล หน้าต่างเครื่องบิน หน้าปัดนาฬิกา ป้ายร้านค้า และป้ายโฆษณา เป็นต้น

2.3.1.7 พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC) มีลักษณะแข็งมาก โปร่งใส มีค่า T_g ประมาณ 145°C และ T_m ประมาณ 250°C มีความถ่วงจำเพาะ 1.20 เป็นพอลิเมอร์ที่มีราคาค่อนข้างแพง จึงมีการใช้งานจำกัด ได้แก่ ใช้แทน PMMA เมื่อต้องการใช้งานที่อุณหภูมิสูงๆ ใช้ในอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ทำชิ้นส่วนของแบตเตอรี่ ฝาครอบฟิวส์ไฟฟ้า ทำกระจก หน้าหมวกนักบินอวกาศ และขวดนมเด็กเล็ก เป็นต้น

2.3.1.8 โคพอลิเมอร์อะคริโลไนไตรล์-บิวตะไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene Copolymer, ABS) มีสมบัติทนแรงกระแทกได้ดี และอ่อนตัวสูง เป็นพอลิเมอร์ที่มีความทึบแสง มีความเหนียวและแข็ง จึงใช้ทำตัวถังรถ พวงมาลัยรถ ชิ้นส่วนตู้เย็น โครงพัดลม หมวกกันน็อก และสวิทช์ไฟฟ้า เป็นต้น

2.3.2 เทอร์โมเซตติง (thermosetting) เป็นพลาสติกที่ไม่สามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้เนื่องจากมีโครงสร้างแบบเชื่อมไขว้หรือร่างแหเทอร์โมเซตติงที่ไ้กันมาก เช่น

2.3.2.1 ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde, PF) มีลักษณะแข็งมากไม่ยืดหยุ่น ไม่หลอมและไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ ทั้งสิ้น มีความถ่วงจำเพาะ 1.25-1.55 ทนแรงอัดได้ดีมาก ทนแรงบิดงอได้น้อย ทนความร้อนได้ถึง 200°C จึงนิยมใช้ทำด้ามจับมือ หูหม้อ กระตะ และ ถาดบรรจุสารเคมี เป็นต้น

2.3.2.2 เมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine-formaldehyde, MF) เป็นเทอร์โมเซตติงที่ทนความร้อนได้สูงถึง 110°C มีความ แข็งแกร่งมาก ด้านทานการขีดข่วนได้ดี มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.42 – 1.52 นิยมใช้ทำถ้วยชามพลาสติก เฟอร์นิเจอร์ และวัสดุปิดผิวโต๊ะ

2.3.2.3 ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde, UF) มีสมบัติคล้าย MF มาก แต่ UF มีความทน ความร้อนและน้ำได้น้อยกว่า MF จึงมีลักษณะการใช้งานคล้ายคลึงกัน โดย UF ใช้ทำถ้วยชามพลาสติกที่มีราคาถูกกว่าถ้วยชาม MF นอกจากนี้ยังใช้ทำ สวิตช์ ปลั๊กไฟ เป็นต้น

2.3.2.4 พอลิยูรีเทน (Polyurethane, PUR) ใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น ไม้แกะสลัก เทียม หนังเทียม เฟอร์นิเจอร์หุ้มพวงมาลัยรถยนต์



4052049382

ตารางที่ 1 คุณสมบัติในการจมหรือลอยของพอลิเมอร์แต่ละชนิดเมื่อเทียบกับความหนาแน่นของน้ำทะเล

ที่มา : GESAMP (2019)

Polymer	Common applications	Specific gravity	Behavior
Polystyrene (expanded) (PES)	กล่องเก็บความเย็น, แก้ว	0.02 - 0.64	
Polypropylene (PP)	เชือก, ฝาขวด, อุปกรณ์ประมง, เชือกรัดของ	0.90 – 0.92	ลอย
Polyethylene (PE)	ถุงพลาสติก, กล่องพลาสติก,	0.91 – 0.95	
Styrene-butadiene (SBR)	ยางรถยนต์	0.94	
Average seawater		1.03	
Polystyrene (PS)	เครื่องใช้ในครัว, ตู้คอนเทนเนอร์	1.04 – 1.09	
Polyamide or Nylon (PA)	อวนจับปลา, เชือก	1.13 – 1.15	
Polyacrylonitrile (acrylic)	สิ่งทอ	1.18	
Polyvinyl chloride (PVC)	ฟิล์มบาง, ท่อระบายน้ำ, ตู้คอนเทนเนอร์	1.16 – 1.30	
Polymethyl acrylate (PMA)	หน้าต่าง (อะคริลิกแก้ว)	1.17 - 1.20	
Polyurethane (PU)	โฟมแข็งและยืดหยุ่นสำหรับใช้ เป็นฉนวนและตกแต่ง	1.20	จม
Cellulose Acetate	ตัวกรองบูทรี	1.22 – 1.24	
Poly (ethylene terephthalate) (PET)	ขวด, เชือกรัดของ	1.34 – 1.39	
Polyester resin + glass fiber	สิ่งทอ, เรือ	> 1.35	
Rayon	สิ่งทอ, ผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์	1.50	
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	เทฟลอน, ฉนวนพลาสติก	2.2	

การปนเปื้อนของพลาสติกในทะเลส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลอย่างมาก ขยะทะเลขนาดเล็ก เช่น ก้นบุหรี่ ฝาขวด ไฟแช็ก พลาสติกชิ้นเล็ก เม็ดพลาสติก ถูกสิ่งมีชีวิตกินเข้าไปส่งผลให้อุดตันในทางเดินอาหาร ขยะขนาดใหญ่ เช่น เอ็นตกปลา ตาข่าย อวนต่าง ๆ จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เต่า และนก อีกทั้งขยะทะเลยังส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศซึ่งจะทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง Gall and Thompson (2015)

จากการรายงานผลรวมปริมาณขยะทะเล 10 อันดับแรกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 - 2561 พบว่ามีขยะทะเลประเภทพลาสติกคิดเป็น 77.40 เปอร์เซ็นต์ของขยะทะเลที่สำรวจ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2562)

2.4 ไมโครพลาสติก (Microplastics)

ไมโครพลาสติก คือ พลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร โดยจัดว่าเป็นขยะประเภทหนึ่งที่สามารถพบการกระจายไปทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ซึ่งปริมาณไมโครพลาสติกในทะเลที่พบอาจมีความหนาแน่นในน้ำทะเลสูงถึง 100,000 ชิ้น/ลูกบาศก์เมตร (Eerkes-Medrano et al., 2015) ไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมนั้นมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาจึงสามารถพัดพาไปได้ไกล ซึ่งทำให้พบไมโครพลาสติกในตะกอนดินที่อยู่ในทะเลลึกตั้งแต่ระดับความลึก 1,176 เมตร ถึง 4,844 เมตร (Cauwenberghe et al., 2013) (Cole et al., 2011) แบ่งประเภทของไมโครพลาสติกตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) Primary Microplastics คือ พลาสติกที่สร้างให้มีขนาดเล็กมาตั้งแต่เริ่มต้น จุดประสงค์ในการผลิตไมโครพลาสติกสครับเบอร์ เหล่านี้ถูกสร้างมาเพื่อเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดมือและผิวหน้า เครื่องสำอาง รวมถึงใช้กับเครื่องฟ้นเพื่อกำจัดสนิม ซึ่งแต่ก่อนสครับเบอร์ทำมาจากธรรมชาติ เช่น อัลมอนต์ป่น ข้าวไอดีบด และหินภูเขาไฟ แต่ในปี 1980 มีการจดสิทธิบัตรของ Microplastic Scrubbers มีการใช้พลาสติกในการทำทำความสะอาดอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

2) Secondary Microplastics คือ พลาสติกชิ้นเล็กที่ได้มาจากการสลายของเศษพลาสติกขนาดใหญ่ทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปขยะพลาสติกเหล่านี้ผ่านกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีทำให้โครงสร้างของพลาสติกชิ้นใหญ่แตกตัวและมีขนาดเล็กลงเช่น การที่สัมผัสกับแสงแดดเป็นเวลานาน ๆ สามารถส่งผลต่อการย่อยสลายพลาสติกด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงแดด ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพอลิเมอร์ รวมทั้งคลื่นและลมทำให้เกิดการเสียดสีและแตกหักของพลาสติก กระบวนการนี้จะต่อเนื่องไปโดยพลาสติกมีชิ้นส่วนเล็กลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเวลาผ่านไปกลายเป็นไมโครพลาสติกในขนาดเล็ก

2.5 การดูดซับสารพิษของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกมีพื้นผิวมากถ้าเทียบกับขนาด จึงมีความไวต่อการปนเปื้อนสารพิษจากน้ำ รวมถึงโลหะที่เป็นของเหลว สารรบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ สารอินทรีย์ที่มีการตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants : POPs) ซึ่งจะเรียกได้ว่าสารอินทรีย์ที่ไม่ชอบน้ำ สารเคมีดังกล่าวมีความเข้มข้นสูงในบริเวณผิวทะเล มีความเสถียรเป็นสารพิษที่ชอบไขมันจะเกาะติดกับไมโครพลาสติกที่มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ไมโครพลาสติกที่เคลือบด้วย POPs จะถูกพัดพาและการกระจายตัวไปในทะเลเกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน หรือถูกกลืนกินจากสิ่งมีชีวิตจึงเกิดการถ่ายโอนสารพิษจากสิ่งแวดล้อมไปสู่ห่วงโซ่อาหาร (Cole et al., 2011) ซึ่งประเภทของพอลิเมอร์จะมีสารเติมแต่ง (Additive type) เป็นอันตรายที่ต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับพลาสติก
ที่มา : GESAMP (2019)

Polymer	Additive type	Quantity in polymer (%w/w)	Hazardous substances
PP	Antioxidant	0.05 - 3	Bisphenol A; Octylphenol; Nonylphenol
	สารกันไฟ (ฉนวน สายเคเบิลและ อิเล็กทรอนิกส์)	12 - 18	Brominated flame retardant; Boric acid; Tris (2- chloroethyl) phosphate
HDPE	Antioxidant	0.05 - 3	Bisphenol A; Octylphenol; Nonylphenol
	สารกันไฟ (ฉนวน สายเคเบิลและ อิเล็กทรอนิกส์)	12 - 18	Brominated flame retardant; Boric acid; Tris (2- chloroethyl) phosphate
LDPE	Antioxidant	0.05 - 3	Bisphenol A; Octylphenol; Nonylphenol
	สารกันไฟ (ฉนวน สายเคเบิลและ อิเล็กทรอนิกส์)	12 - 18	Brominated flame retardant; Boric acid; Tris (2- chloroethyl) phosphate
PVC	สารเปลี่ยนรูปร่าง	10 - 70	Phthalate
	Stabilizer	0.5 - 3	Bisphenol A; Nonylphenol
PUR	สารกันไฟ	12 - 18	Brominated flame retardant; Boric acid; Tris (2- chloroethyl) phosphate

2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสะสมพลาสติกในสิ่งมีชีวิต

พลาสติกส่วนใหญ่มีการกระจายตัวและสะสมอยู่ในทะเลเป็นเวลานาน การแตกหักของพลาสติกจะเกิดขึ้นจากการถูกรังสียูวี ทำให้พื้นผิวมีความเปราะ จากพื้นที่บนชายฝั่งในบริเวณที่ถูกแสงแดดจัดหรือที่ผิวน้ำทะเล หากพลาสติกอยู่บนพื้นทะเล หรือในตะกอนดินแล้วทำให้พลาสติกมีแนวโน้มที่จะไม่มีการบอบสลาย ชิ้นส่วนของพลาสติกขนาดเล็กนั้นนั้นมีคุณสมบัติโครงสร้างที่คล้ายกันกับชิ้นส่วนขนาดใหญ่กว่าที่มีพอลิเมอร์แบบเดียวกัน ถึงแม้ว่าจุลินทรีย์จะสามารถทำให้พลาสติกขนาดใหญ่จะทำให้โครงสร้างของพลาสติกแตกออกจากกัน แต่ก็ยังเป็นกระบวนการที่ช้ามากในมหาสมุทร ถึงแม้ว่าจะเป็นพอลิเมอร์ที่ใช้ในตลาดที่สามารถย่อยสลายได้ (GESAMP, 2019) ซึ่ง Wright et al. (2013) รายงานว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการสะสมพลาสติกในสิ่งมีชีวิต ดังนี้

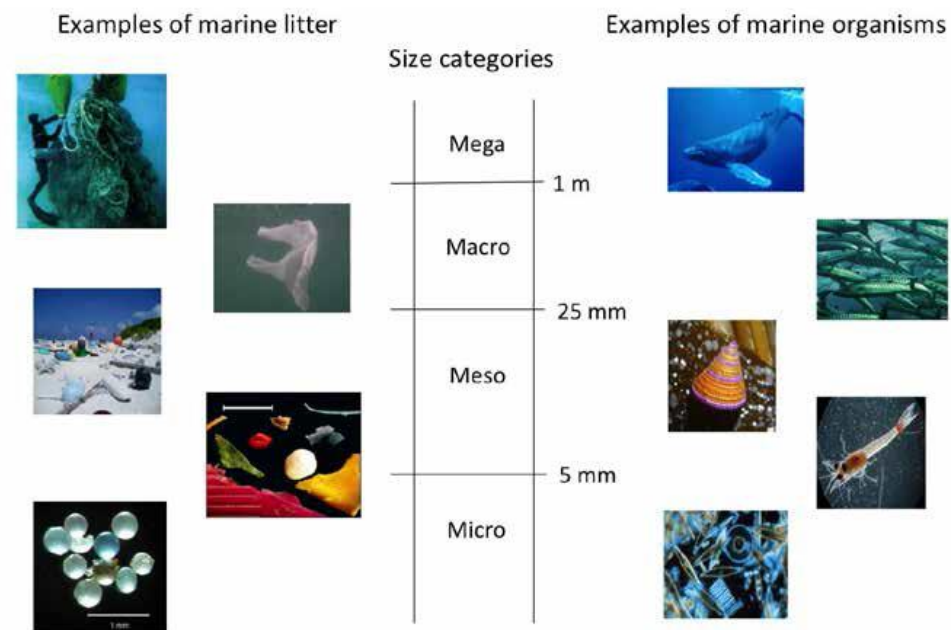
2.6.1 ขนาด

ขนาดของพลาสติกมีผลต่อการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิต ยิ่งมีขนาดเล็กทำให้สามารถเข้าสู่สิ่งมีชีวิตระดับล่างทำให้เกิดการปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหาร ดังตารางที่ 3 อวนประมงเป็นพลาสติกขนาดใหญ่กว่า 1 เมตร ที่เรียกว่า Megaplastics เทียบเท่ากับสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ เช่น วาฬ หรือเต่าทะเล ถุงพลาสติกมีขนาดประมาณ 25 – 1000 มิลลิเมตร จะเรียกว่า Macroplastics จะมีขนาดที่เทียบได้กับปลา พลาสติกขนาดกลางตามชายหาดที่มีขนาด 5 – 25 มิลลิเมตร เทียบเท่ากับหอยหรือกุ้งแล้วพลาสติกที่มีขนาดเล็กจะเรียกว่า Microplastics ที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร การกินอาหารของสิ่งมีชีวิตก็ยังมีผลต่อการนำเข้าไปไมโครพลาสติกตามพฤติกรรมของมันเอง ดังภาพที่ 4 เช่น Fossi et al. (2012) รายงานว่าวาฬบาลีน (Balaeoptera) มีพฤติกรรมการกินแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์โดยการกรองน้ำ สามารถกรองน้ำได้ถึง 70,000 ลิตรในครั้งเดียว ซึ่งอาจเสี่ยงต่อการได้รับไมโครพลาสติกทั้งทางตรงและทางอ้อมจากน้ำทะเลและแพลงก์ตอนในทะเล

ตารางที่ 3 การจำแนกขนาดของไมโครพลาสติก

ที่มา : GESAMP (2019)

ชื่อเรียกภาษาอังกฤษ	ชื่อเรียกภาษาไทย	ขนาดทั่วไป
Mega	ใหญ่มาก	มากกว่า 1 m
Macro	ใหญ่	25 – 1000 มิลลิเมตร
Meso	กลาง	5 – 25 มิลลิเมตร
Micro	เล็ก	น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร
Nano	เล็กมาก	น้อยกว่า 1 μ m



ภาพที่ 4 แผนผังขนาดของพลาสติกเทียบกับสิ่งมีชีวิตในทะเล
ที่มา : GESAMP (2019)

2.6.2 ชนิดและความหนาแน่น

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกส่งผลต่อปริมาณพลาสติกในมวลน้ำ ดังนั้นประเภทของพลาสติกที่ต่างกันเป็นสิ่งมีชีวิตจะสามารถรู้ได้ว่าพลาสติกแต่ละชนิดสามารถอยู่ในคอลัมน์น้ำที่ต่างกัน โดยที่สิ่งมีชีวิตที่หากินอยู่ตามมวลน้ำได้จะกินพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เช่น พลาสติกประเภท PE ที่มีความหนาแน่น 0.91 - 0.94 สามารถพบได้บริเวณมวลน้ำ และสิ่งมีชีวิตที่หากินตามพื้นท้องน้ำจะได้รับพลาสติกที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ เช่น PVC ที่มีความหนาแน่น 1.30 จะจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ ทำให้สัตว์หน้าดินได้รับไมโครพลาสติกเข้าไป

2.6.3 ปริมาณ

การเพิ่มขึ้นของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในทะเล เนื่องจากสิ่งมีชีวิตจะมีโอกาสได้พบไมโครพลาสติกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มปริมาณและการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในทะเลมีแนวโน้มที่สิ่งมีชีวิตจะได้รับไมโครพลาสติกมากขึ้นไปด้วย

2.6.4 สี






สีของไมโครพลาสติกเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการกินของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ประสาทรับรู้ด้วยภาพ และสี โดยจะเลือกกินพลาสติกที่สีคล้ายกับเหยื่อของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น จากการรายงาน ไมโครพลาสติกในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือพบว่าปลาเศรษฐกิจที่กินแพลงก์ตอนสัตว์ และปลาขนาดเล็กจะพบไมโครพลาสติกสีขาวและสีเหลืองเป็นจำนวนมาก (Wright et al., 2013)

2.6.5 ลักษณะของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติกนั้นมีลักษณะและรูปร่างที่แตกต่างกัน ที่มีทรงกลมเหมือนลูกปัด เป็นชิ้นส่วนที่มีมุมและเส้นใยที่ยาว การจำแนกลักษณะสามารถที่จะทราบถึงแหล่งที่มา เช่น ลักษณะเป็นเส้นที่มาจากสิ่งทอหรือเชือก ตลอดจนพฤติกรรมของมันขณะอยู่ในสิ่งแวดล้อม มีการใช้รูปแบบในการแบ่งรูปร่างของไมโครพลาสติกเป็น 5 รูปแบบ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาสำหรับอนุภาคพลาสติกทางทะเลและวัตถุพลาสติก
ขนาดใหญ่

ที่มา : GESAMP (2019)

ชื่อเรียก	Alternative descriptor	ลักษณะเฉพาะ	ตัวอย่าง
Fragment	Granule, flake	มีลักษณะที่แข็งรูปร่างผิดปกติที่เกิดจากการแตกหักจากชิ้นส่วนขนาดใหญ่	
Foam	EPS, PUR	อนุภาคใกล้เคียงกับทรงกลมหรือเป็นเม็ดซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปได้ง่ายภายใต้ความดัน สามารถยืดหยุ่นได้บางส่วนขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมภายนอก	
Film	Sheet	อนุภาคที่แบน ยืดหยุ่น ขอบเรียบหรือเป็นมุม	
Line	Fiber, filament, strand	วัสดุเป็นเส้นใยยาวที่มีความยาวมากกว่าความกว้างมาก	
Pellet	Resin bead, Mermaids' tears	อนุภาคแข็งที่มีรูปทรงกลมเรียบหรือเม็ดละเอียด	



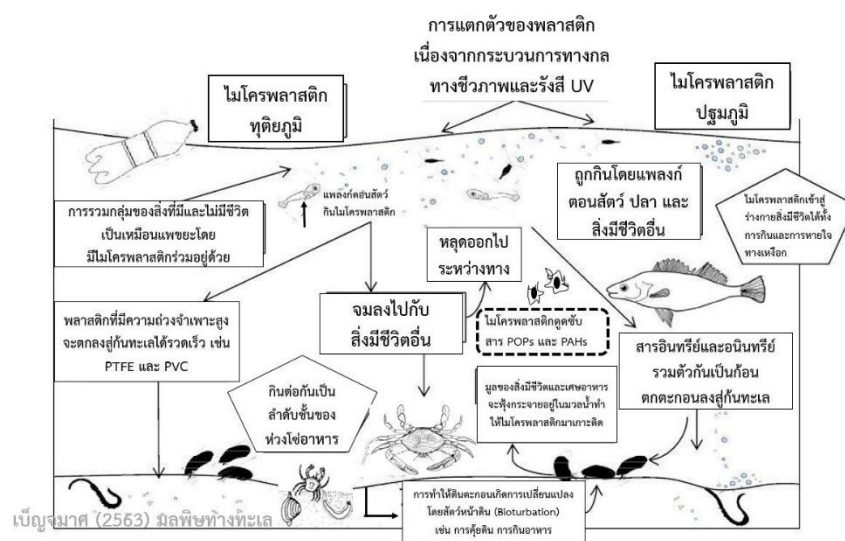
4052049382

BUU_1Thesis_61910102_thesis / recv : 03072566 12:12:53 / seq: 90

2.7 เส้นทางการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

ไมโครพลาสติกสามารถแพร่กระจายลงสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลโดยมาจากการทิ้งของเสียโดยตรงจากบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น เมื่อไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำแล้วมีพฤติกรรมกลายและจมซึ่งถ้าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำคือ 1.03 พลาสติกชนิดนั้นจะลอยน้ำ เช่น พลาสติกชนิด Polyethylene (PE) และ Polypropylene (PP) เป็นต้น ถ้าไมโครพลาสติกที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำก็จะจมน้ำ เช่น Polyvinyl chloride (PVC) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE) เป็นต้น ในขณะที่ไมโครพลาสติกลอยและค่อย ๆ จมสู่พื้นท้องน้ำจะมีพฤติกรรมดูดซับสาร (Adsorption) ในกลุ่มของสารอินทรีย์ที่มีการค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) เช่น พัลลิกอโรเนตไบฟีนิล (PCBs) และ ดีดีที (DDT) รวมไปถึงโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) มาเกาะอยู่ในพื้นผิวของไมโครพลาสติก จึงจัดว่าเป็นมลพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อร่างกายสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น เช่น หอยแครงกินอาหารโดยการกินสารอินทรีย์ในดิน หอยนางรม และหอยแมลงภู่ที่กรองกินแพลงก์ตอนในน้ำ และปลาที่กินทั้งเนื้อและสัตว์เป็นต้น ซึ่งเป็นการกินต่อกันไปเป็นทอด ๆ ในลำดับห่วงโซ่อาหาร ส่งผลให้สารพิษมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นในผู้บริโภครดับสูงขึ้นไป (เบญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล, 2560)

ในพื้นที่บริเวณพื้นท้องน้ำมีการสะสมของไมโครพลาสติกและมีการฟุ้งกระจายของไมโครพลาสติกออกเป็นระยะ ซึ่งมาจากหลายปัจจัย เช่น คลื่น สัตว์หน้าดินที่ขุดคุ้ยหาอาหารทำให้ไมโครพลาสติกฟุ้งออกมาในมวลน้ำอีกครั้ง การกระทำนี้ของสัตว์ที่หากินอยู่หน้าดินเรียกว่า Bioturbation ดังภาพที่ 5 (เบญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล, 2560)



ภาพที่ 5 เส้นทางการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม
ที่มา : เบญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล (2560)

2.8 การปนเปื้อนไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็ก เบา และยังสามารถลอยน้ำได้จึงพบการกระจายตัวไปในสิ่งแวดล้อมทางทะเลทะเล ในน้ำ และตะกอนดินได้อย่าง (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน, 2557) อีกทั้งยังสามารถปนเปื้อนในแพลงก์พืช (Long et al., 2015) และแพลงก์ตอนสัตว์เข้าไป เช่น ลูกกุ้ง เคย โคฟีพอดิไรน้ำ โรติเฟอร์ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและตัวอ่อนสัตว์น้ำอื่น ๆ ทำให้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กกิน จะเห็นได้ว่า ไมโครพลาสติกยังสามารถถ่ายโอนไปยังสิ่งมีชีวิตอื่นในห่วงโซ่อาหารได้ (ตารางที่ 5) (Setälä et al., 2014) จากการศึกษาข้อมูลไมโครพลาสติกยังพบในสัตว์น้ำที่มนุษย์ใช้ในการประกอบอาหาร หรือทำเป็นอาหารสัตว์ เช่น กุ้งล็อบสเตอร์ หอยสองฝา ปลาเลี้ยงหมากหรือปลาตาเดียว และปลาที่หากินตามพื้นท้องน้ำ (Bellas, et al., 2016; Murray and Cowie, 2011; ปิติพงษ์ ธาระมนต์ และคณะ, 2559)

ตารางที่ 5 การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตทางทะเล

กลุ่มสิ่งมีชีวิต	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	แหล่งอ้างอิง
Phytoplankton	คีโตเซอรอส (<i>Chaetoceros neogracile</i>), <i>Rhodomonas salina</i>	Long et al. (2015)
Zooplankton	Mysid shrimps, copepods, cladocerans, rotifers, polychaete larvae and ciliates	Setälä et al. (2014)
Demersal fish	ปลาฉลามกบ (<i>Scyliorhinus canicula</i>), ปลาแฮก (<i>Merluccius merluccius</i>) และปลากระบอก (<i>Mullus barbatus</i>)	Bellas et al. (2016)
Mollusca	หอยเสียบ (<i>Donax</i> sp.), หอยกระปุก (<i>Paphia</i> sp.)	ปิติพงษ์ ธาระมนต์ และคณะ (2559)
Crustacean	ล็อบสเตอร์นอร์เวย์ (<i>Nephrops norvegicus</i>)	Murray and Cowie (2011)

2.9 ปูม้า (Blue swimming crab)

2.9.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758)

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Class: Malacostraca

Order: Decapoda

Family: Portunidae

Genus: *Portunus*

Species: *pelagicus*



ภาพที่ 6 ลักษณะของปูม้า

ชื่อท้องถิ่น: ปูม้า

ชื่อสามัญ: Blue swimming crabs

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Portunus pelagicus*

เป็นสายพันธุ์ปูทะเลที่อยู่ในเขตร้อน โดยลักษณะทั่วไปจะแบ่งออกไป 3 ส่วนคือ ส่วนตัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวและอกจะอยู่ติดกัน ทางด้านข้างทั้งสองของกระดองเป็นรอยหยักคล้ายฟันเลื่อย 9 อัน เรียกว่า horns มีขาทั้งหมด 5 คู่ โดยที่คู่แรกเป็นก้ามขนาดใหญ่ใช้ในการจับอาหารและป้องกันตัว ขาคู่ที่ 2 - 4 มีขนาดเล็กแหลมใช้ในการเดิน ขาคู่หลังแบนใช้ในการว่ายน้ำ ถ้าวัดจากกระดองสามารถโตได้กว้างถึง 15 - 20 เซนติเมตร วัดถึงปลายก้ามทั้งสองข้างได้ถึง 80

เช่นติเมตร กินปลาขนาดเล็ก กุ้ง หอย หนอน สาหร่ายทะเล และหญ้า ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งระยอง (ม.ป.ป.)

2.9.2 การสังเกตเพศของปูม้า

ปูม้าตัวผู้มีก้ามยาวเรียวยาว มีสีฟ้าอ่อน มีจุดขาวทั่วไปทั้งกระดองและก้าม ท้องเป็นสีขาวจับปิ้งเป็นรูปสามเหลี่ยมเรียวยาว ปูตัวเมีย มีก้ามที่สั้นกว่ากระดอง ก้ามมีสีฟ้าอมน้ำตาลและมีจุดขาวทั่วไปทั้งกระดองและก้าม เมื่อถึงฤดูกาลวางไข่ จะมีไข่ติดบริเวณระยางค์ซึ่งเคยเป็นขวยน้ำในระยงค์อ่อน ไข่ในระยะแรกจะอยู่ในกระดองพอไข่สมบูรณ์ขึ้นจะดันหน้าท้องเปิดออกมาอยู่นอกกระดองเรียกว่า ไข่นอกกระดอง โดยวิธีที่ง่ายที่สุดในการตรวจสอบเพศของปูม้าคือคว่ำและดูจับปิ้งรูปตัววีที่ด้านล่าง ตัวผู้จับปิ้งแคบและเชิงมุมในขณะที่จับปิ้งตัวเมียวางและโค้งมน Western Australian Museum (2018)

2.9.3 การกระจายและที่อยู่อาศัย

ปูม้าอาศัยอยู่ตั้งแต่ชายฝั่ง ปากแม่น้ำ ป่าชายเลน อ่าว ตามที่กำบังต่าง ๆ ไปถึงในน่านน้ำนอกชายฝั่งลึก 50 เมตร ในตอนกลางวันจะซ่อนตัวอยู่ในที่กำบังและในทรายโดยมีดวงตาที่ยื่นออกมา ในเวลากลางคืนจะออกมาจากที่กำบังเพื่อที่จะหาอาหาร (Western Australian Museum, 2018)

2.9.4 วงจรชีวิตของปูม้า (Life cycle)

Western Australian Museum (2018) ได้แบ่งวงจรชีวิตของปูม้าเป็น 6 ระยะ คือ

1) Zoea เป็นระยะตัวอ่อนซึ่งจะเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วง 4 – 6 สัปดาห์ จะลอยอยู่ตามฝั่ง อ่าว หรือป่าชายเลน ไปจนถึงทะเลเปิด ในระยะนี้ตัวอ่อนนี้จะเป็นเหยื่อของปลาและมีอัตราการตายที่สูง

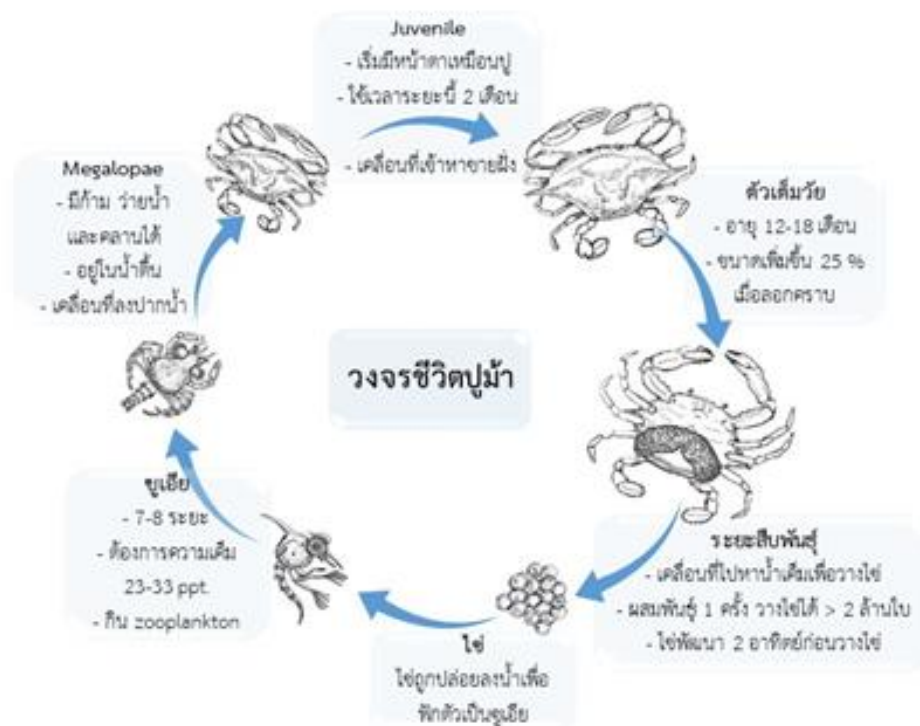
2) Megalopae เป็นระยะที่ต่อมาจาก Zoea มีการลงเกาะ ลอกคราบบ่อยและมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว อาศัยอยู่บริเวณน้ำตื้น ปากแม่น้ำ ป่าชายเลน โดยการลอกคราบแต่ละครั้งน้ำหนักอาจเพิ่มถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และขนาดกระดองกว้างได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

3) Juvenile Crabs เป็นระยะที่ตัวอ่อนเริ่มจะคล้ายปูมากขึ้น กระดองจะมีขนาด 3 – 6 เซนติเมตร จะสามารถโตได้อย่างรวดเร็ว

4) Young Adults มีความกว้างของขนาดกระดองประมาณ 9 เซนติเมตร เป็นระยะที่มีการลอกคราบเพื่อที่จะเป็นปูม้าโตเต็มที่จะเริ่มจับคู่เป็นครั้งแรก เมื่อถึงระยะจะตามปูม้าขนาดใหญ่ไปยังปากแม่น้ำหรือทะเล

5) Mating ระยะผสมพันธุ์ตัวผู้จะลอกคราบก่อนเพื่อให้เปลือกแข็ง จับตัวเมียไว้ได้ขา 4 – 10 วัน เพื่อป้องกันตัวผู้ตัวอื่นและรอให้ตัวเมียลอกคราบจึงผสมพันธุ์

6) Spawning and Berried Females ปูตัวเมียขนาดใหญ่จะไปที่ปากแม่น้ำหรือป่าชายเลน เพื่อวางไข่ ตัวเมียแต่ละตัวจะมีไข่จำนวนมากประมาณ 180,000 – 2,000,000 ฟอง/ครั้ง และอาจจะมากกว่า 2 ครั้ง/ฤดูกาล



ภาพที่ 7 วงจรชีวิตและระยะของปูม้า

ที่มา : Western Australian Museum (2018)

2.10 การได้รับและผลกระทบของไมโครพลาสติกในปู

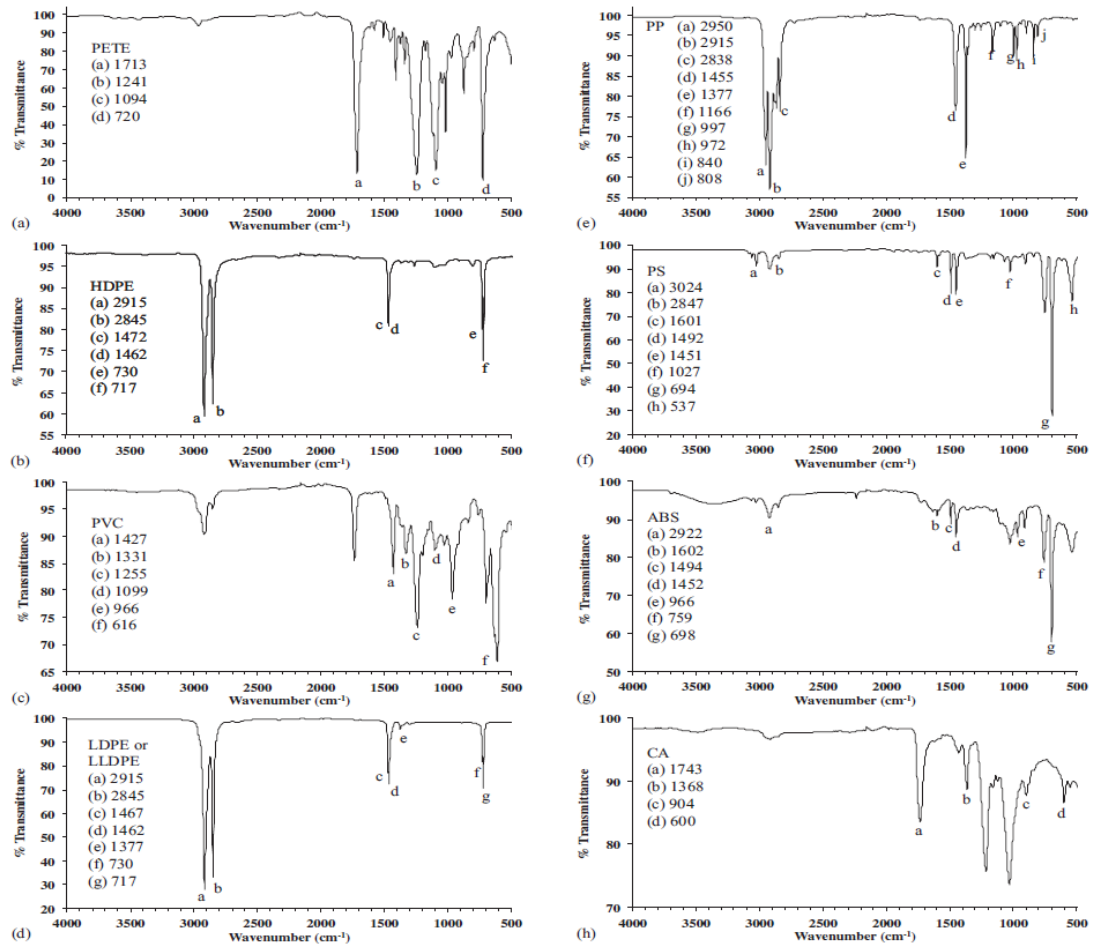
ไมโครพลาสติกสามารถเข้าสู่ร่างกายของปูได้จากการกินอาหารและการหายใจ ซึ่งไมโครพลาสติกสามารถติดอยู่ในร่างกายของปูนาน 14 วันหลังจากได้รับไมโครพลาสติกเข้าไป และยังสามารถอยู่ได้นานสูงสุดถึง 21 วัน โดยที่ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่จะติดอยู่กับเหงือก และทางเดินอาหารส่วนหน้า (Watts et al., 2016) เมื่อไมโครพลาสติกเข้าสู่เหงือกของปูส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนหลังจากการได้รับไมโครพลาสติกเข้าไป 1 ชั่วโมง แล้วปริมาณการใช้ออกซิเจนจะเข้าสู่สภาวะปกติหลังจากนั้น 16 ชั่วโมง การแลกเปลี่ยนไอออนจะลดลงเล็กน้อย

ในกระบวนการ Hemolymph sodium ions และ Calcium ions จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากได้รับ ไมโครพลาสติกเข้าไป 24 ชั่วโมง (Watts et al., 2016)

2.11 การจำแนกไมโครพลาสติก

การจำแนกลักษณะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการระบุชนิดของไมโครพลาสติกจากวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ เมื่อการสังเกตด้วยสายตาและกล้องจุลทรรศน์ไม่เพียงพอที่จะยืนยันชนิดของอนุภาค จึงต้องทำการตรวจสอบองค์ประกอบของพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกทำให้สามารถจัดกลุ่มของพอลิเมอร์ได้ซึ่งวิธีที่ใช้มากที่สุดคือการใช้ FT-IR Spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) และ Raman spectroscopy (GESAMP, 2019)

2.11.1 FT-IR Spectrometer เป็นเทคนิคที่ง่ายและไม่ทำลายโครงสร้างของโมเลกุลในการระบุและแยกความแตกต่างของพลาสติกพอลิเมอร์ส่วนใหญ่ โดยใช้แถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นตัวแทนของฟังก์ชันทางเคมีที่แตกต่างกัน FT-IR เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ช่วงของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ช่วง Middle IR เนื่องจากมีพลังงานต่ำ เมื่อตัวโมเลกุลดูดรังสีเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่น หมุน การที่โมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของรังสีอินฟราเรดต้องเท่ากับความถี่การสั่นของโมเลกุลของสารนั้น ๆ ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่จำเพาะและแตกต่างกันไปทำให้สามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและชนิดของสารได้ (Science and Technology Infrastructure Databank, 2564) ซึ่งค่า Spectra การดูดซึมแสงของไมโครพลาสติกที่ได้จากเครื่อง FT-IR Spectrometer ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ค่า Spectra ของพลาสติกที่ได้จากเครื่อง FT-IR Spectrometer

ที่มา : Jung et al. (2018)

2.11.2 Raman spectroscopy ใช้เพื่อระบุโมโครพลาสติกลำแสงเลเซอร์ที่ตกลงมาบนวัตถุ จะส่งผลให้มีความถี่ไปกลับของแสงกระจายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลและอะตอมที่มีอยู่ซึ่งสร้างสเปกตรัมที่ไม่ซ้ำกันสำหรับพอลิเมอร์แต่ละตัว มีความอ่อนไหวต่อสารเติมแต่งและสารเคมีในพลาสติกซึ่งรบกวนการจำแนกชนิดของพอลิเมอร์ (GESAMP, 2019)

2.12 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบที่จำลองขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลรูปภาพจากดาวเทียม การบันทึก GPS และข้อมูลเชิงบรรยายที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ในฐานข้อมูลเดี่ยวหรือชุดฐานข้อมูลที่เชื่อมต่อกัน สามารถเก็บภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่ถนน สถานที่สำคัญ เส้นเขตพื้นที่ และอื่น ๆ ทำให้สามารถ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้รวดเร็วมากขึ้น (Dooling, 1998)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดป่าตอง ชายหาดกะหลิม และชายหาดไตรตรงในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ของ เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และสิริวรรณ รวมแก้ว (2562) พบว่าชายหาดป่าตองมีปริมาณขยะเยอะที่สุดมากถึง 265 ชิ้น/พื้นที่ 1 ตารางเมตร สีของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีสีขาวขุ่นและสีเขียว ลักษณะของพลาสติกที่เจอบนชายหาดป่าตองส่วนใหญ่จะไม่มีรูปร่างที่แน่นอนเนื่องมาจากเกิดการแตกหักของพลาสติกชิ้นใหญ่จากคลื่นลมแรง ส่วนบริเวณชายหาดกะหลิมส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่มาจากอุปกรณ์การทำประมง เช่นอวน ตาข่าย เชือกเอ็น และแห นอกจากนี้การสำรวจขยะประเภทไมโครพลาสติกบริเวณอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา และอุทยานแห่งชาติเขาลำปี-หาดท้ายเหมืองในเดือนธันวาคม 2560 ของ ปรรพ แปลงงาน และคณะ (2561) พบขยะประเภทโฟมมากที่สุด รองลงมาคือเศษพลาสติก มีจำนวนประมาณ 1,405 ชิ้น/พื้นที่ 1 ตารางเมตรบนเกาะลันตา สำหรับอุทยานแห่งชาติเขาลำปี-หาดท้ายเหมือง มีจำนวนประมาณ 90.33 ชิ้น/พื้นที่ 1 ตารางเมตร สีของไมโครพลาสติกที่เจอมากที่สุดเป็นสีขาว รองลงมาคือสีฟ้า ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบมีค่าอยู่ในช่วง 1,001-2,000 ไมโครเมตร และพบว่าลักษณะของพลาสติกที่พบจะมีสีขาวขุ่น เส้นใยสีดำ และสีที่มีหลากหลายที่สุดพบในพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นทรงเหลี่ยม

เบญจภรณ์ มณีโชติ และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาปริมาณของไมโครพลาสติกบริเวณแหลมสมิหลา จังหวัดสงขลา ในเดือนตุลาคม ปี 2560 โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในการแยกไมโครพลาสติก พบการปนเปื้อนเฉลี่ย 233.3 ± 46.7 ชิ้น/ 1 กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง รูปร่างของพลาสติกที่พบมากที่สุดคือแบบเส้นใย 64.3 % รองลงมาคือรูปร่างไม่แน่นอน ทรงกลมและแบบแท่งตามลำดับ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งท่องเที่ยวจึงอาจเจอเส้นใยที่หลุดมาจากเสื้อผ้า และจากการจำแนกตามสีพบไมโครพลาสติกสีขาวมากที่สุด รองลงมาคือสีน้ำตาลและสีดำ สอดคล้องกับผลการสำรวจไมโครพลาสติกที่มีสีขาวใสและขาวขุ่นมากที่สุดในทรายชายหาดเจ้า



4052049382

หลาวและชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน, 2557)

ศุภพร เปรมปรีดี และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในตัวอย่างปลาหู *Rastrelliger brachysoma* บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง โดยการเก็บตัวอย่างจากทำเรือประมงบริเวณหาดเจ้าไหม จากการศึกษาพบไมโครพลาสติกในกระเพาะอาหารของปลาหูเฉลี่ย 78 ชิ้น/ตัว รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมีดังนี้ เส้นใย (Fiber) ชิ้น (Fragment) แท่ง (Rod) และกลิตเตอร์ (Glitter) ร้อยละ 11.66 81.41 6.80 และ 0.13 ตามลำดับ พบสีของไมโครพลาสติกที่มีลักษณะเป็นชิ้นสีดำมากที่สุด รองลงมาเป็นลักษณะแท่งสีดำ และเส้นใยสีดำ ตามลำดับ

คริสมาส พัฒนสิรินนท์ และจริยวดี สุริยพันธุ์ (2564) ได้ทำการศึกษาการสะสมของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแนวหญ้าทะเล (*Halodule uninervis*) อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พื้นที่ในการศึกษาแบ่งออกเป็นในแหล่งหญ้าทะเล 9 สถานี และนอกแหล่งหญ้าทะเล 3 สถานี โดยพื้นที่ในการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่แนวน้ำขึ้นสูงสุด น้ำขึ้นน้ำลง และน้ำลงต่ำสุด ใช้เครื่องเก็บตะกอนดินชนิดปีเตอร์สัน (Petersen grab) เก็บตัวอย่างดินตะกอน แล้วทำการสกัดไมโครพลาสติก จากนั้นนำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสแตโรไอ เพื่อนับจำนวน รูปร่าง สี จากการศึกษาพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.22 ± 9.72 และ 103.17 ± 63.70 ชิ้น/กิโลกรัม น้ำหนักทรายแห้ง ซึ่งในแหล่งหญ้าทะเลมีไมโครพลาสติกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 59.15 ± 19.00 ถึง 103.17 ± 63.70 ชิ้น/กิโลกรัม น้ำหนักทรายแห้ง และนอกแหล่งหญ้าทะเลเท่ากับ 14.22 ± 9.72 ถึง 22.08 ± 12.13 ชิ้น/กิโลกรัม น้ำหนักทรายแห้ง พบรูปร่างของไมโครพลาสติกไฟเบอร์ 175.8 ± 8.15 ชิ้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม แบบไร้รูปร่าง 117.19 ± 7.15 ชิ้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม สีดำ สีขาว และสีฟ้าเป็นสีของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 84.3 ± 4.41 52.77 ± 7.32 และ 36.44 ± 1.22 ชิ้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

Song et al. (2015) ได้ทำการศึกษาและจำแนกไมโครพลาสติก ขนาด < 1 มม. ด้วยวิธี Stereomicroscope และ Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) เปรียบเทียบ โดยใช้ตัวอย่างเดียวกันจากไมโครเลเยอร์ผิวน้ำทะเล (sea surface microlayer; SML) และหาดทราย เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่า ไมโครพลาสติกรูปแบบชิ้น (Fragmented) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และไมโครพลาสติกรูปแบบ Fiber มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กล้อง Stereo ในการจำแนกทั้งในตัวอย่าง SML และ ชายหาด ส่วนการศึกษาความหลากหลายของประเภทไมโครพลาสติกด้วยวิธี FT-IR พบว่า การจำแนกไมโครพลาสติกด้วยวิธี FT-IR มีความหลากหลายมากกว่าการจำแนกด้วยวิธีใช้กล้อง Stereo ทั้งในตัวอย่าง SML และ ชายหาด แต่ไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างและขนาดของไมโครพลาสติกที่สนใจศึกษา ควรกำหนดวิธีการจำแนกไมโครพลาสติกที่เหมาะสม ซึ่งการเลือกวิธีการจำแนกที่เหมาะสมสำหรับไมโครพลาสติกมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินมลภาวะของไมโครพลาสติก

Syakti et al. (2017) ได้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ที่อ่าว Cilacap ตั้งอยู่บนชายฝั่งทางตอนใต้ของเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซียซึ่งเป็นพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยดินเลน ลำน้ำสาขา ป่าชายเลน ป่าชายเลน เป็นพื้นที่น้ำขึ้นน้ำลง ที่แปลงพื้นที่เดิมเป็นนาข้าว โดยเก็บตัวอย่างขยะพลาสติกด้วยการสุ่มจาก quadrats จากนั้นคัดแยกและนับจำนวนขยะพลาสติกใน quadrats จากนั้นทำการศึกษาองค์ประกอบของโพลิเมอร์จากพลาสติกประเภทลอยโดยใช้วิธี attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy หรือ ATR-FT-IR ซึ่งเป็นการลดทอนแสงสะท้อนทั้งหมด และประเมินอายุของขยะพลาสติก โดยวิธีการวัดการก่อก่อนตัวของกลุ่มคาร์บอนิลบนพื้นผิวของอนุภาคพลาสติก $> 75\%$ ของ 2,313 ชิ้นที่รวบรวมระหว่างการศึกษา 3 ปี โดยเก็บข้อมูลขนาด รูปร่าง และสีของไมโครพลาสติก พบว่ามีความสัมพันธ์กันด้านโครงสร้างโพลิเมอร์ ชนิดของพลาสติกที่มีพบมากที่สุดคือ polypropylene (PP) 68 % และชนิดของพลาสติกที่พบน้อยที่สุดคือ polyethylene (PE) 11 % และสีของพลาสติกที่พบมากที่สุดคือสีขาว สีน้ำเงิน และสีเขียว ตามลำดับ อ่าว Cilacap อินโดนีเซีย ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติก 2.5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ดัชนีคาร์บอนิลแสดงให้เห็นว่าไมโครพลาสติกประเภทลอย ส่วนใหญ่มีการย่อยสลายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การศึกษานี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์พลเมืองและการนำแนวทางปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีมาใช้

Azad et al. (2018) รายงานการค้นพบขยะพลาสติกในท้องของปลาทะเลที่มีมีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่จับได้จากอ่าวไทยตอนล่างในช่วงเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน ปี 2017 พบขยะพลาสติกในระบบย่อยอาหารถึง 66.67% ของตัวอย่างทั้งหมด 165 ตัว ซึ่งพบมากถึง 258 ชิ้น พบในปลาท้องน้ำ 15 ตัวจาก 30 ตัว (50%) ปลาทะเล 51 ตัวจาก 74 ตัว และปลาแนวปะการัง 44 ตัวจาก 61 ตัว ในปลาทะเลเจอพลาสติกเฉลี่ย 1.75 ชิ้น/กระเพาะ 1 อัน ซึ่งสูงกว่าในปลาท้องน้ำเกือบ 2 เท่า อาจเนื่องมาจากความหนาแน่นของชิ้นส่วนพลาสติกนั้นกล่าวคือพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตภาชนะและถุงพลาสติกมีความหนาแน่นกว่าน้ำ ส่วนพลาสติกชนิด PET, PVC และ PS จมน้ำจะพบได้ปลาที่อาศัยแนวปะการังเพราะปลาชนิดนี้เป็นปลาที่กินแพลงก์ตอนเป็นอาหารเมื่อเปรียบเทียบกับปลาอีก 2 ชนิด เป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาด 5 มิลลิเมตร (79.52 %) ซึ่งพบมากโดยเฉพาะในปลาที่หากินบริเวณท้องน้ำและปลาแนวปะการัง และมีไมโครพลาสติกที่มีขนาด 5 - 25 มิลลิเมตร (20.48 %) สีของไมโครพลาสติกที่เจอส่วนใหญ่

เป็นพลาสติกโปร่งแสงซึ่งมองไม่เห็นในน้ำและปลาได้รับเข้าไประหว่างกลืนน้ำเข้าไป รongลงมาคือ สีนํ้าเงินและสีดำ

Pellini et al. (2018) ศึกษาลักษณะของไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารของปลาลิ้นหมา บริเวณ Adriatic Sea เก็บตัวอย่างช่วงฤดูใบไม้ร่วง (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ปี 2014 และ 2015 ทำการเก็บตัวอย่างปลาลิ้นหมาที่ระดับความลึก 20 – 120 เมตร ด้วยเรืออวนลาก พบไมโครพลาสติก ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของปลาตัวอย่างที่เก็บซึ่ง 72 % เป็นชิ้นส่วน (Fragment) และ 28 % เป็นเส้นใย (Fiber) พบไมโครพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพรพิลีน (PP), เอทิลีน (PE), พอลิเอสเทอร์ (PET) และพอลิอะมาไคด์ (PA) ปริมาณของไมโครพลาสติกทั้งหมด 4,566 ชิ้น (ซึ่งในปี 2014 พบ 3,665 ชิ้น และปี 2015 พบ 901 ชิ้น) โดยที่ปริมาณของไมโครพลาสติกในปี 2014 มีค่าเฉลี่ย 1.73 ± 0.05 ชิ้น/ตัว (มีสูงสุด 6.30 ± 3.40 ชิ้น/ตัว) ในปี 2015 พบไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 1.64 ± 0.1 ชิ้น/ตัว (มีสูงสุด 10.6 ± 1.90 ชิ้น/ตัว) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ไมโครพลาสติกชนิด PVC และ PA พบมากทั้งในชายฝั่งและนอกชายฝั่ง ส่วนไมโครพลาสติกชนิด PE, PP และ PET พบมากในบริเวณชายฝั่ง

Waite et al. (2018) ศึกษาปริมาณและชนิดของไมโครพลาสติกในเนื้อหอย eastern Oyster (*Crassostrea virginica*) และปู Atlantic mud crab (*Panopeus herbstii*) ที่ปากแม่น้ำฟลอริดา ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 สถานี โดยเก็บตัวอย่างหอยจำนวน 30 ตัวอย่าง และปูจำนวน 30 ตัวอย่าง แล้วทำการสกัดไมโครพลาสติกตามวิธีของ Masura et al., 2015 ซึ่งใช้ 30 % hydrogen peroxide; H_2O_2 (200 มิลลิลิตร/เนื้อเยื่อ 5 กรัม) ในการสกัดไมโครพลาสติกออกจากเนื้อเยื่อแล้วใช้กล้อง microscope กำลังขยาย x40 ในการจำแนกขนาด รูปร่าง สีของสิ่งพบ ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าไมโครพลาสติกในหอยอยู่ที่ 20.3 ชิ้น/ตัว และพบไมโครพลาสติกในปูม่ายอยู่ที่ 4.2 ชิ้น/ตัว

Welden et al. (2018) ศึกษาผลกระทบของการถ่ายทอดและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการได้รับไมโครพลาสติกในปลาลิ้นหมา (*Pleuronectes plastessa*) และปูแมงมุม (*Maja squinado*) ในพื้นที่ทะเลเขตติดต่อกับทะเลไอริส ช่องแคบอังกฤษและมหาสมุทรแปซิฟิก สุ่มตัวอย่าง 6 สถานี โดยใช้อวนลากขนาดตาอวน 50 มม. ที่ระดับความลึก 4 ม. เป็นเวลา 30 นาที สกัดไมโครพลาสติกด้วยวิธีของ Lusher et al. (2013) จากนั้นใช้กล้อง microscope ที่กำลังขยาย x7 – x25 ในการจำแนกรูปร่าง สี ขนาด แล้วยืนยันชนิดของไมโครพลาสติกด้วย Fourier Transformed Infrared Spectrometry (FT-IR) ซึ่งผลการทดลองพบไมโครพลาสติกในปลาลิ้นหมาเท่ากับ 1.46 ± 1.02 ชิ้น/ตัว และพบไมโครพลาสติกในปูแมงมุมเท่ากับ 1.39 ± 0.79 ชิ้น/ตัว

Tahir et al. (2019) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งหญ้าทะเล ณ หมู่เกาะสเปอร์มอนเด ช่องแคบมากัสซาร์ อินโดนีเซีย โดยทำการเก็บดินตะกอนและสัตว์หน้าดิน ในระดับความลึก 4 – 6 เมตร สกัดไมโครพลาสติกจากดินตะกอนสกัดด้วยสารละลาย ZnBr ส่วน สัตว์หน้าดินใช้สารละลาย 10% KOH ในการสกัด จากนั้นนำสิ่งที่ได้ไปส่องภายใต้กล้อง stereo microscope Euromex SB1902 ที่กำลังขยาย 4.5 x 10 ผลการศึกษาพบว่าในตัวอย่างตะกอน ดิน 81 ตัวอย่าง พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 22 ตัวอย่าง สีของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดเป็นสี น้ำเงิน 35 เปอร์เซ็นต์ รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือเส้นใย 84 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างสัตว์หน้าดินจำนวน 51 ตัวอย่าง พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 10 ตัวอย่าง และสีของ ไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือสีดำกับสีน้ำเงินมีมากเท่ากันที่ 37 เปอร์เซ็นต์ และ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

Kasamesiri and Thaimuangphol (2020) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในปลาน้ำจืด 8 ชนิด จากแม่น้ำชี ประเทศไทย โดยศึกษาความหนาแน่น ขนาด สี และรูปร่างของไมโครพลาสติก จากผล การศึกษาพบว่า 72.9 % ของตัวอย่างปลาที่รวบรวมได้ ปนเปื้อนด้วยไมโครพลาสติกในปริมาณ เฉลี่ย 1.76 ± 0.97 อนุภาค/ปลา 1 ตัว และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิด ของปลา พบไมโครพลาสติกมากที่สุดในปลากินพืช *Puntius proctozysron* 86.7% ขนาดของ ไมโครพลาสติกที่ปลากินเข้าไปมีขนาดเฉลี่ย 0.5 มม. พบประมาณ 47.5% ส่วนสีที่พบเป็นสีน้ำเงิน 56.9 % และ 86.9 % มีลักษณะเป็นเส้นใย จากผลการศึกษาพบว่าอวนและกระชังปลาเป็นแหล่ง สำคัญของการเกิดไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนสารในแม่น้ำชี

Waddell et al. (2020). ทำการศึกษาเรื่องการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในปูม้า (*Callinectes Sapidus*) บริเวณ Corpus Christi Bay สหรัฐอเมริกา โดยนำกระเพาะของปูม้ามาสกัด ไมโครพลาสติกโดยใช้สารละลาย 30 % ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการย่อย นำสิ่งที่ได้มาส่อง ภายใต้กล้อง stereo microscope แล้วมายืนยันโดยใช้เครื่องมือ FT-IR ผลการศึกษาพบว่าในตัวอย่าง ปูม้า 39 ตัว ที่พบในบริเวณ Corpus Christi Bay พบสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะปูม้า 157 ชิ้น ซึ่งเป็น fiber 126 ชิ้น fragment 29 ชิ้น และ film 2 ชิ้น หลังจากยืนยันด้วย FT-IR แล้วมีเพียง 52 ชิ้นที่ยืนยัน ว่าเป็นไมโครพลาสติก ซึ่งไมโครพลาสติกรูปร่างเป็น fiber 49 ชิ้น fragment 2 ชิ้น และ 1 ชิ้นที่เป็น film พบชนิดของไมโครพลาสติก Other PET และ PS ที่ 88.9 5.6 และ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Akkajit et al. (2021) ศึกษาการเกิดขึ้นและการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในตะกอน ชายหาดตามแนวชายฝั่งภูเก็ต ทำการศึกษาในพื้นที่ชายหาดที่ ไตรตรัง ป่าตอง กะหลิม ฉลอง มะขาม และหาดราไวย์ โดยที่แบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงพฤษภาคม

และถูกฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม เก็บตัวอย่างทั้งหมด 18 ตัวอย่างด้วย quadrat ขนาด 0.5 ม. x 0.5 ม. สกัดไมโครพลาสติกด้วยวิธีของ Masura, Baker, Foster, Arthur, and Herring, 2015 แล้วใช้เครื่องมือ μ FT-IR การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติก เมื่อนำสิ่งปนเปื้อนทั้งหมด 472 ชิ้น มาใช้ μ FT-IR พบว่าเป็นไมโครพลาสติกจำนวน 218 ชิ้น คิดเป็น 46.2 เปอร์เซ็นต์ของสิ่งปนเปื้อนที่พบ พบชนิดของไมโครพลาสติกได้แก่ polyethylene terephthalate (PET), polystyrene (PS), โพรพิลีน (PP), โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลียูรีเทน (PU), อีพ็อกซี และอื่น ๆ (โพลิเมอร์ผสม) ปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดได้แก่ PET เท่ากับ 33.1 PS เท่ากับ 4.1 PP เท่ากับ 2.4 PU เท่ากับ 2.5 PVC เท่ากับ 1.6 Epoxy เท่ากับ 0.2 และ Other เท่ากับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สีของไมโครพลาสติกที่พบคือ สีขาว/โปร่งใส (29.2%) ส้ม/แดง (28.4%) สีดำ (23.5%) สีน้ำเงิน (16.4%) และสีเขียว (2.6%) ตามลำดับ ขนาดของไมโครพลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ $> 300 \mu\text{m}$ (11.5 – 56.6%) และ $20 - 300 \mu\text{m}$ (10.0 – 39.4%) ตามลำดับ รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือ fibers (85.6 %) other (8.2 %) film (3.3 %) fragment (1.1 %) และ sphere (1.9 %) ตามลำดับ

บทที่ 3

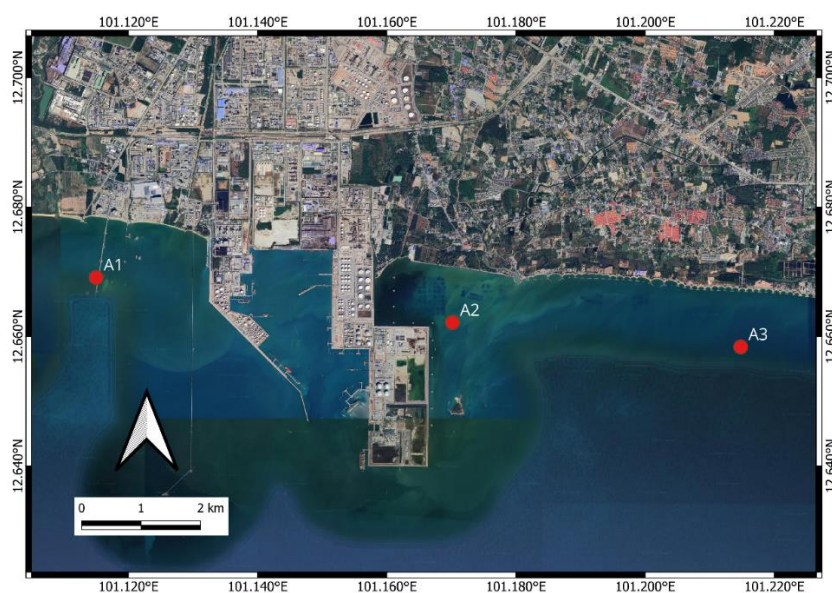
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บตัวอย่างปูม้า และปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง จำนวน 3 สถานี ดังภาพที่ 9 ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 จำนวน 3 ครั้ง ดังตารางที่ 6 โดยทำการเก็บตัวอย่างห่างจากน้ำลงต่ำสุด 1 กิโลเมตรดังภาพที่ 8

ตารางที่ 6 สถานที่ทำการศึกษา

Station	Station name	Coordinates (Latitude, Longitude)	Distance from the coast (Km)
A1	Nong Faep	12.66912, 101.11498	1
A2	Takuan	12.66217, 101.17016	1
A3	Saeng Chan	12.6584, 101.2148	1



ภาพที่ 9 สถานีเก็บตัวอย่างปูม้า และปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ที่มา: <https://www.google.co.th/maps>

3.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือน ตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 จำนวน 3 ครั้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จำนวน 3 สถานี เก็บปุ๋ยหมัก โดยทำการเก็บตัวอย่างห่างจากน้ำลงต่ำสุด 1 กิโลเมตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ครั้งที่	ฤดูกาล	วัน/เดือน/ปี
1	ฤดูฝน	กันยายน 2562 - ตุลาคม 2562
2	ฤดูหนาว	มกราคม 2563 – กุมภาพันธ์ 2563
3	ฤดูร้อน	มีนาคม 2563 - เมษายน 2563

3.3 วิธีการศึกษาไมโครพลาสติกในปุ๋ยหมัก

3.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- อวนจมปู
- เครื่องวัดพิกัด GPS
- กล้องจุลทรรศน์ Stereo microscope
- Secchi disk
- Funnel glass
- กระดาษกรอง GF/C
- ชุดเครื่องมือผ่าตัด
- Petri dish ขนาด 8 เซนติเมตร
- ตู้เก็บความเย็น
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- Beaker ขนาด 500 ml
- Aluminum foil
- Hot plate + Magnetic stirrer

3.3.2 สารเคมี

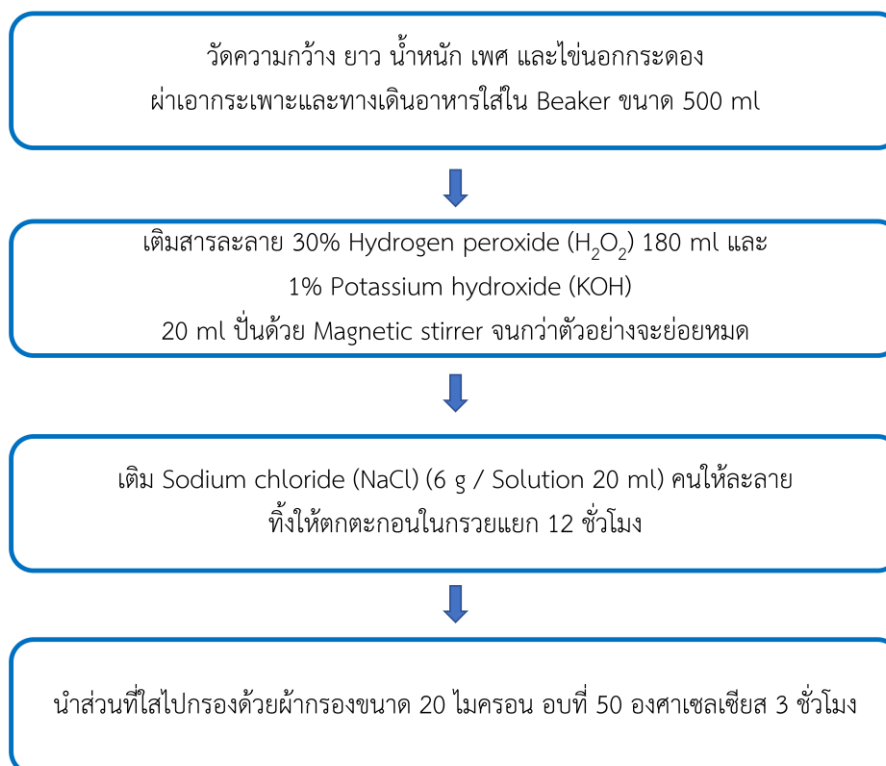
- Hydrogen peroxide 30% (H_2O_2)
- Sodium chloride (NaCl)
- Potassium hydroxide 1% (KOH)
- น้ำ Di (De-ionized water)

3.3.3 การเก็บตัวอย่างปูม้า

เก็บตัวอย่างปูม้าในช่วงเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 จำนวน 3 ครั้ง เก็บตัวอย่าง 3 จุด ด้วยอวนจมน้ำ วางตามพิกัด GPS ที่งไว้ 1 คับ (12 ชั่วโมง) เก็บตัวอย่างใส่กล่องโฟมที่มีน้ำแข็งและน้ำทะเลอัตราส่วน 3:1 เขียนชื่อแยกตามสถานี นำไปแช่ในถังน้ำแข็งก่อนนำไปรักษาสภาพที่ตู้เก็บความเย็น - 20 องศาเซลเซียส รอการวิเคราะห์หาไมโครพลาสติก

3.3.4 การสกัดตัวอย่างไมโครพลาสติกในปูม้า

สกัดไมโครพลาสติกจากกระเพาะอาหารและทางเดินอาหารด้วยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Masura et al. (2015) ดังภาพที่ 10 นำตัวอย่างใส่ใน Beaker ขนาด 500 ml เติมสารละลาย 30% Hydrogen peroxide; H_2O_2 180 ml และ 1% Potassium hydroxide (KOH) 20 ml ปิดด้วยฟอยล์แล้วนำไปปั่นด้วย Magnetic stirrer จนกว่าตัวอย่างจะย่อยหมดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเติม Sodium chloride; NaCl (6 g / Solution 20 ml) คนให้ละลาย ทิ้งให้ตกตะกอนในกรวยแยก 12 ชั่วโมง แล้วนำส่วนที่ใสไปกรองด้วยผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน แล้วนำไปอบที่ 50 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการสกัดไมโครพลาสติกออกจากปูม้า

ที่มา : Masura et al. (2015)

3.3.5 การจำแนกไมโครพลาสติกด้วยกล้อง Stereo microscope

นำไมโครพลาสติกที่อยู่บนกระดากกรองมาหาถ่ายรูปร่างด้วยกล้อง Stereo microscope นับจำนวน (Count) รูปร่าง (Shape) สี (Color) ความยาว (Length)

3.3.6 การจำแนกชนิดของไมโครพลาสติกโดย FT-IR spectrometer

ทำความสะอาดตัวอย่างไมโครพลาสติกในด้วย De-ionized water ทิ้งให้แห้งในอุณหภูมิห้องที่ป้องกันฝุ่น แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของไมโครพลาสติกด้วยเครื่อง FT-IR spectrometer นำตัวอย่างไมโครพลาสติกใส่ลงไป ใน Circular calcium fluoride crystal sample carrier (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร) ในการวิเคราะห์ FT-IR ใช้ในการหาพอลิเมอร์ตั้งต้นของไมโครพลาสติก FT-IR spectra ถูกบันทึกโดยใช้ Bruker HYPERION 3000 FT-IR microscope

3.4 การวิเคราะห์ตะกอนดิน

3.4.1 การหาขนาดอนุภาคของตะกอนดินด้วยวิธี Hydrometer method

3.4.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เตาอบ (Oven)
- ตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร
- บีเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว
- กระจบอคตกตะกอนขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- ไฮโดรมิเตอร์ลง
- เทอร์โมมิเตอร์

3.4.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำตัวอย่างดินที่เก็บมาจากแต่ละสถานีมาอบแห้งแล้วร่อนตัวอย่างดินผ่านตะแกรงขนาดตา 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคตะกอนดิน (Grain size) โดยวิธี Hydrometer method (เบ็ญจมาศ ไพบุลย์กิจกุล, 2561) ประมาณ 10 – 25 กรัม ใส่ลงในบีเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 5% Calgon ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้ว คนให้ผสมกันให้ทั่ว แล้วทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง ทำให้เม็ดดินที่จับกันเป็นก้อนแยกออกจากกัน โดยใช้แท่งแก้วคน จากนั้นเทลงในกระจบอคตกตะกอนขนาด 1,000 มิลลิลิตร ใช้ขวดน้ำกลั่นฉีดล้างเศษดินแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ทำ Blank โดยการเทสารละลาย 5% Calgon ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในกระจบอคตวง แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นตั้งไว้ใกล้กับชุดทดลองที่มีดินตัวอย่างเพื่อการอ่านค่าปรับแก้ผล ใช้แท่งแก้วคนประมาณ 5 นาที เพื่อกวนให้ดินตัวอย่างฟุ้งกระจายอย่างสม่ำเสมอ (อาจใช้เวลากวนจานแบบควนสว่างขึ้น และลง) แล้วดึงแท่งแก้วออกพร้อมทั้งเริ่มจับเวลาการทดลอง เมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที ให้ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในกระจบอคตวงให้นิ่งโดยใช้นิ้วมือประคองก้านประมาณ 10 วินาที ซึ่งอ่านค่าที่ได้ 40 วินาทีแรก (R_s) ต่อจากนั้นให้ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของกระจบอคตวงในชุดทดลอง (T_s) จดบันทึกค่าทั้งสองไว้ แล้วทำแบบเดิมใน Blank จะได้ค่าไฮโดรมิเตอร์ (R_b) และค่าเทอร์โมมิเตอร์ (T_b) เมื่อครบ 2 ชั่วโมงของตัวอย่างให้วัดค่าไฮโดรมิเตอร์ (R_{s2}) และค่าไฮโดรมิเตอร์ (T_{s2}) จากนั้นให้วัด Blank ที่ 2 ชั่วโมง จะได้ค่าไฮโดรมิเตอร์ (R_{b2}) และค่าเทอร์โมมิเตอร์ (T_{b2}) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ดังสูตร

สูตร

$$\% \text{ Silt + Clay} = \frac{(R_s - R_b) + 0.36 (T_s - T_b)}{W_d} \times 100 \quad \dots \text{ณ เวลาที่ 40 วินาที}$$

R_s = ค่า Hydrometer ของตัวอย่าง หรือชุดทดลอง ที่ 40 วินาทีแรก

R_b = ค่า Hydrometer ของ Blank ที่ 40 วินาทีแรก

T_s = ค่าอุณหภูมิของตัวอย่างหรือชุดทดลอง ที่ 40 วินาทีแรก

T_b = ค่าอุณหภูมิของของ Blank ที่ 40 วินาทีแรก

W_d = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

$$\% \text{ Clay} = \frac{(R_{s2} - R_{b2}) + 0.36 (T_{s2} - T_{b2})}{W_d} \times 100 \quad \dots \text{ณ เวลาที่ 2 ชั่วโมง}$$

R_{s2} = ค่า Hydrometer ของตัวอย่าง หรือชุดทดลอง ที่ 2 ชั่วโมง

R_{b2} = ค่า Hydrometer ของ Blank ที่ 2 ชั่วโมง

T_{s2} = ค่าอุณหภูมิของตัวอย่างหรือชุดทดลอง ที่ 2 ชั่วโมง

T_{b2} = ค่าอุณหภูมิของของ Blank ที่ 2 ชั่วโมง

W_d = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

$$\% \text{ Silt} = (\% \text{ Silt + Clay}) - \% \text{ Clay}$$

$$\% \text{ Sand} = 100 - (\% \text{ Silt + Clay})$$

3.4.2 การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ด้วยวิธีการเผา (Ignition loss method)

3.4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เตาอบ (Oven)

- ครุชีเบิล (Crucible)

- เตาเผาไฟฟ้า

3.4.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำตัวอย่างดินที่เก็บมาจากแต่ละสถานีมาอบแห้งแล้วร่อนตัวอย่างดินผ่านตะแกรงขนาดตา 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาหาสารอินทรีย์ด้วยวิธีการเผา (Ignition loss method) ด้วยวิธีของ เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล (2561) นำครุชเบิลไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักคงที่ (W1) นำตะกอนดินที่แห้งแล้วใส่ลงในถ้วยครุชเบิล 5 กรัม จดบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ (W2) นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้ให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 1.5 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้ (W3) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (% OC) และปริมาณสารอินทรีย์วัตถุ (% OM)

สูตร

$$\text{ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (\% OC)} = \frac{(W2 - W3) \times 100}{(W2 - W1)}$$

$$\text{ปริมาณสารอินทรีย์วัตถุ (\% OM)} = \%OC \times 0.58$$

3.5 การเก็บปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเลบางประการ

เก็บตัวอย่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเล ได้แก่ การนำไฟฟ้า (mS/cm) และความเค็ม (ppt) ดังตารางที่ 8 ในช่วงเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือน เมษายน 2563 ทั้งหมด 3 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 8 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเลบางประการ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	ปัจจัยที่เก็บ
ปัจจัยทางกายภาพ	การนำไฟฟ้า (mS/cm)
ปัจจัยทางเคมี	ความเค็ม (ppt)

3.6 การวิเคราะห์ผล

3.6.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณไมโครพลาสติก

วิเคราะห์การกระจายของข้อมูลเป็นปกติตามวิธี Shapiro-Wilk Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามวิธี Barlett test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณไมโครพลาสติกระหว่างฤดูกาลและระหว่างสถานีด้วยวิธี Analysis of Variance และ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.6.2 วิเคราะห์สัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกตามสถานีและฤดูกาลด้วยวิธี Principal Component Analysis

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ขนาดของตัวอย่างปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

จากการศึกษาปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจำนวน 145 ตัว เป็นเพศผู้ 54 ตัว เพศเมีย 91 ตัว โดยจำนวนปูม้าในสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์รวมทั้งหมด 49 53 และ 43 ตัว ตามลำดับ มีความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 5.21 4.72 และ 5.06 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 10.52 9.75 และ 10.33 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักของปูม้าเฉลี่ยเท่ากับ 90.30 64.92 และ 80.58 กรัม ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วขนาดตัวอย่างปูม้าที่ทำการศึกษามีความกว้าง 4.99 เซนติเมตร ยาว 10.18 เซนติเมตร และหนัก 78.14 กรัม (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความยาว ความกว้างของปูม้าในแต่ละสถานีที่ทำการศึกษา

Station	Number	Sex		Width (cm)	Length (cm)	Weight (g)
		Male	Female			
Nong Faep	49	18	31	5.21	10.52	90.31
Takuan	53	23	30	4.72	9.75	64.92
Saeng Chan	43	13	30	5.06	10.33	80.58
Sum / Average	145	54	91	4.99	10.18	78.14

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าปูม้าในสถานีตากวนมีความยาว ความกว้าง และน้ำหนักน้อยกว่าสถานีหนองแฟบและสถานีแสงจันทร์

4.2 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่พบในกระเพาะของปูม้า

จากการสกัดไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้าที่จับมาได้บริเวณสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์ แล้วนำมาภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคปเพื่อนับจำนวนสิ่งปนเปื้อน ผลการศึกษาดังตารางที่ 10 จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะปูม้าในสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์ เท่ากับ 5.5 ± 4.2 5.8 ± 2.7 และ 5.1 ± 2.7 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ หากพิจารณาตามฤดูกาลคือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ในทั้ง 3 สถานีคือ สถานี หนองแฟบ ตากวน

และแสงจันทร์ พบสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะปูม้า เท่ากับ 6.33 ± 2.50 3.87 ± 2.40 และ 6.47 ± 2.30 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณของสิ่งปนเปื้อนที่พบในกระเพาะของปูม้าแต่ละสถานีและฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

	Amount of contaminate (pieces/ ind.)			
	Nong Faep	Takuan	Saeng Chan	Average of Season
Rainy	10.2 ± 0.44	5.6 ± 2.07	3.2 ± 1.00	$6.33 \pm 2.50^*$
Winter	2.2 ± 1.48	4.8 ± 3.42	4.6 ± 2.59	3.87 ± 2.40^a
Summer	5.0 ± 2.00	6.8 ± 2.59	7.6 ± 2.30	6.47 ± 2.30^a
Average of Station	$5.5 \pm 4.2^{a+}$	5.8 ± 2.7^a	5.1 ± 2.7^a	

* The different superscript between column is significantly different ($p < 0.05$).

+ The different superscript between row is significantly different ($p < 0.05$).

4.3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า

จากการสกัดไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้าที่จับมาได้บริเวณสถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ แล้วนำมาภายใต้กล้องสเตอริโอไมโครสโคปเพื่อนับจำนวนสิ่งปนเปื้อน ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 10 แล้วนำมายืนยันด้วย FI - IR จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้าในสถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ เท่ากับ 0.6 ± 1.2 1.5 ± 2.6 และ 1.4 ± 2.6 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ หากพิจารณาตามฤดูกาลคือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ในทั้งสามสถานีคือ หนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ พบไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้า เท่ากับ 0.8 ± 1.7 0.6 ± 1.2 และ 2.2 ± 3.2 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะอาหารของปูม้า (ชิ้น/ตัว) แต่ละสถานี และฤดูกาล บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

	Amount of microplastics (pieces/ ind.)			
	Nong Faep	Takuan	Saeng Chan	Average of Season
Rainy	0.9 ± 2.0	0.6 ± 1.3	1.0 ± 2.2	0.8 ± 1.7 ^{a*}
Winter	0.4 ± 0.8	0.6 ± 0.8	0.8 ± 1.7	0.6 ± 1.2 ^a
Summer	0.6 ± 1.3	3.2 ± 3.4	2.6 ± 3.7	2.2 ± 3.2 ^a
Average of Station	0.6 ± 1.2 ^{a+}	1.5 ± 2.6 ^a	1.4 ± 2.6 ^a	

* The different superscript between column is significantly different (p<0.05).

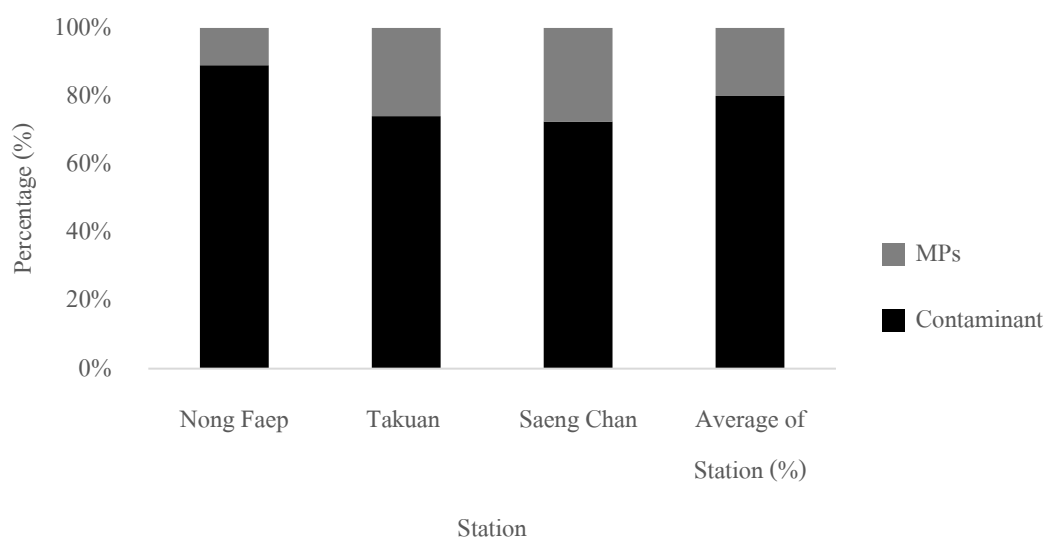
+ The different superscript between row is significantly different (p<0.05).

4.4 สัดส่วนร้อยละของปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติก

เมื่อนำปริมาณของสิ่งปนเปื้อนกับปริมาณไมโครพลาสติกในกระเพาะอาหารของปูม้ามาศึกษาสัดส่วนร้อยละของปริมาณไมโครพลาสติกที่พบบริเวณสถานีหนองแพบ ดากวน และแสงจันทร์ มีค่าเท่ากับ 10.9 25.9 และ 27.5 ของสิ่งปนเปื้อนที่พบ ตามลำดับ ดังนั้นจากการศึกษาพบว่ามีสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะอาหารของปูม้าในทั้ง 3 สถานี เฉลี่ย 5.5 ± 2.3 ชิ้น/ตัว และเมื่อนำมายืนยันด้วย FT-IR พบปริมาณไมโครพลาสติก 1.1 ± 1.0 ชิ้น/ตัว หรือคิดเป็น 21.5 เปอร์เซ็นต์ของสิ่งปนเปื้อนที่พบดังตารางที่ 12 และภาพที่ 11

ตารางที่ 12 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะอาหารของปูม้าใน
บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

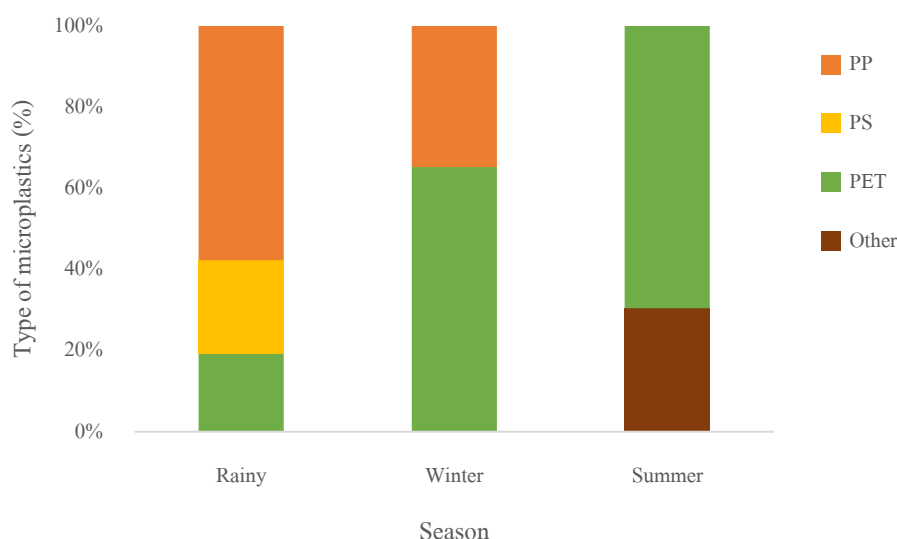
	Average of contaminant (pieces/ ind.)	Average of MPs (pieces/ ind.)	Amount of MPs found compared to contaminants (%)
Nong Faep	5.5 ± 4.2	0.6 ± 1.2	10.9 %
Takuan	5.8 ± 2.7	1.5 ± 2.6	25.9 %
Saeng Chan	5.1 ± 2.7	1.4 ± 2.6	27.5 %
Average of Station (%)	5.5 ± 2.3	1.1 ± 1.0	21.5 %



ภาพที่ 11 สัดส่วนร้อยละของปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติก

4.5 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า

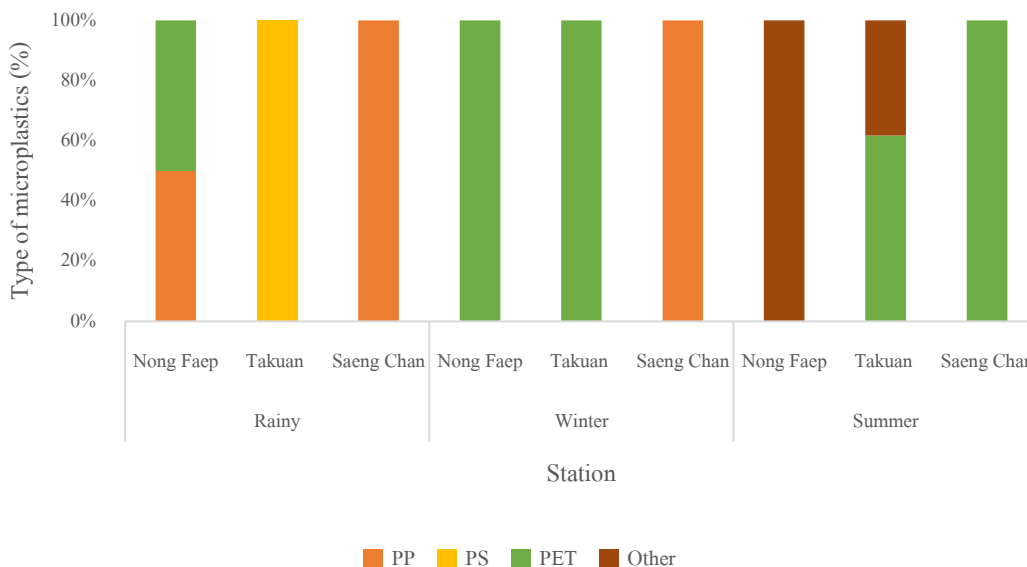
จากการยืนยันชนิดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปูม้าบริเวณสถานีหนองแพปลาควน และแสงจันทร์ตามฤดูฝน ร้อน และหนาว พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyethylene terephthalate (PET) และ Other หมายถึงพลาสติกชนิดอื่น ๆ เช่น PVDC Polyester PVA และ PTFE เป็นต้น ตามลำดับ จากภาพที่ 12 พบว่าในฤดูฝนพบไมโครพลาสติก ชนิด PP PS และ PET เท่ากับ 58 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกชนิด PET และ PE เท่ากับ 65 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกชนิด PET และ Other เท่ากับ 70 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 12 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล

หากพิจารณาตามสถานีพบว่าในสถานีหนองแพปลาควนพบไมโครพลาสติกชนิด PP และ PET เท่ากับ 50 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกชนิด PET เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกชนิด Other เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สถานีคากวนในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกชนิด PS เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกชนิด PET เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกชนิด PET และ Other เท่ากับ 61.8 และ 38.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสถานีแสงจันทร์ในฤดูฝนและฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกชนิด

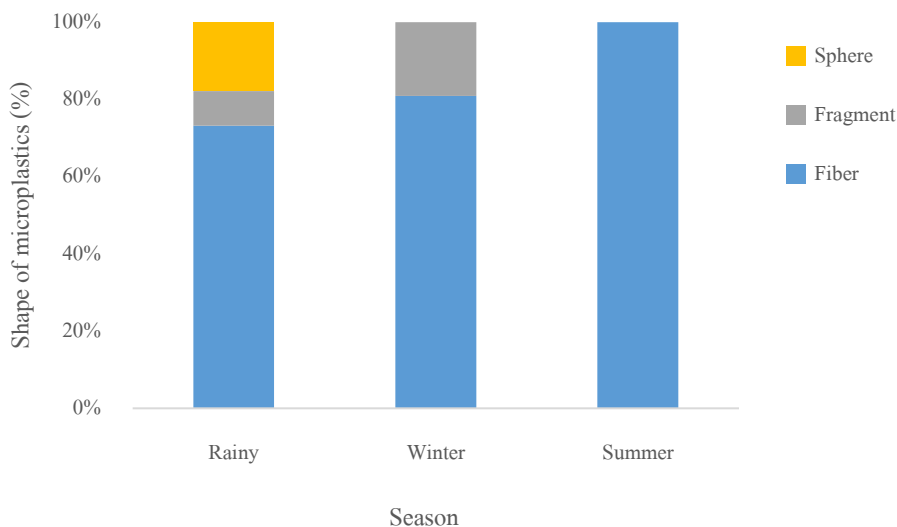
PP เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกชนิด PET เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

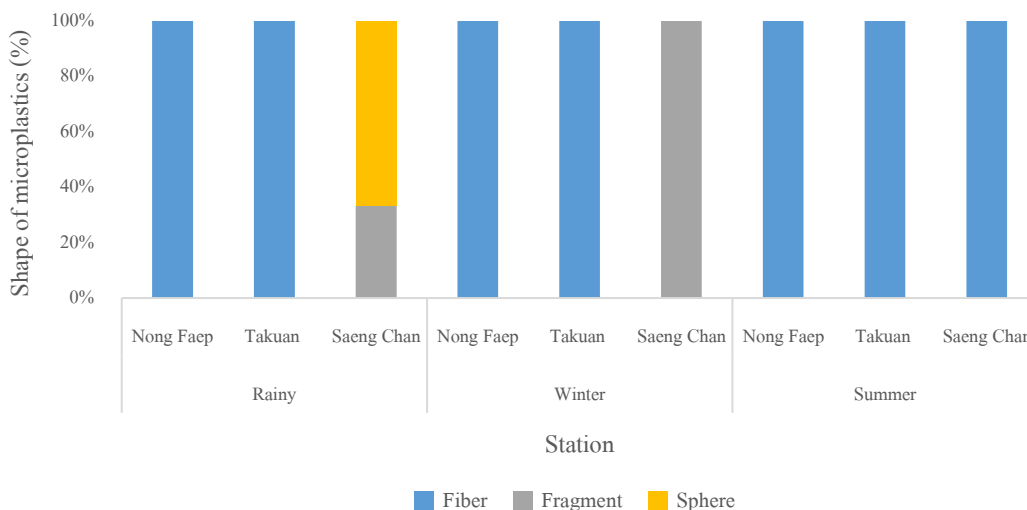
4.6 รูปร่างของไมโครพลาสติก

รูปร่างของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปูม้าบริเวณสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์ตามฤดูฝน ร้อน และหนาว พบรูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 รูปร่าง คือ Fiber Sphere และ Fragment จากภาพที่ 14 พบว่าในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber Sphere และ Fragment เท่ากับ 73 18 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber และ Fragment เท่ากับ 81 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 14 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล

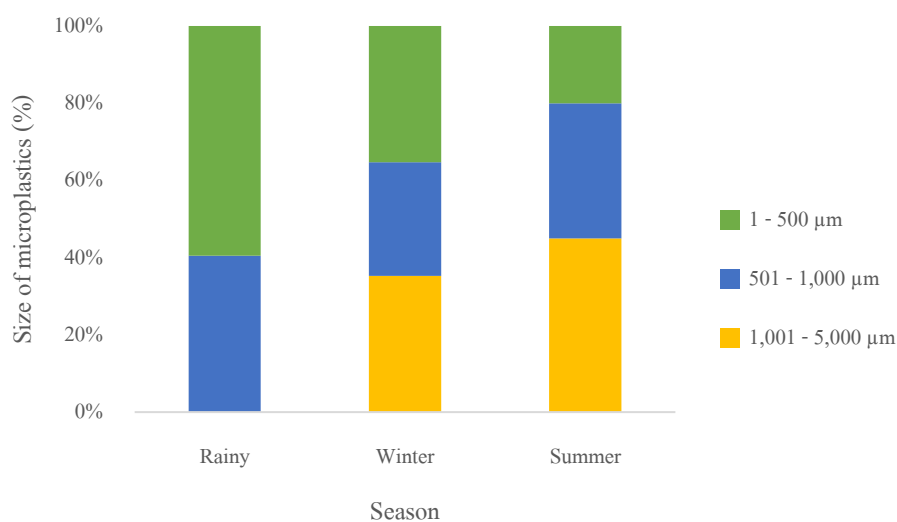
หากพิจารณาตามสถานีพบว่าในสถานีหนองแพะทั้ง 3 ฤดูกาลพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber 100 เปอร์เซ็นต์ ในสถานีตากวนทั้ง 3 ฤดูกาลพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน ส่วนสถานีแสงจันทร์ในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Sphere และ Fragment เท่ากับ 66.7 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fragment 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

4.7 ขนาดของไมโครพลาสติก

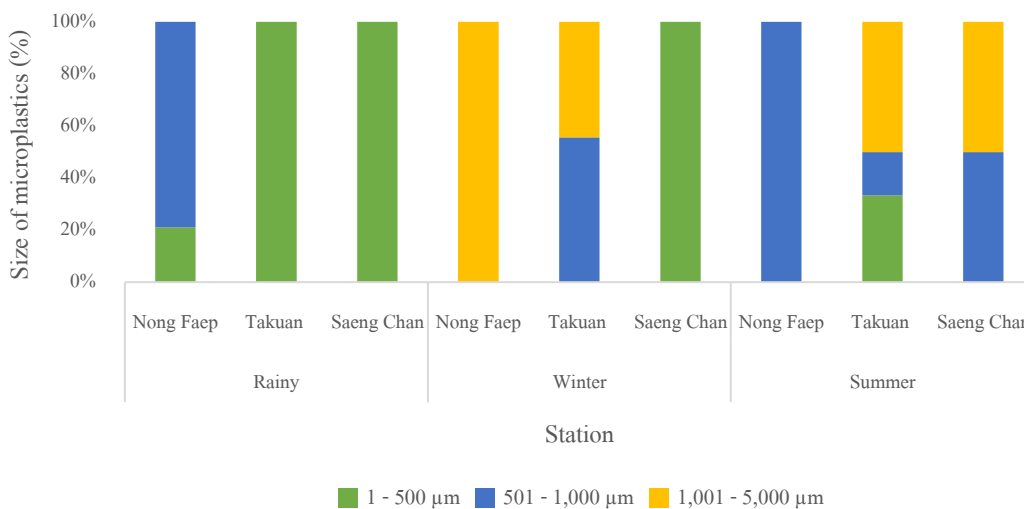
ขนาดของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปูม้าบริเวณสถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ตามฤดูฝน ร้อน และหนาว แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ 1 – 500 μm 501 – 1,000 μm และ 1,001 – 5,000 μm จากภาพที่ 16 พบว่าในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกที่มีขนาด 1 – 500 μm และ 501 – 1,000 μm เท่ากับ 59.5 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกที่มีขนาด 1 – 500 μm 1,001 – 5,000 μm และ 501 – 1,000 μm เท่ากับ 35.3 35.3 และ 29.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกที่มีขนาด 1,001 – 5,000 μm 501 – 1,000 μm และ 1 – 500 μm เท่ากับ 45.0 35.0 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 16 ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล

หากพิจารณาตามสถานีพบว่าในสถานีหนองแพบในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกขนาด 501 – 1,000 μm และ 1 - 500 μm เท่ากับ 78.9 และ 21.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกขนาด 1,001 - 5,000 μm เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนไมโครพลาสติกขนาด 501 – 1,000 μm เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สถานีตากวนในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกขนาด 1 - 500 μm เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกขนาด 501 – 1,000 μm และ 1,001 - 5,000 μm เท่ากับ 55.6 และ 44.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกขนาด 1,001 - 5,000 μm 1 - 500 μm และ 501 – 1,000 μm เท่ากับ 50.0 33.3 และ 16.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสถานีแสงจันทร์ในฤดูฝนและฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกขนาด 1 - 500 μm เท่ากับ 100

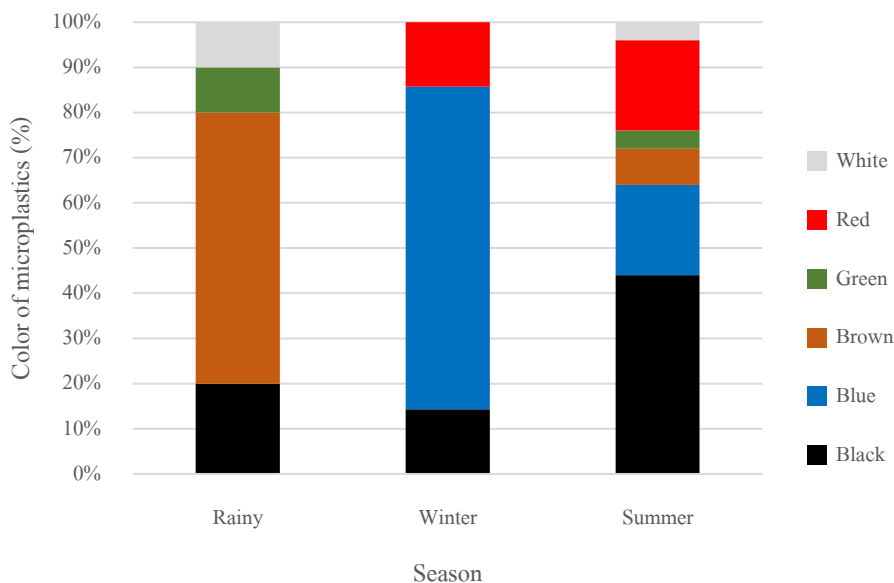
เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกขนาด 501 – 1,000 μm และ 1,001 - 5,000 μm เท่ากับ 50.0 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบในปูมำบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

4.8 สีของไมโครพลาสติก

สีของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปูมำบริเวณสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์ ตามฤดูฝน ร้อน และหนาว ในพื้นที่ทำการศึกษาค้นพบสีของไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 สี คือ สีดำ (Black) สีฟ้า (Blue) สีน้ำตาล (Brown) สีเขียว (Green) สีแดง (Red) และสีขาว (White) ดังภาพที่ 17 พบว่าฤดูฝนพบไมโครพลาสติกจำนวน 4 สี คือ Brown Black Green และ White เท่ากับ 60 20 10 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติก 3 สี คือ Blue Black และ Red เท่ากับ 71.4 14.3 และ 14.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติก 6 สี คือ Black Blue Red Brown Green และ White เท่ากับ 44 20 20 8 4 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 18)

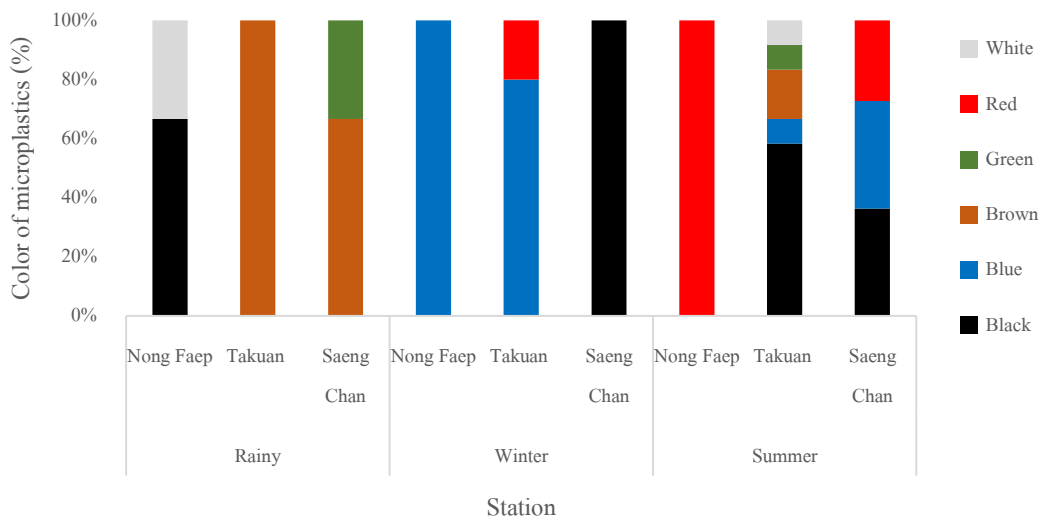


ภาพที่ 18 สีของไมโครพลาสติกที่พบตามฤดูกาล

หากพิจารณาตามสถานีพบว่าในสถานีหนองแพปลในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกสี Black และ White เท่ากับ 66.7 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกสี Blue เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อน พบไมโครพลาสติกสี Red เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สถานีตากวนในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกสี Brown เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกสี Blue และ Red เท่ากับ 80.0 และ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกสี Black Brown Blue Green และ White = เท่ากับ 58.3 16.7 8.3 8.3 และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสถานีสถานีแสงจันทร์ในฤดูฝนพบไมโครพลาสติกสี Brown และ Green เท่ากับ 66.7 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ฤดูหนาวพบไมโครพลาสติกสี Black เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และฤดูร้อนพบไมโครพลาสติกสี Black Blue และ Red เท่ากับ 36.4 36.4 และ 27.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 19)



4052049382

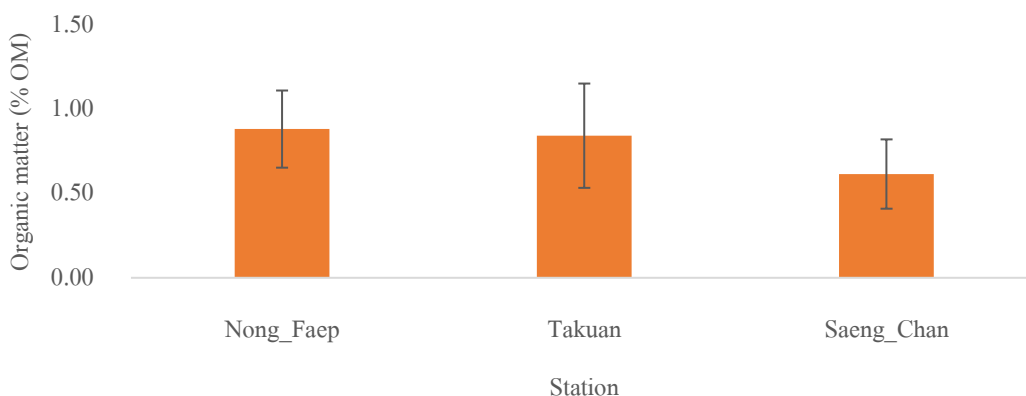


ภาพที่ 19 สีของไมโครพลาสติกที่พบในปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

4.9 ผลการวิเคราะห์ตะกอนดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

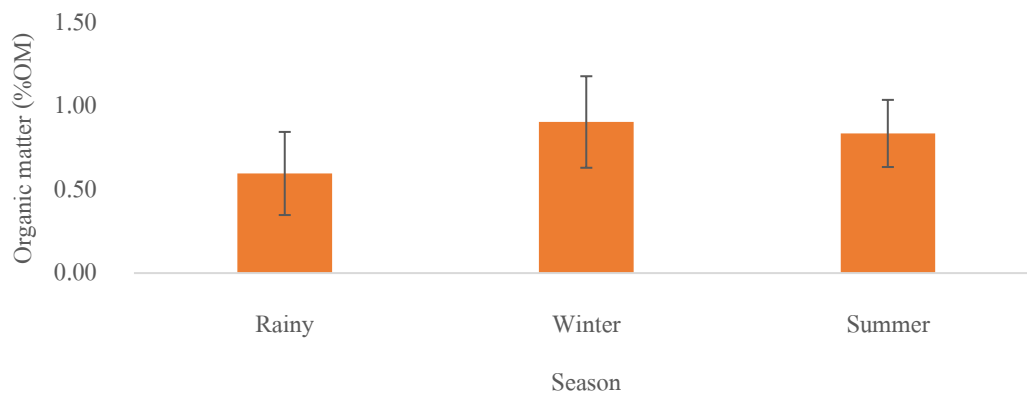
4.9.1 อินทรีย์วัตถุในดิน

ผลการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (% OM) บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด โดยที่สถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ มีค่าอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยอยู่ที่ 0.88 ± 0.23 0.84 ± 0.31 และ 0.62 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 อินทรีย์วัตถุในดินตามสถานีบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

เมื่อศึกษาตามฤดูกาล พบว่าฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน มีค่าอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยอยู่ที่ 0.60 ± 0.25 0.91 ± 0.27 และ 0.84 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 อินทรีย์วัตถุในดินตามฤดูกาลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

4.9.2 ตะกอนดิน

ผลการวิเคราะห์อนุภาคของตะกอนดินที่เก็บจากสถานีหนองแฟบ ตากวน และแสงจันทร์ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่า บริเวณสถานีตากวนเป็นอนุภาคดินทราย สถานีตากวนเป็นอนุภาคดินทราย และสถานีแสงจันทร์เป็นอนุภาคดินทราย เมื่อพิจารณาอนุภาคดินตามฤดูกาล พบว่าฤดูฝนเป็นอนุภาคดินทราย ฤดูหนาวเป็นอนุภาคดินทราย และฤดูร้อนเป็นอนุภาคดินทราย จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง มีอนุภาคดินเป็นประเภทดินทราย (ตารางที่ 13)

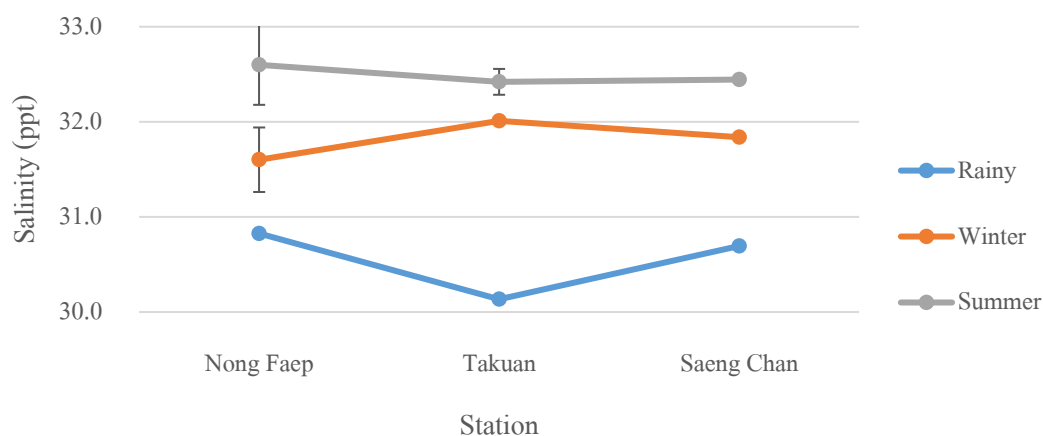
ตารางที่ 13 การประเมินขนาดของดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

Season	Station	Size of soil texture			Soil texture
		Sand	Slit	Clay	
Rainy	Nong Faep	100	0	0	Sand
	Takuan	100	0	0	Sand
	Saeng Chan	96.1	3.33	0.67	Sand
Winter	Nong Faep	100	0	0	Sand
	Takuan	100	0	0	Sand
	Saeng Chan	96	4	0	Sand
Summer	Nong Faep	100	0	0	Sand
	Takuan	99.34	0.66	0	Sand
	Saeng Chan	96.00	4	0	Sand

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

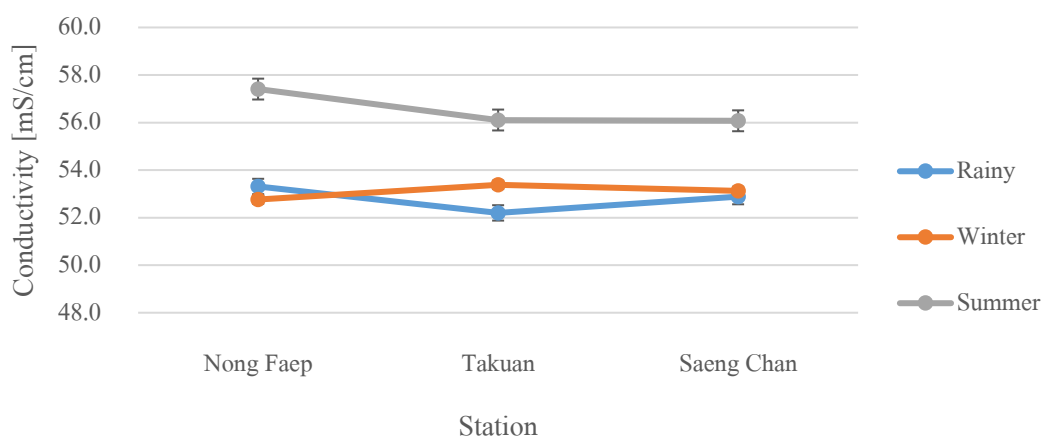
4.10.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

จากการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่สถานีหนองแฟบ (Nong Faep) ตากวน (Takuan) และแสงจันทร์ (Saeng Chan) ในแต่ละฤดูฝน (Rainy) หนาว (Winter) และร้อน (Summer) พบว่าความเค็ม (Salinity) อยู่ที่ 30.52 ± 0.46 31.80 ± 0.21 และ 32.49 ± 0.09 ppt ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วพบว่าความเค็มบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดอยู่ที่ 31.60 ± 0.88 ppt (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 ค่าความเค็มบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

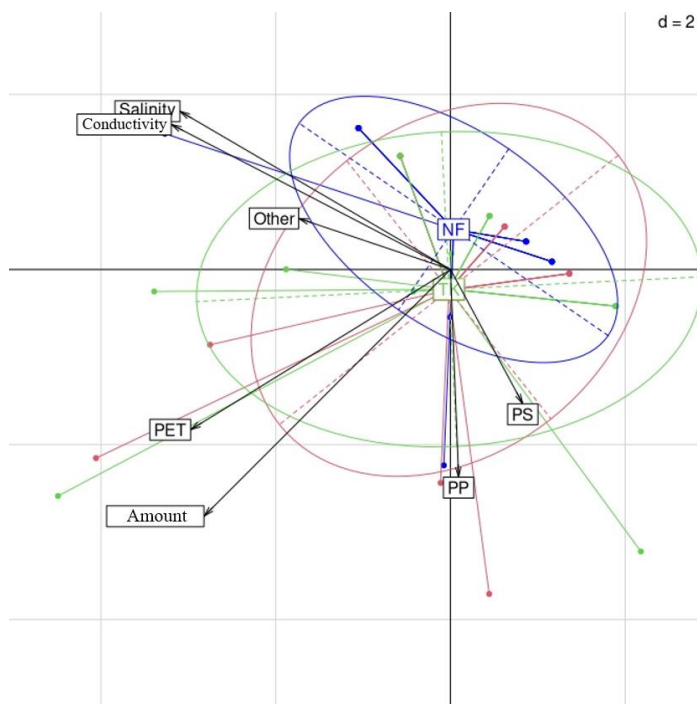
จากภาพที่ 23 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) อยู่ที่ 52.79 ± 0.74 53.07 ± 0.30 และ 56.54 ± 0.66 mS/cm ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วพบว่าค่าความนำไฟฟ้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรม มาบตาพุดอยู่ที่ 54.13 ± 1.83 mS/cm



ภาพที่ 23 ค่าความนำไฟฟ้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

4.10.2 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไมโครพลาสติก ชนิดของพลาสติก ได้แก่ PP PS PET และ Other และสถานีเก็บตัวอย่าง ได้แก่ สถานีหนองแฟบ สถานีตากวน และสถานีแสงจันทร์ ใน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน และปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเค็ม (Salinity) และความนำไฟฟ้า (Conductivity) จากการศึกษาพบว่าชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในสถานีต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกันทั้ง 3 สถานี ปริมาณของไมโครพลาสติกในทั้ง 3 สถานีมีความคล้ายคลึงกันอีกด้วย ชนิดของพลาสติกชนิด PP พบได้มากในสถานีหนองแฟบและแสงจันทร์ PS พบได้มากในสถานีตากวน PET พบมากในสถานีตากวนและสถานีแสงจันทร์ และพลาสติก Other มีโอกาสพบได้ทั้ง 3 สถานี และความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในด้านความเค็มเกี่ยวข้องกับไมโครพลาสติกทั้ง 3 สถานี แต่ไม่เด่นชัด และค่าการนำไฟฟ้าเกี่ยวข้องกันทั้ง 3 สถานี แต่ไม่เด่นชัด (ภาพที่ 24)

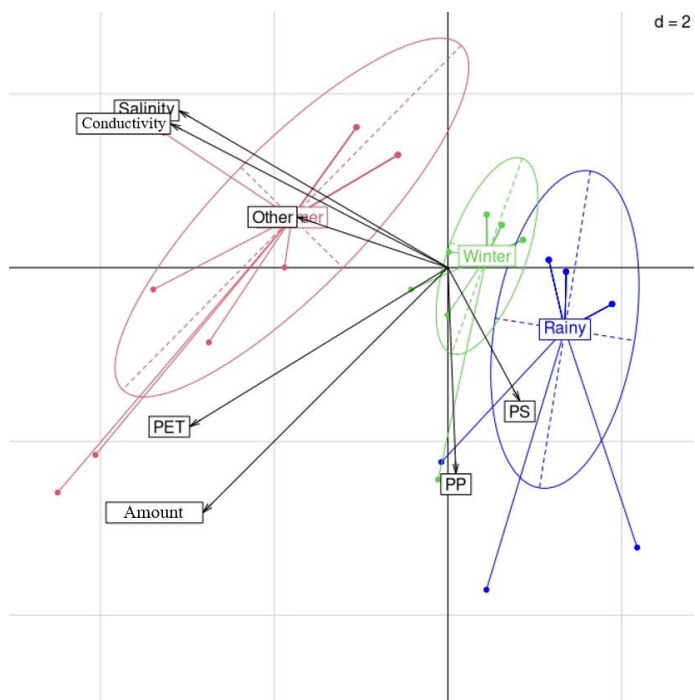


ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกตามสถานี

(NF,TK,SC หมายถึงหนองแฟบ ตากวน และ แสงจันทร์ตามลำดับ PP, PS , PET, Other หมายถึง Polypropylene, Polystyrene , Polyethylene terephthalate และ พลาสติกชนิดอื่น ๆ หมายถึง PVDC Polyester PVA และ PTFE เป็นต้น ตามลำดับ Amount หมายถึง ปริมาณไมโครพลาสติก Salinity หมายถึง ความเค็ม และ Conductivity หมายถึง ค่าการนำไฟฟ้า)

4.10.3 ความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกในแต่ละฤดูกาล

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติก ฤดูกาล และปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่า ชนิดของไมโครพลาสติกมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าในฤดูฝนและฤดูหนาวมีชนิดของไมโครพลาสติกที่คล้ายกัน ในขณะที่ฤดูร้อนจะแตกต่างกันออกไป พลาสติกชนิด PS และ PP พบได้มากในฤดูฝนและหนาว สำหรับไมโครพลาสติกชนิดอื่น ๆ (Other) พบได้ในช่วงฤดูร้อน และไมโครพลาสติก ชนิด PET พบมากในฤดูร้อนและฤดูหนาว และพบความสัมพันธ์ในฤดูร้อนกับความเค็มและการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณไมโครพลาสติกตามฤดูกาล

(Rainy, Winter, Summer หมายถึง ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนตามลำดับ PP, PS , PET, Other หมายถึง Polypropylene, Polystyrene , Polyethylene terephthalate และพลาสติกชนิดอื่น ๆ หมายถึง PVDC Polyester PVA และ PTFE เป็นต้น ตามลำดับ Amount หมายถึง ปริมาณไมโครพลาสติก Salinity หมายถึง ความเค็ม และ Conductivity หมายถึง ค่าการนำไฟฟ้า)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

การศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดระยอง ระยะเวลาการศึกษาเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ทั้งหมด 3 สถานี คือ สถานีหนองแพบ สถานีตากวน และสถานีแสงจันทร์ สามารถอภิปรายผลดังนี้

5.1.1 ขนาดของตัวอย่างปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างปูม้าเป็นเพศผู้ 54 ตัว เพศเมีย 91 ตัว ที่มีขนาดความกว้างเฉลี่ย 4.99 ± 0.62 เซนติเมตร ยาว 10.18 ± 1.19 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 78.14 ± 29.51 กรัม ซึ่งเป็นขนาดของปูม้าที่ขนาดมากกว่า 8.5 เซนติเมตร ตามมาตรการควบคุมการจับสัตว์น้ำขนาดเล็ก เพื่อกำหนดให้ชนิดและขนาดที่เหมาะสมของสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ที่จะใช้กำหนดมาตรการอนุรักษ์และบริหารจัดการ ตามมาตรา 57 และ 71(2) (กรมประมง, 2565) สามารถจับมารับประทานได้

จากงานวิจัยของ Vries et al. (2020) ได้ทำการศึกษขนาดของปลากับการกินไมโครพลาสติกในปลา 2 ชนิด บริเวณไอซ์แลนด์ ได้แก่ปลา *Gadus morhua* จำนวน 39 ตัว มีความยาวเฉลี่ยที่ 85.3 ± 8.7 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 6.09 ± 1.80 กิโลกรัม พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.23 ชิ้น/ตัว และปลา *Pollachius virens* จำนวน 46 ตัว ความยาวเฉลี่ยที่ 59 ± 11.7 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 1.95 ± 1.25 กิโลกรัม พบไมโครพลาสติกเฉลี่ย 0.28 ชิ้น/ตัว พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของปลากับปริมาณไมโครพลาสติกเพราะว่าการกินและการขับถ่ายส่งผลให้พบไมโครพลาสติกแบบสุ่ม แต่งานวิจัยของ Gad and Midway (2022) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไมโครพลาสติกกับขนาดปลาพื้นเมือง 2 ชนิด ได้แก่ Hardhead catfish (*Ariopsis felis*) 40 ตัว และ Southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) 50 ตัว บริเวณปากแม่น้ำอ่าวเม็กซิโก จากการศึกษาพบว่าปริมาณของไมโครพลาสติกในปลา Hardhead catfish เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับความยาวลำตัวเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณของไมโครพลาสติกในปลา Southern flounder ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความยาวลำตัวที่เพิ่มขึ้น



4052049382

BUU-1Thesis 61910102 thesis / rev: 03072566 12:12:53 / seq: 90

ตารางที่ 14 ความกว้าง ยาว และน้ำหนักของปูม้าเมื่อเทียบกับปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบ

Station	Width (cm)	Length (cm)	Weight (g)	Amount of Microplastics
Nong Faep	5.21 ± 0.56	10.52 ± 1.34	90.31 ± 28.68	0.6 ± 1.2
Takuan	4.72 ± 0.52	9.75 ± 0.96	64.92 ± 25.43	1.5 ± 2.6
Saeng Chan	5.06 ± 0.69	10.33 ± 1.15	80.58 ± 20.08	1.4 ± 1.0
Average	4.99 ± 0.62	10.18 ± 1.19	78.14 ± 29.51	

5.1.2 ปริมาณสิ่งปนเปื้อนและไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะของปูม้า

การศึกษาสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะปูม้าในสถานีหนองแพบ ดากวน และแสงจันทร์ ที่ได้จากการสกัดด้วย 30 เปอร์เซ็นต์ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) พบสิ่งปนเปื้อนในกระเพาะของปูม้าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.5 ± 2.3 ชิ้น/ตัว และเมื่อนำสิ่งปนเปื้อนที่ได้ไปยืนยันชนิดของไมโครพลาสติกด้วยเครื่องมือ FT-IR พบว่าเป็นไมโครพลาสติก 1.1 ± 1.0 ชิ้น/ตัว หรือคิดเป็น 21.5 เปอร์เซ็นต์ของสิ่งปนเปื้อนที่พบ เมื่อเทียบกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในกลุ่มสัตว์น้ำ เช่น งานวิจัยของ Waite et al. (2018) ศึกษาปู Atlantic mud crab (*Panopeus herbstii*) ในปากแม่น้ำฟลอริดา (Florida estuary) ซึ่งพบไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 4.2 ชิ้น/ตัว Welden et al. (2018) ศึกษาปูแมงมุม (*Maja squinado*; European spider crab) บริเวณทะเล เซลติก (Celtic Sea) ประเทศไอร์แลนด์ พบไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 1.39 ± 0.97 ชิ้น/ตัว และงานวิจัยของ Waddell et al. (2020) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในปูม้า (*Callinectes sapidus*) บริเวณ Corpus Christi Bay สหรัฐอเมริกา พบไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 0.87 ชิ้น/ตัว

งานวิจัยของ Prarat et al. (2020) ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณหาดสุชาดา แสงจันทร์ และแหลมเจริญ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณของไมโครพลาสติกบริเวณหาดสุชาดาพบมากที่สุด (728.33 ± 312.56 ชิ้น/กิโลกรัม น้ำหนักดินแห้ง) รองลงมาเป็นหาดสุชาดา (553.33 ± 96.06 ชิ้น/กก. น้ำหนักดินแห้ง) และหาดแหลมเจริญน้อยที่สุด (423.33 ± 256.88 ชิ้น/กิโลกรัม น้ำหนักดินแห้ง) การศึกษาปริมาณของไมโครพลาสติกในดินตะกอนที่พบในสถานีหาดสุชาดา (ใกล้สถานีหนองแพบ) มากกว่าสถานีแสงจันทร์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

การศึกษาไมโครพลาสติกที่กล่าวมานั้นไม่ว่าจะเป็นการศึกษาในประเทศหรือต่างประเทศ จะแสดงให้เห็นว่าปริมาณของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัด ระยอง มีปริมาณที่ไม่มากเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบปริมาณของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ ดินตะกอน และเครื่องมือที่ใช้ ยืนยันไมโครพลาสติก

FT-IR / Raman spectroscopy or Other	Sample	Amount	Reference
Stereo microscope	eastern Oyster (<i>Crassostrea virginica</i>)	20.3 ชิ้น/ตัว	Waite et al. (2018)
	Atlantic mud crab (<i>Panopeus herbstii</i>)	4.2 ชิ้น/ตัว	
FT-IR	ปลาลิ้นหมา (<i>Pleuronectes plastessa</i>)	1.46 ± 1.02 ชิ้น/ตัว	Welden et al. (2018)
	ปูแมงมุม (<i>Maja squinado</i>)	1.39 ± 0.79 ชิ้น/ตัว	
FT-IR	ปูม้า (<i>Callinectes Sapidus</i>)	0.87 ชิ้น/ตัว	Waddell et al. (2020)
ATR-FTIR	ดินตะกอน	568 ± 153.05 ชิ้น/กก. น้ำหนักดินแห้ง	Prarat et al. (2020)
FT-IR	ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	1.1 ± 1.0 ชิ้น/ตัว	This study

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเมื่อนำสิ่งปนเปื้อนที่พบในกระเพาะปูม้านั้นนำมายืนยันด้วย เครื่องมือ FT-IR พบว่ามีเพียง 21.5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เป็นไมโครพลาสติก อย่างไรก็ตามการใช้ Stereo microscope เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะศึกษาไมโครพลาสติก จึงจำเป็นต้องใช้ FT-IR ในการยืนยันชนิดและปริมาณให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (Song et al., 2015) ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบสิ่งปนเปื้อน และปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างเมื่อขึ้นชั้นด้วย FT-IR

Sample	Average of contaminated	Average of MPs	Percentage of MPs and contaminated	Reference
ปลาลิ้นหมา (<i>Pleuronectes platessa</i>)	109 ชิ้น	79 ชิ้น	72.5 %	Welden, et al. (2018)
ปูแมงมุม (<i>Maja squinado</i>)	54 ชิ้น	32 ชิ้น	59.3 %	
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	5.5 ± 2.3 ชิ้น/ตัว	1.1 ± 1.0 ชิ้น/ตัว	21.5 %	This study

นอกจากการศึกษาไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตแล้วนั้นยังมีงานวิจัยไมโครพลาสติกที่ใช้ FT-IR ให้การวิเคราะห์ในสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น บริเวณชายหาด (Akkajit et al., 2021) ในดิน ตะกอนและน้ำทะเล (Song et al., 2015) น้ำจืด (Kasamesiri and Thaimuangphol, 2020) แม้กระทั่งในหิมะที่ Antarctic (Aves et al., 2022) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือ FT-IR มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการศึกษาไมโครพลาสติก

5.1.3 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในกระเพาะปูม้า

จากการขึ้นชั้นชนิดของไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้าด้วย FT-IR พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด คือ PP PS PET และ Other ซึ่งในการศึกษารั้งนี้พบไมโครพลาสติกชนิด PET มากที่สุด (56.7 %) รองลงมาเป็น ไมโครพลาสติกชนิด PP (21.0 %) Other (16.9 %) และพบไมโครพลาสติกชนิด PS น้อยที่สุด (5.5 %) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยกลุ่มปูด้วยกันของ Waddell et al. 2020 ศึกษาไมโครพลาสติกในปูม้า (*Callinectes sapidus*) พบไมโครพลาสติกชนิด Other PET และ PS ที่ 88.9 5.6 และ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบชนิดของไมโครพลาสติกในสัตว์น้ำ ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ ยืนยันไมโครพลาสติก

Sample	FT-IR / Raman spectroscopy or Other	Type of Microplastics	Reference
ปูม้า (<i>Callinectes Sapidus</i>)	FT-IR	Other 88.9 % PET 5.6 % และ PS 5.6 %	Waddell et al. (2020)
ตะกอนดิน	FT-IR	PET 33.1 % PS 4.1% PP 2.4 % PU 2.5 % PVC 1.6 % Epoxy 0.2 % และ Other 0.6	Akkajit et al. (2021)
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	FT-IR	PP (56.7 %) PP (21.0 %) Other (16.9 %) และ PS (5.5 %)	This study

จากข้อมูลงานวิจัยของ GESAMP (2019) สามารถที่จะบ่งบอกถึงวัสดุต้นตอที่เป็นที่มาของไมโครพลาสติกได้ ดังตารางที่ 18 โดยพบว่าไมโครพลาสติกชนิด PP เป็นพลาสติกที่นำมาทำเชือก ฝาขวด อุปกรณ์ทำการประมงต่าง ๆ ไมโครพลาสติกชนิด PS เป็นพลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว ไมโครพลาสติกชนิด PET สามารถพบได้ทั่วไปเช่น ขวดน้ำดื่ม หรือเชือกรัดของ และไมโครพลาสติกชนิด Other สามารถพบได้ทั่วไป โดยไมโครพลาสติกเหล่านี้อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของพลาสติกชิ้นใหญ่ในพื้นที่ หรืออาจจะเกิดจากการพัดพามาตามกระแสน้ำมาจากแหล่งอื่น เช่น ปากแม่น้ำ ลำคลอง ท่อน้ำทิ้งต่าง ๆ เป็นต้น

ตารางที่ 18 ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบและการนำไปใช้
ที่มา : GESAMP (2019)

Polymer	Common applications
Polypropylene (PP)	เชือก, ฝาขวด, อุปกรณ์ประมง, เชือกรั้วของ
Polystyrene (PS)	เครื่องใช้ในครัว, ตู้คอนเทนเนอร์
Poly (ethylene terephthalate) (PET)	ขวด, เชือกรั้วของ
Other	โฟม เรซิน ไลน์ลอน

เมื่อนำข้อมูลชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีหนองแพบ ตากวน และแสงจันทร์ ตามฤดูฝน หนาว และร้อน มาแสดงเป็นแผนที่ในระบบ GIS ซึ่งจากภาพที่ 26 พบว่าไมโครพลาสติก ชนิด PET พบได้มากที่สุด และยังพบได้ในทุกสถานี รองลงมาเป็นไมโครพลาสติกชนิด PP พบมากที่สุดที่สถานีแสงจันทร์ซึ่งอยู่ใกล้กับปากแม่น้ำระยอง ไมโครพลาสติกชนิด PS พบได้ในสถานีตากวน และไมโครพลาสติกชนิด Other พบได้ในสถานีหนองแพบ แสดงให้เห็นว่าชนิดของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่พบได้ในทุก ๆ สถานีเนื่องจากพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างมีลักษณะคล้ายกัน เช่น พื้นที่ทำการประมง ท้องเที่ยว และยังมีลำคลองที่รองรับน้ำทิ้งมารวมกันที่อยู่อาศัยโดยรอบในทุกสถานีที่เก็บตัวอย่างซึ่งอาจมีไมโครพลาสติกปนเปื้อนมาด้วย



ภาพที่ 26 ชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล

5.1.4 รูปร่างของไมโครพลาสติก

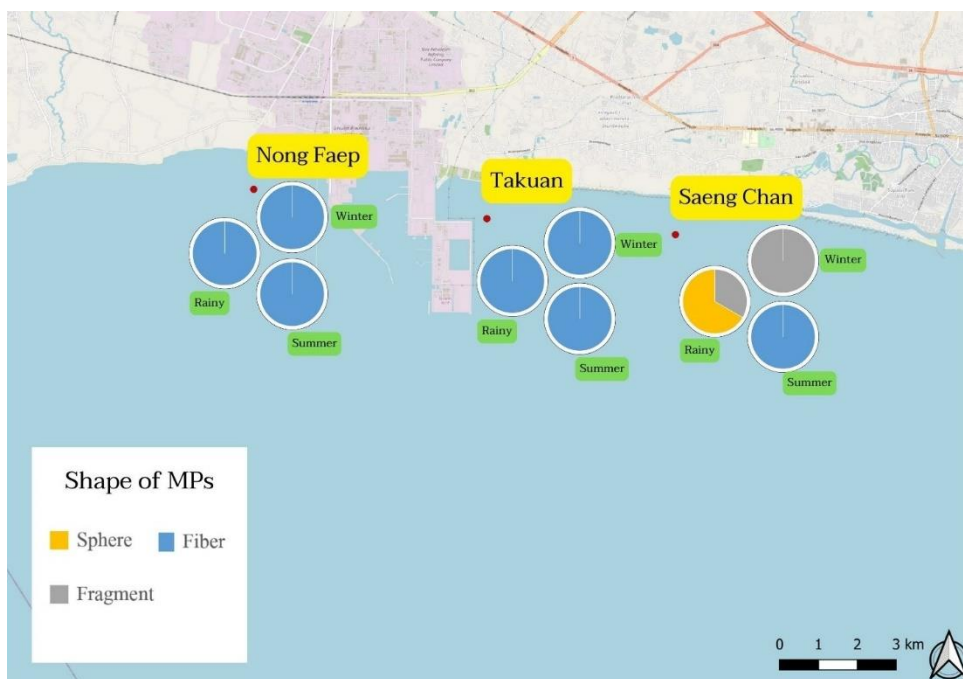
จากการศึกษาไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้าพบรูปร่างของไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 รูปร่าง คือ Fiber Fragment และ Sphere เท่ากับ 90.3 5.8 และ 3.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่างานวิจัยในครั้งนี้นี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Waddell et al. (2020) ที่ได้ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในปูม้า (*Callinectes sapidus*) บริเวณ Corpus Christi Bay สหรัฐอเมริกา ในตัวอย่างปูม้า ตัวอย่างปูม้า 39 ตัว พบรูปร่างของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ได้แก่ Fiber 49 ชิ้น และมี Fragment 2 ชิ้น และ Film 1 ชิ้น ตามลำดับ และผลจากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่ารูปร่าง Fiber พบได้มากที่สุด (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบรูปร่างของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ยืนยันไมโครพลาสติก

Sample	FT-IR / Raman spectroscopy or Other	Shape	Reference
ดินตะกอน	Stereo microscope	Fiber 175.8 ± 8.15 ชิ้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม รูปร่าง 117.19 ± 7.15 ชิ้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม	คริสมาส พัฒนศิรินนท์ และ จริยวดี สุริยพันธุ์ (2564)
ปูม้า (<i>Callinectes Sapidus</i>)	FT-IR	Fiber 49 ชิ้น Fragment 2 ชิ้น และ Film 1 ชิ้น	Waddell et al. (2020)
ดินตะกอน	Stereo microscope	Fiber 84 %	Tahir et al. (2019)
สัตว์หน้าดิน	microscope	Fiber 95 %	
ดินตะกอน	μ FT-IR	Fibers (85.6%) Other (8.2%) Film (3.3%) Fragment (1.1%) และ Sphere (1.9%)	Akkajit et al. (2021)
ปลาน้ำจืด 8 ชนิด	Stereo microscope	Fibers (86.9%) Rod (5.8%) Pellets (4.4%) และ Fragment (2.9%)	Kasamesiri and Thaimuangphol. (2020)
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	FT-IR	Fiber 90.3 % Fragment 5.8 % และ Sphere 3.9 %	This study

เมื่อนำข้อมูลรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีหนองแพบตาควน และแสงจันทร์ ตามฤดูฝน หนาว และร้อน มาแสดงเป็นแผนที่ในระบบ GIS ดังภาพที่ 27 แสดงให้เห็นว่าไมโครพลาสติกรูปร่าง Fiber พบได้มากที่สุด และสามารถพบได้ในทุกสถานี รองลงมาเป็นไมโครพลาสติกรูปร่าง Fragment พบได้เฉพาะในสถานีแสงจันทร์ และรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบน้อยที่สุด Sphere พบได้เฉพาะในสถานีแสงจันทร์ จากภาพที่ 26 จะเห็นได้ว่า

ไมโครพลาสติกรูปร่าง Fragment และ Sphere พบได้ในสถานีแสงจันทร์เท่านั้น ซึ่งทั้ง 2 สถานีเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับปากแม่น้ำระยอง



ภาพที่ 27 รูปร่างของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล

5.1.5 ความยาวของไมโครพลาสติก

จากการวัดความยาวของไมโครพลาสติกในกระเพาะของปูม้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ด้วยโปรแกรม Image J แล้วแบ่งออกเป็น 3 ความยาวคือ 1 – 500 μm , 501 – 1,000 μm และ 1,001 – 5,000 μm ผลการทดลองพบว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาด 501 – 1,000 μm พบมากที่สุด 35.4 % รองลงมาขนาด 1 – 500 μm พบ 35.0 % และ 1,001 – 5,000 μm พบน้อยที่สุดคือ 29.6 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akkajit et al. (2021) ที่ทำการศึกษา การเกิดขึ้นและการกระจายตัวของไมโครพลาสติกในตะกอนชายหาดตามแนวชายฝั่งภูเก็ต เมื่อได้ทำการสกัดไมโครพลาสติกแล้วยืนยันด้วย $\mu\text{FT-IR}$ แล้วแบ่งขนาดของไมโครพลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ ไมโครพลาสติกที่มีขนาด 20 – 300 μm และ > 300 μm จากการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาด > 300 μm พบได้มากที่สุดเท่ากับ 11.5 – 56.6% รองลงมาเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาด 20 – 300 μm เท่ากับ 10.0 – 39.4 % (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความยาวของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือที่ใช้ยืนยันไมโครพลาสติก

Sample	FT-IR / Raman spectroscopy or Other	Size	Reference
ดินตะกอน	μ FT-IR	มากกว่า 300 μm (11.5 – 56.6%) และ 20–300 μm (10.0 – 39.4%)	Akkajit et al. (2021)
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	FT-IR	1 – 500 μm (35.0 %) 501 – 1,000 μm (35.4 %) 1,001 – 5,000 μm (29.6 %)	This study

เมื่อนำข้อมูลความยาวของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีหนองแพบตาควน และแสงจันทร์ ตามฤดูฝน หนาว และร้อน มาแสดงเป็นแผนที่ในระบบ GIS ดังภาพที่ 28 แสดงให้เห็นว่าความยาวของไมโครพลาสติกทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ 1 – 500 μm 501 – 1,000 μm และ 1,001 – 5,000 μm สามารถพบได้ในทุกสถานีและทุกฤดูกาล เนื่องจากลักษณะโดยรอบพื้นที่เก็บตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกันอีกทั้งพบปริมาณของไมโครพลาสติกมีน้อยจึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน



ภาพที่ 28 ขนาดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล

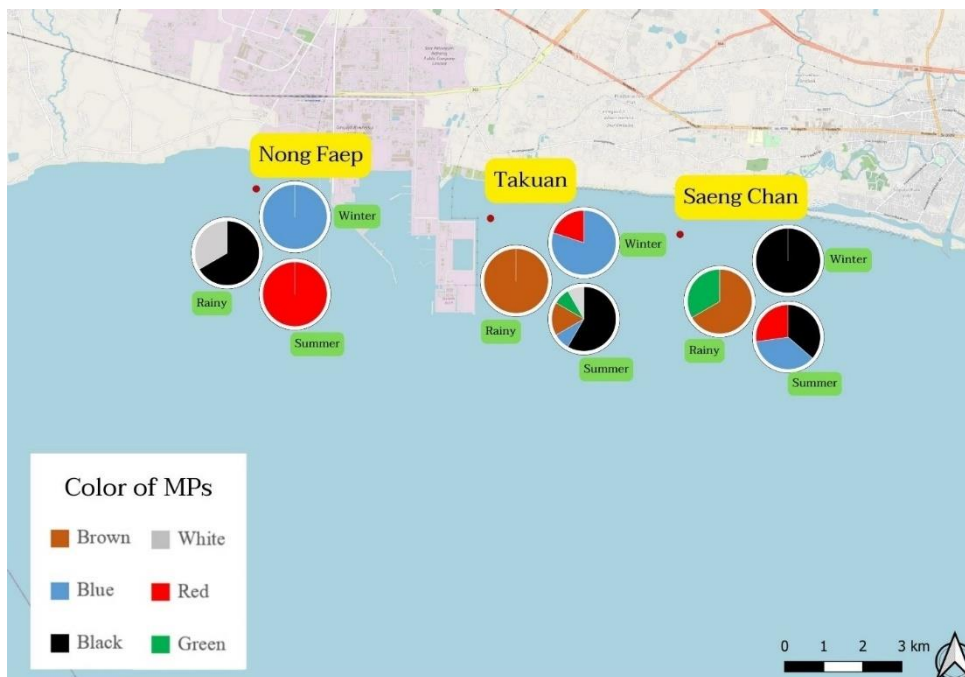
5.1.6 สีของไมโครพลาสติก

สีของไมโครพลาสติกที่พบในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบสีของไมโครพลาสติกที่มีหลากหลายทั้งหมด 6 สี ได้แก่ Black 33.3 Blue 23.8 Brown 19.0 Red 14.3 Green 4.8 White 4.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกันกับงานวิจัยของ Waite et al. (2018) ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในปู Atlantic mud crab พบสีของไมโครพลาสติกในปูทั้งหมด 5 สี จึงมีความหลากหลาย ได้แก่ Clear 38.9 Blue 38.9 Black 11.1 Green 5.6 และ purple 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบสีของไมโครพลาสติก ตะกอนดิน และเครื่องมือมีที่ใช้ยืนยัน
ไมโครพลาสติก

Sample	FT-IR / Raman spectroscopy or Other	Color	Reference
ดินตะกอน	Stereo microscope	Black White และ Blue อยู่ที่ 84.3 ± 4.41 52.77 ± 7.32 และ 36.44 ± 1.22 ชั้น/ทรายแห้ง 1 กิโลกรัม ตามลำดับ	คริสมาส พัฒนสิริ นนท์ และ จริยวดี สุริยพันธุ์ (2564)
ปู Atlantic mud crab	Stereo microscope	Clear 38.9 Blue 38.9 Black 11.1 Green 5.6 และ purple 5.6 %	Waite et al. (2018)
ตะกอนดิน สัตว์หน้าดิน	Stereo microscope	Blue 35 % Black กับ Blue มีมาก เท่ากันที่ 37 %	Tahir et al. (2019)
ปูม้า (<i>Portunus pelagicus</i>)	FT-IR	Black 33.3 Blue 23.8 Brown 19.0 Red 14.3 Green 4.8 White 4.8 %	This study

เมื่อนำข้อมูลสีของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละสถานี ได้แก่ สถานีหนองแพบ ดากวน และแสงจันทร์ ตามฤดูฝน หนาว และร้อน มาแสดงเป็นแผนที่ในระบบ GIS ดังภาพที่ 29 เมื่อพิจารณาสีของไมโครพลาสติกตามสถานีพบว่าในสถานีดากวนมีปริมาณสีของไมโครพลาสติกมากที่สุด รองลงมาเป็นสถานีแสงจันทร์ และสถานีหนองแพบ ตามลำดับ เนื่องจากสถานีดากวนมีคลองซากหามากซึ่งระบายน้ำออกมาจากพื้นที่บริเวณนิคมอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน รวมทั้งเป็นพื้นที่ทำการประมง โดยเฉพาะสถานีดากวนในฤดูร้อนยังพบสีของไมโครพลาสติกมากที่สุด



ภาพที่ 29 สีของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีตามฤดูกาล

5.1.7 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ทำการศึกษา

5.1.7.1 อินทรีย์วัตถุและอนุภาคดิน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์วัตถุบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบว่าในฤดูฝน หนาว และฤดูร้อน มีปริมาณสารอินทรีย์เท่ากับ 0.60 ± 0.23 0.91 ± 0.27 และ 0.84 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.78 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 การประเมินอินทรีย์วัตถุในดินบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

Assessment level of Organic Matter (% OM)			
Season	Station	% OM	Level of organic matter (% OM)
Rainy	Nong Faep	0.69 ± 0.23	Low
	Takuan	0.70 ± 0.21	Low
	Saeng Chan	0.39 ± 0.09	Very low
Winter	Nong Faep	1.08 ± 0.02	Quite low
	Takuan	0.79 ± 0.39	Low
	Saeng Chan	0.85 ± 0.04	Low
Summer	Nong Faep	0.87 ± 0.12	Low
	Takuan	1.03 ± 0.05	Quite low
	Saeng Chan	0.61 ± 0.01	Low

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนในฤดูฝน หนาว และฤดูร้อน อนุภาคดินตะกอนทั้ง 3 ฤดู มีลักษณะเป็นดินทราย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาวุธ หมั่นหาผล และคณะ. (2557) ที่ศึกษาคุณลักษณะดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย ที่ได้วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์บริเวณมาบตาพุด – ปากน้ำระยองทั้งหมด 11 สถานี พบว่า มีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูฝนเท่ากับ 2.2 ± 1.5 และ 2.1 ± 1.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วในพื้นที่อุตสาหกรรมมีปริมาณสารอินทรีย์ในฤดูร้อนและฤดูฝนน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะดินตะกอนในฤดูร้อนเป็นดินทราย และดินร่วนปนทราย ส่วนในฤดูฝนมีลักษณะเป็นดินทราย

5.1.7.2 ความเค็ม (Salinity)

จากการศึกษาความเค็มบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ทั้งหมด 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูร้อน และหนาวพบว่ามีค่าความเค็มอยู่ที่ 30.52 ± 0.46 31.80 ± 0.21 และ 32.49 ± 0.09 ppt ตามลำดับ ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ เบ็ญจมาศ ไพบุญย์กิจกุล และ ชลธิ ไพบุญย์กิจกุล (2561) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และเพลงก่ต่อนบริเวณประมงพื้นบ้าน บ้านตากวน –

อ่าวประจู่: ทัศนศึกษาในเวสน์ชายฝั่ง นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบว่าความเค็มใน
 ฤดูฝน ร้อน และหนาวอยู่ในช่วงระหว่าง 28 -29 31.8 – 32.6 และ 28.4 – 30.3 ppt ตามลำดับ

5.1.7.3 การนำไฟฟ้า (Conductivity)

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ทั้งหมด 3 ฤดูกาล ได้แก่
 ฤดูฝน ร้อน และฤดูหนาวพบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 52.79 ± 0.74 53.07 ± 0.301 และ
 56.54 ± 0.66 mS/cm ตามลำดับ ซึ่งต่างจากการวิจัยของ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
 (2562) ซึ่งทำโครงการวิจัยเพื่อการจัดการความเสี่ยงเชิงนิเวศชายฝั่งทะเล บริเวณพื้นที่เขตกวบคุม
 มลพิษจังหวัดระยอง จากการปนเปื้อนของสารอันตรายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยและกึ่งระเหยและ
 สารกลุ่มโลหะหนักเพื่อการบริโภคอย่างยั่งยืน จังหวัดระยอง พฤษภาคม 2561 (ฤดูฝน) ค่าการนำ
 ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 24.73 - 24.78 mS/cm ธันวาคม 2561 (ฤดูหนาว) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง
 22.18 - 26.53 mS/cm และในเดือนมีนาคม 2562 (ฤดูร้อน) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 24.85 - 27.91
 mS/cm

5.1.8 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี

จากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาชนิดของไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 สถานี ได้แก่
 สถานีหนองแพบ สถานีตากวน และสถานีแสงจันทร์ พบว่าชนิดและปริมาณของไมโครพลาสติกที่
 พบนั้นมีความคล้ายคลึงกันทั้ง 3 สถานี โดยที่สถานีหนองแพบอยู่ทางด้านขวาของนิคม
 อุตสาหกรรมมาบตาพุด มีสถานที่สำคัญได้แก่ ชายหาดต่าง ๆ เช่น หาดสนกระชับ หาดน้ำริน ชุมชน
 ชาวประมง รวมทั้งคลองต่าง ๆ เช่น คลองหนึ่ง คลองบางกระพูน คลองบางเบ็ด เป็นต้น สถานี
 ตากวนอยู่ติดทางด้านขวาของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีสถานที่สำคัญโดยรอบได้แก่
 ร้านอาหารต่าง ๆ ชุมชนประมงเรือเล็กตากวน – อ่าวประจู่ ซึ่งมีแปลงหอยนางรม ชายหาดต่าง ๆ
 รวมทั้งคลองชากหมากและคลองน้ำหู ส่วนสถานีแสงจันทร์อยู่ทางด้านขวาของนิคมอุตสาหกรรม
 มาบตาพุด อยู่ถัดจากสถานีตากวน โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่บริเวณหาดสุชาดา ตลอดชายฝั่งเป็นพื้นที่
 ร้านอาหารและที่พักอยู่เป็นจำนวนมาก และยังใกล้กับปาดแหลมเจริญซึ่งติดกับปากน้ำระยองที่
 ได้รับอิทธิพลมาจากตัวเมืองระยองอีกด้วย ซึ่งเฉลี่ยแล้วระยะห่างระหว่างสถานีเท่ากับ 8 กิโลเมตร
 และสถานีที่ต่าง ๆ ในแต่ละสถานีที่มีความคล้ายกันจึงส่งผลให้ทั้งชนิดและปริมาณของ
 ไมโครพลาสติกคล้ายกันอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thushari et al. (2017) ที่ผลของ
 ไมโครพลาสติกต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย โดยศึกษา
 สัตว์กระดูกสันหลัง 3 ชนิด คือ หอยนางรม (*Saccostrea forskalii*) เพรียงหิน (*Balanus Amphitrite*)
 และหอยฝาเดียว (*Littoraria* sp.) ใน 3 สถานี ได้แก่ อ่างศิลา บางแสน และแสมสาร ผลการศึกษา



4052049382

BUU_1Thesis 61910102 thesis / recv : 03072566 12:12:53 / seq: 90

พบว่าในหอยนางรมในสถานีอ่างศิลาที่มีปริมาณของไมโครพลาสติกเท่ากับ 0.57 ± 0.22 ชิ้น/กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับสถานีบางแสนพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ยที่ 0.37 ± 0.03 ชิ้น/กรัม เมื่อศึกษาชนิดของไมโครพลาสติกพบว่าทั้งสถานีอ่างศิลาและสถานีบางแสนพบไมโครพลาสติกในหอยนางรมทั้ง 3 ชนิด คือ PA PET และ PS

5.1.9 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของไมโครพลาสติกในแต่ละฤดูกาล

ผลการศึกษานชนิดของไมโครพลาสติกตามฤดูกาลพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณของไมโครพลาสติกตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาว และ ฤดูร้อน พบว่าชนิดของไมโครพลาสติกมีความแตกต่างกัน โดยที่ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในฤดูฝนและฤดูหนาวมีชนิดของไมโครพลาสติกที่คล้ายกัน ได้แก่ พลาสติกชนิด PS และ PP ในขณะที่ฤดูร้อนมีชนิดของไมโครพลาสติกที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ พลาสติกชนิด Other ส่วนไมโครพลาสติกชนิด PET พบมากในฤดูร้อนและฤดูหนาว ปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบหากพิจารณาตามฤดูกาล คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน พบไมโครพลาสติกในกระเพาะปูม้า เท่ากับ 0.8 ± 1.7 0.6 ± 1.2 และ 2.2 ± 3.2 ชิ้น/ตัว ตามลำดับ จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jualaong et al. (2021) ทำการศึกษานชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในตะกอนทรายตลอดแนวชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ = ฤดูแล้ง) และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ = ฤดูฝน) เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก 6 สถานี ได้แก่ หาดเกาะครามใหญ่ จ.ชลบุรี หาดเกาะมันใน จ.ระยอง ชายหาดเจ้าหลาว จ.จันทบุรี 3 สถานี และหาดพลอยแดง จ.ตราด จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในฤดูแล้ง (กรกฎาคม พ.ศ. 2561) มากกว่าใน ฤดูฝน (กรกฎาคม พ.ศ. 2561) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ฤดูกาลมีผลต่อการพบไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะฤดูร้อนสามารถพบไมโครพลาสติกได้มากที่สุดและฤดูร้อนยังเป็นที่นิยมมีกิจกรรมการท่องเที่ยวทางทะเลมากอีกด้วย



4052049382

BUU-1Thesis 61910102 thesis / rev: 03072566 12:12:53 / seq: 90

5.2 สรุปผลการทดลอง

พลาสติกเป็นสิ่งมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก มีการผลิตพลาสติกให้เพียงพอต่อความเพิ่มขึ้นของประชากร เมื่อพลาสติกเกิดการแตกตัวจนเป็นไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กทำให้ส่งผลให้จัดการได้ยาก อีกทั้งไมโครพลาสติกยังสามารถดูดซับสาร POPs ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะเขตโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น จากการศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในปูม้า บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ทั้ง 3 สถานี พบปริมาณไมโครพลาสติกมากที่สุดในสถานีตากวน แสงจันทร์ และหนองแปน ตามลำดับ ฤดูที่พบไมโครพลาสติกมากที่สุดคือฤดูร้อน ฝน และหนาว ตามลำดับ ซึ่งได้อธิพลมาจากพื้นที่อุตสาหกรรม การประมง พื้นที่อยู่อาศัย และการท่องเที่ยว เมื่อนำไปวิเคราะห์ประเภทของโพลีเมอร์ด้วย FT-IR พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ PET PP Other และ PS ตามลำดับ รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ Fiber Fragment และ Sphere ตามลำดับ ในพื้นที่มีการทำประมง เช่น ประมงพื้นบ้านตากวน – อ่าวประคู้ อีกทั้งยังมีแหล่งชุมชนต่าง ๆ จึงทำให้พบไมโครพลาสติกชนิด PET และรูปร่าง Fiber มากที่สุดที่เกิดจากอวนประมง และเสื้อผ้า สีของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือ Black Blue Brown Red Green และ White ตามลำดับ ความยาวของไมโครพลาสติกที่พบ เรียงจากที่พบได้มากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ 501 – 1,000 μm 1 – 500 μm และ 1,001 – 5,000 μm ตามลำดับ จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าไมโครพลาสติกที่พบจะเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ในพื้นที่บริเวณชายฝั่ง จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการขยะพลาสติกอย่างถูกต้อง เพื่อลดปัญหาการเกิดไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม และยังสร้างความมั่นใจในการบริโภคอาหารทะเลได้อย่างปลอดภัย

บรรณานุกรม

- Akkajit, P., Tipmanee, D., Cherdsukjai, P., Suteerasak, T. and Thongnonghin, S. (2021). Occurrence and distribution of microplastics in beach sediments along Phuket coastline. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112496.
- Aves, A., Revell, L., Gaw, S., Ruffell, H., Schuddeboom, A., Wotherspoon, N., . . . McDonald, A. (2022). First evidence of microplastics in Antarctic snow. *The Cryosphere*, 16(6), 2127-2145.
- Azad, S., Towatana, P., Pradit, S., Patricia, B. and Hue, H. (2018). Ingestion of microplastics by some commercial fishes in the lower Gulf of Thailand: A preliminary approach to ocean conservation. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(7), 1017-1032.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C. and Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V. and Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 55-60.
- Cauwenberghe, L., V., Vanreusel, A., Mees, J. and Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental pollution*, 182, 495-499.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. and Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental science & technology*, 47(12), 6646-6655.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11005133>

- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C. and Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63-82.
- Eriksen, m. Mason, S. Wilson, S. Box, C. Zellers, A. Edwar, W. Farley, H. and Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1), 177-182.
- Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L. and Minutoli, R. (2012). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2374-2379.
- Gad, A. K. and Midway, S. R. (2022). Relationship of microplastics to body size for two estuarine fishes. *Microplastics*, 1(1), 211-220.
- Gall, S. C. and Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- GESAMP (2016). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment" (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep. Stud.* GESAMP No. 93.
- GESAMP (2019). Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep. Stud.* GESAMP No. 99.
- Jambeck, J, R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T, R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Law, K, L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.

- Jualaong, S., Pransilpa, M., Pradit, S., and Towatana, P. (2021). Type and Distribution of microplastics in beach sediment along the coast of the Eastern Gulf of Thailand. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(12), 1405.
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez, V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A. and Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 704 - 716.
- Kangas, M. I. (2000). *Synopsis of the biology and exploitation of the blue swimmer crab, Portunus pelagicus Linnaeus, in Western Australia* (Fisheries research reports). Fisheries Western Australia.
- Kasamesiri, P. and Thaimuangphol, W. (2020). Microplastics ingestion by freshwater fish in the Chi River, Thailand. *GEOMATE Journal*, 18(67), 114 - 119.
- Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J. and Soudant, P. (2015). Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: Impact on their respective fates. *Marine Chemistry*, 175, 39 - 46.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., and Arthur, C. (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*.
- Murray, F. and Cowie, P. R. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207 - 1217.
- Pellini, G., Gomiero, A., Fortibuoni, T., Ferrà, C., Grati, F., Tassetti, A. N., Polidori, P., Fabi, G. and Scarcella, G. (2018). Characterization of microplastic litter in the gastrointestinal tract of *Solea solea* from the Adriatic Sea. *Environmental Pollution*, 234, 943 - 952.

- Prarat, P., Thanayotmethi, T., Sriboonyapirat, T., Donsomchit, P., Hongswat, P., and Chouychai, B. (2020). Preliminary study of abundance and characteristics of microplastics on beach sediment along the coast of Rayong Province, Thailand. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 581, No. 1, p. 012033).
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V. and Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77 - 83.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., and Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1-2), 202 - 209.
- Syakti, A. D., Bouhroum, R., Hidayati, N. V., Koenawan, C. J., Boulkamh, A., Sulisty, I., Lebarillier, S., Akhlus, S., Doumenq, P. and Wong-Wah-Chung, P. (2017). Beach macro-litter monitoring and floating microplastic in a coastal area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), 217 - 225.
- Tahir, A., Taba, P., Samawi, M. F., and Werorilangi, S. (2019). Microplastics in water, sediment and salts from traditional salt producing ponds. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(4), 431 - 440.
- Thushari, G. G. N., Senevirathna, J. D. M., Yakupitiyage, A., & Chavanich, S. (2017). Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: an approach to coastal zone conservation. *Marine pollution bulletin*, 124(1), 349-355.
- Vries, A. N. D., Govoni, D., Árnason, S. H., and Carlsson, P. (2020). Microplastic ingestion by fish: Body size, condition factor and gut fullness are not related to the amount of plastics consumed. *Marine pollution bulletin*, 151, 110827.
- Waddell, E. N., Lascelles, N. and Conkle, J. L. (2020). Microplastic contamination in Corpus Christi Bay blue crabs, *Callinectes sapidus*. *Limnology and Oceanography Letters*, 5(1), 92 - 102

- Waite, H. R., Donnelly, M. J., and Walters, L. J. (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 179 - 185
- Watts, A. J., Urbina, M. A., Goodhead, R., Moger, J., Lewis, C. and Galloway, T. S. (2016). Effect of microplastic on the gills of the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology*, 50(10), 5364 - 5369
- Welden, N. A., Abylkhani B. and Howarth, L. M. (2018). The effects of trophic transfer and environmental factors on microplastic uptake by plaice, *Pleuronectes platessa*, and spider crab, *Maja squinado*. *Environmental Pollution*, 239, 351 – 358.
- Wright, S. L., Thompson, R. C. and Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178, 483 - 492.
- Doolling, D. (1998). *Geographic information systems | Science Mission Directorate*. Retrieved from https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/essd24apr98__1b
- Stephenson, W. (2018). Why plastic recycling is so confusing. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/science-environment-45496884>
- Western Australian Museum. (2018, 11/2018). *The Blue Swimmer Crab*. Retrieved from <http://museum.wa.gov.au/explore/articles/blue-swimmer-crab>
- คริสมาส พัฒนสิรินนท์ และจิรายุติ สุริยพันธุ์. (2564). การสะสมของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแนวหน้าทะเล (*Halodule uninervis*) อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. *แก่นเกษตร*, 49(1), 566 - 571.
- ชนกพร คำพระ, ปกรณ์ หล้าสวัสดิ์, จิตราภรณ์ พักโสภา และสุชาย วรชนะนันท์. (2561). การศึกษาลักษณะดินตะกอนและกระแสน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดระยอง. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (หน้า 401 - 410). โรงแรมบางแสนเฮอริเทจ ชลบุรี: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สมาคมวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยบูรพา.

- เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล. (2560). *ตำรามลพิษทางทะเล*. คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
- เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล. (2561). *เอกสารประกอบคำสอน การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม*. คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
- เบ็ญจมาศ ไพบูลย์กิจกุล และชลี ไพบูลย์กิจกุล. (2561). *ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และแพลงก์ตอนบริเวณประมงพื้นบ้าน บ้านตากวน – อ่าวประดู่: กรณีศึกษานิเวศน์ชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง (รายงานฉบับสมบูรณ์)*. จันทบุรี; คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เบญจภรณ์ มณีโชติ, กนกพร บัวจันทร์, สายสิริ ไชยชนะ และสิริพร บริรักษ์วิสุทธิศักดิ์. (2561). การสำรวจขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติกในตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณแหลมสมิหลา ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (หน้า 796 – 802). โรงแรมบางแสนเฮอริเทจ ชลบุรี: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สมาคมวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพโรสานท์กุล และ นภาพร เลียดประถม. (2559). การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณหาดเจ้าหลาวและหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. *แก่นเกษตร*, 44(ฉบับพิเศษ 1), 738 - 744.
- ปรารพ แปลงงาน, ทรงธรรม สุขสว่าง, สุรชาญ สารบัญญัติ, นก มาลัยแดง, ประภาศรี วุฒิ, ศรัณยู สัจจารักษ์, สุภาพร คงพิทักษ์, จริยา ขาวสม, กรรณิกา สังข์ทอง, วิภาณี โต้ะคำ และ ชันทิวา ชูแก้ว. (2561). ไมโครพลาสติกบนชายหาด บริเวณอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะสิมิลัน และอุทยานแห่งชาติเขาลำปี-หาดท้ายเหมือง. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (หน้า 337 – 345). โรงแรมบางแสนเฮอริเทจ ชลบุรี: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สมาคมวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยบูรพา.
- เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และสิริวรรณ รวมแก้ว. (2562). ขยะไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 23(2). 1 – 8.



4052049382

BUU_Thesis 61910102 thesis / rev: 03072566 12:12:53 / seq: 90

- ศุภพร เปรมปรีดี, เสาวลักษณ์ ขาวแสง และ ณิชฐิตา ธรรมกิริติ. (2561). การศึกษาไมโครพลาสติกในปลา *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม จังหวัดตรัง. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (หน้า 880 – 887). โรงแรมบางแสนเฮอริเทจ ชลบุรี: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สมาคมวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยบูรพา.
- ศุภยวีจัยและฝีกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. (2562). *โครงการวิจัยเพื่อการจัดการความเสี่ยงเชิงนิเวศชายฝั่งทะเล บริเวณพื้นที่เขตกอบคลุมมลพิษจังหวัดระยอง จากการปนเปื้อนของสารอันตรายกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยและกึ่งระเหยและสารกลุ่มโลหะหนักเพื่อการบริโภคอย่างยั่งยืน จังหวัดระยอง* (รายงานฉบับสมบูรณ์). ระยอง; ศุภยวีจัยและฝีกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน. (2557). *การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเล ประเภทไมโครพลาสติก* (รายงานฉบับสมบูรณ์). สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชรรักษ์, เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์ และ จงรักษ์ ผลประเสริฐ. (2562). มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 23(1). 1 – 10.
- อินคาชัย รัชเวทย์. (2552). *พอลิเมอร์ Polymer*. กรุงเทพฯ; ดวงกมลพับลิชชิ่ง
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2562). *ฐานข้อมูลขยะทะเล*. เข้าถึงได้จาก <http://tcc.dmcr.go.th/thaicoastalcleanup/>
- อาวุธ หมั่นหาผล แวดตา ทองระอา ฉลอย มุสิกะ และวันชัย วงศ์ดาวรรณ. (2557). *คุณลักษณะดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย*. ใน *การประชุมวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 4* (หน้า 561-568). ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ ๖๐ ปี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมประมง. (2565). *กรมประมง...ชี้แจง ! การดำเนินการตามมาตรา 57 แห่ง พ.ร.ก. การประมง พ.ศ. 2558 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม*. เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/3Ok0yk0>

ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2565). *ภูมิอากาศจังหวัดระยอง*. เข้าถึงได้จาก

<http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออก/ภูมิอากาศระยอง.pdf>

สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. (ม.ป.ป.). *จุดเริ่มต้นของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด*.

เข้าถึงได้จาก <http://www.mtpie.com/menu-01.html>

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งระยอง. (ม.ป.ป.). *ปูม้า*. เข้าถึงได้จาก

https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog2/100/1040/3260

Science and Technology Infrastructure Databank. (2564). *เครื่อง FT-IR-Raman*

Spectrometer. เข้าถึงได้จาก <https://stdb.mhesi.go.th/equipment/13624>



4052049382

ต้นฉบับไม่ปรากฏ