องค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี

วัชรภรณ์ สังขพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

องค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี

วัชรภรณ์ สังขพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Microplastics Composition and Abundance in The Coastal at Chonburi Province

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY

WATCHARABHORN SUNGKAPHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS FOR THE MASTER DEGREE OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

BURAPHA UNIVERSITY

2022

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วัชรภรณ์ สังขพันธ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์	คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	
....	.... ประธาน
(ดร.วิชญา กันบัว)	(รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา สและน้อย)
	.... กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑาพร เนียมวงษ์)
	.... กรรมการ
	(ดร.วิชญา กันบัว)

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่.......... เดือน.................... พ.ศ. ....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่.......... เดือน.................... พ.ศ. ....

61910069: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: ไมโครพลาสติก, จังหวัดชลบุรี, แพลงก์ตอนสัตว์, ดินตะกอน, Manta net, Submerged pump

วัชรภรณ์ สังขพันธ์ : องค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี. (Microplastics Composition and Abundance in The Coastal at Chonburi Province) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: วิชญา กันบัว ปี พ.ศ. 2565.

ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ในปีพ.ศ. 2563 ทั้งหมด 4 ครั้ง คือ เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม จำนวน 7 สถานี ได้แก่ ท่าเรือพลี อ่างศิลา แหลมแท่น หาดวอนนภา เกาะลอย เกาะสีชัง และอ่าวอุดม เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือ ในผิวน้ำใช้วิธีการลากถุง Manta net ขนาดช่องตา 330 ไมโครเมตร ในมวลน้ำใช้วิธีการ Submerged pump กรองน้ำผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 300 ไมโครเมตร และในดินตะกอนใช้วิธีการ Ekman grab ผลการศึกษาพบองค์ประกอบไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ เส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก โดยเส้นใยเป็นประเภทพบมากที่สุด สีส่วนใหญ่ที่พบ คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว ขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 100-2,000 ไมโครเมตร ชนิดพลาสติกที่พบได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลีน พอลิเอสเตอร์ และพอลิเอไมด์ ผลการวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกจาก 3 วิธีการ คือ Manta net, Submerged pump และในดินตะกอน พบความหนาแน่นเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 16.73, 40.96 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร และ 118.60 ชิ้นต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกนั้นเกิดจากปัจจัยของลมมรสุมที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ผลการศึกษาการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติในทางเดินอาหาร ของแพลงก์ตอนสัตว์โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบภายใต้กล้องฟลูออเรสเซนต์ พบร้อยละการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์ในสัดส่วนที่น้อย (0.27%) ผลจากการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการกินไมโครพลาสติกโดยแพลงก์ตอนสัตว์ ทำให้ทราบว่าแพลงก์ตอนสัตว์สามารถกินไมโครพลาติกได้โดยการเลือกกินไมโครพลาสติกขนาดที่แตกต่างกันนั้นสัมพันธ์กับขนาดตัวและขนาดปากของแพลงก์ตอนสัตว์ รวมทั้งความเข้มข้นและรูปร่างของไมโครพลาสติกก็ยังส่งผลต่อการกินของแพลงก์ตอนสัตว์ด้วย ซึ่งไมโครพลาสติกที่เข้าสู่ร่างกายนั้นจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อแพลงก์ตอนสัตว์ อีกทั้งยังสามารถส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังผู้บริโภคลำดับสูงผ่านการสะสมตามห่วงโซ่อาหารได้

61910069: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: Microplastic, Chonburi province Thailand, Zooplankton, Sediment, Manta net, Submerged pump

WATCHARABHORN SUNGKAPHAN : MICROPLASTICS COMPOSITION AND ABUNDANCE IN THE COASTAL AT CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: VICHAYA GUNBUA, Ph.D. 2022.

The abundance and composition of microplastic in the eastern coastal areas of Chonburi province, Thailand were studied. The samples were collected from 7 stations (Tha Ruea Phli, Angsila, Laem Thaen, Wonnapha beach, Koh Loi island, Koh Sichang island and Ao Udom) in March, June, September and December 2020. The uses of the Manta net (330 µm) and Submerged pump (300 µm) were carried out for the water sample collection while the Ekman grab was used for the sediment samples. The results indicated that 6 compositions of microplastics were found, namely filament, fragment, foam, film, granule and pellet with the highest abundance of filament in both water and sediment samples. The results also found that colors of sampled plastics were red, blue and white color. The size of microplastics were in the range of 100-2000 µm and 4 types of plastics (polyethylene, polypropylene, polyester and polyamide) were found. The average densities of sampling methods were 16.73 and 40.96 particle/m^3 using Manta net and Submerged pump, respectively and 118.60 particle/kg using the sediment method. The results showed that the monsoon and season changes were the factors of the composition and density of microplastics. Moreover, the ingestion of unnatural feeding was also found in zooplankton studied by the fluorescent spectroscopy in the low amount of 0.27 %. The studies of microplastic in zooplankton represented that the microplastic may possibly consumed by zooplankton which may be depended on size (body & mount), concentration and microplastic shape which may negatively impact to zooplankton and to the food web accumulation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.วิชญา กันบัว อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ให้คำปรึกษาแนะแนวทาง แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. จินตนา สและน้อย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. จุฑาพร เนียมวงษ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การช่วยเหลือต่างๆ สนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณพี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือการทำวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัยในการครั้งนี้

เนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2564 จึงขอขอบพระคุณ ณ ที่นี่ด้วย

วัชรภรณ์ สังขพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ....... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง....... 1

สารบัญภาพ 3

บทที่ 1 บทนำ 5

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย....... 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย....... 7

สมมติฐานของการวิจัย....... 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย....... 8

ขอบเขตของการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ....... 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

1. ความรู้เบื้องต้นของพลาสติก....... 10

2. ไมโครพลาสติก (Microplastics)....... 25

3.ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 32

4. การศึกษาไมโครพลาสติกที่ผ่านมา....... 40

5. นโยบายมาตรการ 50

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา....... 52

ระยะเวลาและสถานที่ทำการศึกษา 52

ตัวแปรที่ทำการศึกษา....54
1. การสำรวจไมโครพลาสติกในน้ำ....56
2. การสำรวจไมโครพลาสติกในดินตะกอน....56
3. ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก....57
4. ศึกษาการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติในแพลงก์ตอนสัตว์....57
5. การทดลองการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์....59
6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....59
บทที่ 4 ผลการวิจัย....60
1. องค์ประกอบของไมโครพลาสติก....60
1.1 ประเภทของไมโครพลาสติก....60
1.2 ขนาดและสีของไมโครพลาสติก....61
1.3 ผลการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก....69
2. ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติก....73
3. ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก....74
4. ผลการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ....86
ผลการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ....86
5. ผลการทดลองการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์....89
5.1 ลักษณะการกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์....89
5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์....94
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล....106
อภิปรายผล....106
องค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก....106
การกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์....131
สรุปผล....134

ข้อเสนอแนะ 135

บรรณานุกรม 136

ประวัติย่อของผู้วิจัย 146

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ลักษณะโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทต่างๆ 11
ตารางที่ 2 ชนิดและคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก...12
ตารางที่ 3 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ 16
ตารางที่ 4 ข้อมูลขยะทะเลในประเทศไทย..23
ตารางที่ 5 สรุปผลกระทบไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิต 30
ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก..45
ตารางที่ 7 รายละเอียดในแต่ละสถานีและพิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณชายฝั่ง 53
ตารางที่ 8 ขนาดและสีของไมโครพลาสติก...61
ตารางที่ 9 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนมีนาคม...64
ตารางที่ 10 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนมิถุนายน 65
ตารางที่ 11 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนกันยายน....................................66
ตารางที่ 12 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนธันวาคม...................................67
ตารางที่ 13 ความแตกต่างของประเภทไมโครพลาสติก 68
ตารางที่ 14 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำในแต่ละเดือน 74
ตารางที่ 15 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำในแต่ละสถานี 74
ตารางที่ 16 ความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำ เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta 75
ตารางที่ 17 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำ...................75
ตารางที่ 18 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำในแต่ละเดือน.....................................76
ตารางที่ 19 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำในแต่ละสถานี....................................76
ตารางที่ 20 ความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำ เก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump 77
ตารางที่ 21 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำ................77
ตารางที่ 22 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแต่ละเดือน 78
ตารางที่ 23 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแต่ละสถานี 78
ตารางที่ 24 ความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอน เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน 79

ตารางที่ 25 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอน
เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน 79
ตารางที่ 26 ผลพบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละเดือน 88
ตารางที่ 27 ขนาดของอาหารธรรมชาติ...94
ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์..............100
ตารางที่ 29 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา...121

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ประมาณการปริมาณการผลิตขยะของโลกต่อวัน 19
ภาพที่ 2 สัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น การนำกลับไปใช้ประโยชน์ การกำจัดถูกต้องและไม่ถูกต้อง ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552-2561 20
ภาพที่ 3 ระยะเวลาการย่อยสลายของขยะแต่ละชนิดในทะเล 21
ภาพที่ 4 อันดับประเทศประมาณการกำจัดขยะพลาสติกที่ไม่ถูกต้อง 22
ภาพที่ 5 กระบวนการแตกย่อยสลายของพลาสติกในแหล่งน้ำทะเล 24
ภาพที่ 6 ชนิดและความหนาแน่นของพลาสติก 26
ภาพที่ 7 การสะสมไมโครพลาสติกในห่วงโซ่อาหาร 28
ภาพที่ 8 แผนที่จังหวัดชลบุรี 33
ภาพที่ 9 ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุมและทางเดินพายุหมุนเขตร้อน....................35
ภาพที่ 10 ตัวอย่างลักษณะเด่นของพื้นที่เก็บตัวอย่าง 39
ภาพที่ 11 ลำดับเวลาการศึกษาขยะพลาสติกในทะเลและไมโครพลาสติก 40
ภาพที่ 12 จุดเก็บตัวอย่าง 52
ภาพที่ 13 ตัวแปรที่ทำการศึกษา....................54
ภาพที่ 14 แผนผังงานวิจัย 55
ภาพที่ 15 ประเภทของไมโครพลาสติก 60
ภาพที่ 16 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน 70
ภาพที่ 17 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน..........70
ภาพที่ 18 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอสเตอร์ 71
ภาพที่ 19 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยตรงกับพลาสติกภาพที่ชนิดพอลิเอไมด์....71
ภาพที่ 20 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกตรงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน 72
ภาพที่ 21 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน 72
ภาพที่ 22 พื้นผิวของไมโครพลาสติก 73
ภาพที่ 23 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลาก Manta 83
ภาพที่ 24 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ Submerged pump 84

ภาพที่ 25 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ Grab sampler.....85
ภาพที่ 26 ลักษณะสเปกตรัมการเรืองแสงของแพลงก์ตอนพืช...87
ภาพที่ 27 ภาพฟลูออเรนเซนต์..87
ภาพที่ 28 ภายในร่างกายของโรติเฟอร์ (กำลังขยาย 400 เท่า)...90
ภาพที่ 29 ภาพ SEM ของโรติเฟอร์ (*Brachionus manjavacas*)..90
ภาพที่ 30 โครงสร้างของโคพีพอด 91
ภาพที่ 31 ภาพ SEM ของโคพีพอด..91
ภาพที่ 32 ลักษณะโครงสร้างของไรน้ำนางฟ้า..92
ภาพที่ 33 ภาพ SEM ของไรน้ำนางฟ้า (*Branchinella thailandensis*) 92
ภาพที่ 34 ลักษณะโครงสร้างของอาร์ทีเมีย..93
ภาพที่ 35 ภาพ SEM ของอาร์ทีเมีย 93
ภาพที่ 36 ภาพฟลูออเรนเซนต์..99
ภาพที่ 37 ประเภทขยะที่พบมากที่สุดในทะเล 112
ภาพที่ 38 ระยะเวลาย่อยสลายของขยะประเภทต่างๆ 114
ภาพที่ 39 ความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิด..118
ภาพที่ 40 การไหลเวียนของกระแสน้ำและอิทธิพลของลมมรสุมในบริเวณอ่าวไทย.....................126

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ขยะพลาสติกเป็นมลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมที่แพร่หลายทั้งสภาพแวดล้อมทางทะเลและน้ำจืด สะสมทั้งในผิวน้ำทะเล มวลน้ำ และในตะกอน (Botterell et al., 2019) มีการเพิ่มขึ้นก่อให้เกิดความกังวลต่อผลกระทบในระบบนิเวศและสังคม (Setala, Lehtinen & Lehtiniemi, 2014) มีการคาดการณ์ว่าขยะพลาสติก 4.8-12.7 ล้านตัน เข้าสู่สภาพแวดล้อมทางทะเลเป็นประจำทุกปี (Jambeck et al., 2015) แหล่งที่มาของขยะส่วนใหญ่แล้วมาจากบนบกร้อยละ 80 เนื่องจากการจัดการขยะที่ไม่ถูกต้องหลักสุขาภิบาล กิจกรรมของมนุษย์ การขยายตัวของชุมชนเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) และพบว่าขยะส่วนใหญ่ที่ไหลลงสู่ทะเลคือขยะพลาสติก โดยขยะในทะเลส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากแผ่นดิน กิจกรรมทางชายฝั่งและการทิ้งขยะลงทะเลโดยตรง (Land based sources) ถึงร้อยละ 80 อีกร้อยละ 20 มาจากกิจกรรมในทะเล (Ocean based sources) จากการประเมินพบว่าร้อยละ 60-80 ของขยะทะเลเป็นขยะพลาสติก (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) เมื่อขยะพลาสติกเกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมจะใช้เวลาในการย่อยสลายนาน

ไมโครพลาสติก คือ พลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน จนแตกออกเป็นชิ้นพลาสติกเล็กๆ (Fragment) ซึ่งขึ้นอยู่กับกลไกต่างๆ เช่น ปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (Klein, Dimzon, Eubeler & Knepper, 2018) หรือเกิดจากการสังเคราะห์พลาสติกให้มีขนาดเล็กลง เช่น เม็ดพลาสติก (Pellet plastic) ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมต่างๆ ผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ใช้ในการขจัดเซลล์ผิว เพื่อทดแทนวัตถุดิบธรรมชาติที่รู้จักกันในชื่อไมโครบีดส์ (Microbeads) (Napper, Bakir, Rowland & Thompson, 2015)

ไมโครพลาสติกมีลักษณะขนาดเล็กสิ่งมีชีวิตในน้ำและในดินตะกอนสามารถนำไมโครพลาสติกเข้าไปในร่างกายได้โดยผ่านการกิน เนื่องจากไมโครพลาสติกมีลักษณะขนาดใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ ส่งผลด้านลบต่อสิ่งมีชีวิต รวมถึงไมโครพลาสติกอาจเป็นตัวกลางในการสะสมสารพิษตกค้าง อีกทั้งพบการสะสมในสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ไมโครพลาสติกเหล่านี้ยากต่อการจัดการ เกิดการสะสมและตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้ง่าย เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะในสิ่งมีชีวิตที่อาจได้รับการปนเปื้อนของไมโครพลาสติก เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มโคพีพอด รบกวนระบบสืบพันธุ์ ลดการผลิตไข่และกินอาหารได้น้อยลง (Botterell et al., 2019) การให้อาหารเม็ดพลาสติกสังเคราะห์กับกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าโคพีพอดกินสาหร่ายได้น้อยลง (Cole et al., 2013) หรือพบการกิน

ไมโครพลาสติกของเคย (Desforges, Galbraith & Ross, 2015) การสะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝา (Thushari, Senevirathna, Yakupitiyage & Chavanich, 2017) การกินไมโครพลาสติกของปูทะเลไปสะสมบริเวณเหงือก เกิดการอุดตันของระบบหายใจได้ (Watts et al., 2014) ปลาทะเล นก หรือ เต่าทะเล ที่อาจจะกินไมโครพลาสติกในมวลน้ำ และเข้าไปขัดขวางในระบบทางเดินอาหาร (Neves, Sobral, Ferreira & Pereira, 2015) หรือแมวน้ำที่ได้รับผลกระทบโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารจากการกินปลาที่มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติก (Nelms, Galloway, Godley, Jarvis, & Lindeque, 2018) นอกจากนี้อันตรายจากสารเคมีที่มาจากไมโครพลาสติกทั้งสารเคมีที่ใช้ผลิตพลาสติกและสารเคลือบหน้าผิว (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ได้มีการทดลองเกี่ยวกับการสะสมของสารพิษในไส้เดือนทะเล ทำให้กินอาหารได้น้อยลง และระบบภูมิคุ้มกันลดลง (Browne, Niven, Galloway, Rowland & Thompson, 2013)

การสะสมไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมนั้น ส่งผลกระทบทั้งสิ่งมีชีวิตในน้ำและในดินตะกอน เพราะไมโครพลาสติกบางชนิดมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงอาจทำให้พบในผิวน้ำ แต่บางชนิดความหนาแน่นมากกว่าน้ำจึงมักพบในบริเวณดินตะกอน เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (1.38 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (Andrady, 2011) จากการมีความหนาแน่นแตกต่างกัน บางชนิดมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงทำให้พบได้ในผิวน้ำ บางชนิดมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำจึงอาจจมหรือแขวนลอยในมวลน้ำ และบางชนิดมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจึงอาจพบสะสมอยู่ในดินตะกอน (Andrady, 2011)

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมพบการแพร่กระจายตามแหล่งที่มาของขยะพลาสติก กิจกรรมในแต่ละพื้นที่ส่งผลต่อจำนวนไมโครพลาสติกแตกต่างกัน เช่น การทิ้งขยะไม่ถูกวิธีจากกิจกรรมการท่องเที่ยว น้ำเสียจากแหล่งชุมชน และไมโครพลาสติกที่อยู่ในธรรมชาติ เช่น การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์จากการทำประมง เป็นต้น ซึ่งแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่แล้วมาจากกิจกรรมต่างๆ บนแผ่นดิน เมื่อขยะพลาสติกไม่ได้ถูกกำจัดอย่างถูกวิธี ลงสู่แหล่งน้ำถูกพัดพาลงสู่ทะเลจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่เกิดจากลมมรสุมทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำทิศทางแตกต่างกัน (Buranapratheprat, 2008) ส่งผลให้ขยะพลาสติกลงสู่ทะเลมีปริมาณที่แตกต่างกัน ฉะนั้นการศึกษาในแต่ละฤดูกาลส่งผลต่อองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกัน ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจและจำแนกขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติกในตะกอนดินชายหาดคุ้งวิมานและหาดเจ้าหลาว ซึ่งพบปริมาณไมโครพลาสติกทั้งสองชายหาดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยประเภทที่พบมากที่สุดคือ เส้นใย (Filament) (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557) และการศึกษาการ

ปนเปื้อนในหอยสองฝา คือ หอยเสียบและหอยกระปุก ประเภทไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุดคือเส้นใย (ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานฑ์กุล, และนภาพร เลียดประถม, 2559)

การสำรวจและศึกษาไมโครพลาสติกในประเทศไทยยังมีอย่างจำกัด จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาในด้านนี้ เพื่อสามารถประเมินสถานการณ์ไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง ทั้งในน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิต โดยการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกครั้งนี้ เลือกศึกษาบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ซึ่งตั้งอยู่ทางริมฝั่งทะเลด้านทิศตะวันออกของอ่าวไทย มีพื้นที่ติดทะเลประมาณ 160 กิโลเมตร มีแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่าน ประกอบไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่มีความหลากหลาย เช่น บริเวณชายฝั่งทะเล เป็นสถานที่สำคัญในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การทำประมงพาณิชย์และประมงชาวบ้าน พร้อมกับเป็นแหล่งกิจกรรมการท่องเที่ยว และพื้นที่พัฒนาอุตสาหกรรม จึงทำให้มีความเหมาะสมในการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก และเลือกเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกตามการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุม คือ เดือนมีนาคม (ช่วงเปลี่ยนลมมรสุม) เดือนมิถุนายนและเดือนกันยาย (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และเดือนธันวาคม (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) รวมทั้งการเก็บตัวอย่างเพื่อให้ครอบคลุมในการศึกษาไมโครพลาสติกทั้งในน้ำและในดินตะกอน การศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างในผิวน้ำใช้วิธีการถุงลาก Manta Microplastics net ในมวลน้ำเก็บตัวอย่างใช้วิธีการ Submerged pump และในดินตะกอนเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน และเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ เพื่อศึกษาการกินไมโครพลาสติกและผลกระทบของแพลงก์ตอนสัตว์ ดังนั้นในการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก โดยการเก็บตัวอย่างในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน บริเวณพื้นที่ตามชายฝั่งจังหวัดชลบุรี และเก็บตัวอย่างตามการเปลี่ยนแปลงของลมมรสุม รวมทั้งศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตโดยการเก็บตัวอย่างของไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี และผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิตในกลุ่มของแพลงก์ตอนสัตว์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกตามช่วงเวลาในบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี

2. ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในตำแหน่งการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน คือ ในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน

3. ศึกษาและวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

สมมติฐานของการวิจัย

1. ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลา บริเวณที่ศึกษา และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน

2. ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง คือในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน มีความหนาแน่นรวมของไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลาและบริเวณที่ศึกษาแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลาและบริเวณที่ศึกษา

2. ทราบวิธีการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในแต่ละตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง คือในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน

3. ทราบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์

4. ใช้เป็นแนวทางในการสนับสนุนมาตรการการลดใช้พลาสติกหรือการจัดการขยะพลาสติก

ขอบเขตของการวิจัย

กำหนดขอบเขตในการวิจัยบริเวณชายฝั่ง 7 สถานี คือ ท่าเรือพลี อ่างศิลา แหลมแท่น หาดวอนนภา เกาะลอย เกาะสีชัง และอ่าวอุดม จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง คือเดือนมีนาคม (ช่วงเปลี่ยนแปลงลมมรสุม) เดือนมิถุนายน (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) เดือนกันยายน (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) และเดือนธันวาคม (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) ในปีพ.ศ. 2563 ทำการศึกษาองค์ประกอบของไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลา ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของไมโครพลาสติกกับการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์

การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้ง 3 ตำแหน่ง คือในผิวน้ำใช้ถุงลาก Manta ในมวลน้ำใช้ Submerged pump (Setala, Magnusson, Lehtiniemi & Noren, 2016) และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอน ใช้เครื่องมือเก็บตะกอนดิน (Ekman grab sampler) ตกตะกอนด้วยสารละละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มเข้มข้น 250 กรัมต่อลิตร และศึกษาการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ โดยองค์ประกอบของไมโครพลาสติก เช่น ประเภท ขนาด สี ใช้เทคนิคของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereo microscope) ลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติก

ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) การบอกชนิดของไมโครพลาสติกศึกษาโดยใช้เทคนิควิธีการของ Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) และการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ศึกษาโดยใช้กล้องฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescence spectroscope)

นิยามศัพท์เฉพาะ

ไมโครพลาสติก (Microplastics) คือ พลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร (Wright,Thompson & Galloway, 2013)

พอลิเมอร์ (Polymer) คือ สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ในโมเลกุลของพอลิเมอร์ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กๆ มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะชนิดโคเวเลนต์ (Covalent bond)

องค์ประกอบ คือ ประเภท ขนาด สี และชนิด

Manta Microplastics net คือ ถุงลากที่ออกแบบมาสำหรับการสุ่มตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำ

Submerged pump คือ ปั๊มน้ำแบบจุ่มเพื่อใช้สำหรับเก็บไมโครพลาสติกในมวลน้ำ

Ekman grab sampler คือ เครื่องมือเก็บดินตะกอน ใช้สำหรับเก็บไมโครพลาสติกในดินตะกอน

Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) เทคนิคทางเคมีเพื่อหาหมู่ฟังก์ชั่นในโครงสร้างโมเลกุล

กล้องฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescence spectroscope) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติของสารโดยการอาศัยการดูดกลืนรังสียูวีที่ส่งผลให้โมเลกุลถูกกระตุ้นและมีการสั่นภายในโมเลกุล

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) นำมาศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง ภาพที่ได้จากกล้องเป็นภาพที่มีกำลังขยายสูง สามารถแยกแยะรายละเอียดของภาพได้ถึง 100 นาโนเมตร มีลักษณะเหมือนภาพ 3 มิติ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้เบื้องต้นของพลาสติก

1.1 ที่มาของพลาสติก

พลาสติก (Plastic) มาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า "Plastikos" หมายความว่า หล่อ หรือ หลอมเป็นรูปร่างได้ง่าย เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ประเภทหนึ่งที่ส่วนใหญ่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น (Synthetic polymer) มาจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน (เบญจพร พรมลี, 2556) คำว่า "พอลิเมอร์" (Polymer) หมายถึง สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ในโมเลกุลของพอลิเมอร์ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลเล็กๆ มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะชนิดโคเวเลนต์ (Covalent bond) สารที่เป็นมอนอเมอร์อาจเหมือนกันหรือต่างกันได้ พอลิเมอร์มักจะหมายรวมถึง พลาสติก ยาง เส้นใย และกาว ส่วนคำว่าพลาสติกหมายถึงสารผสมระหว่างพอลิเมอร์และสารเติมแต่ง (Additives) เช่น สี สารเพิ่มความยืดหยุ่น สารเพิ่มความเสถียร สารทนความร้อน เป็นต้น (อรุณี ศุภสินสาธิต, 2556)

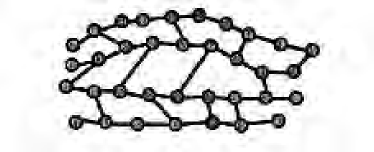
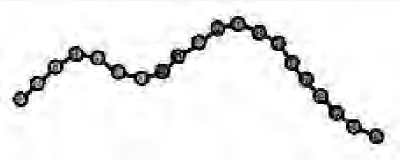
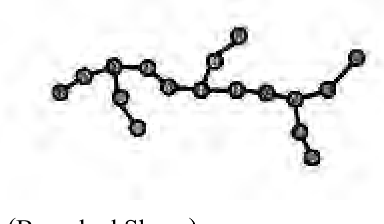
1.2 กระบวนการผลิตพลาสติก

ปัจจุบันเราจะพบเห็นพลาสติกมีบทบาทอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน พลาสติกที่ใช้กันส่วนมากมีแหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียม ทั้งที่เป็นน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติใต้ผิวดิน เป็นทั้งแหล่งพลังงานและแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตวัสดุสังเคราะห์ต่างๆ กระบวนการผลิตพลาสติกเริ่มต้นจากการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็ก ซึ่งได้จากการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบมาทำปฏิกิริยากันจนได้เป็นสายโซ่ยาวเรียกว่า ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) เป็นกระบวนการหรือวิธีการที่จะเปลี่ยนโมเลกุลของมอนอเมอร์ซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดเล็กไปเป็นพอลิเมอร์ซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ (ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง, และปริณดา พรหมหิตาธร, 2556) ซึ่งพอลิเมอร์แต่ละชนิดสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นที่แตกต่างกันไป ทำให้พอลิเมอร์มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งพลาสติกออกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

- เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) พอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างเป็นแบบร่างแห หลอมเหลวได้ในขั้นตอนการขึ้นรูปครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ทำให้พอลิเมอร์มีรูปร่างที่ถาวร (ตารางที่ 1) ไม่สามารถหลอมเหลวได้อีกเมื่อได้รับความร้อน และหากได้รับความร้อนสูงเกินไป จะทำให้พันธะระหว่างอะตอมในโมเลกุลแตกออก ตัวอย่างของพลาสติกในกลุ่มนี้ เช่น เบคิไลต์ (Bakelite) และเมลามีน (Melamine) เป็นต้น

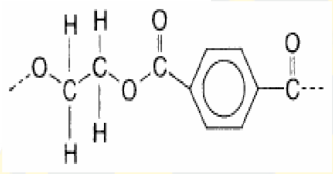
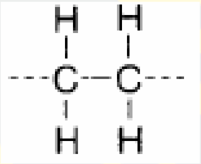
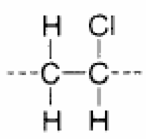
- เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) พอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างโมเลกุลของสายโซ่พอลิเมอร์เป็นแบบเส้นตรงหรือแบบกิ่งสั้นๆ (ตารางที่ 1) สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและหลอมเหลวเป็นของเหลวหนืด เนื่องจากโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่พันกันอยู่สามารถเคลื่อนที่ผ่านกันไปมาได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับความร้อน และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัว ซึ่งการหลอมเหลวและการเย็นตัวลงนี้ สามารถเกิดกลับไปกลับมาได้โดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ หรือโครงสร้างของพอลิเมอร์เปลี่ยนไปมากนัก ทำให้พลาสติกประเภทนี้นำกลับมาสู่กระบวนการผลิตซ้ำได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ถูกนำมาใช้ปริมาณมากในปัจจุบัน เช่น ทางอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ กล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ลักษณะโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ในพลาสติกประเภทต่างๆ

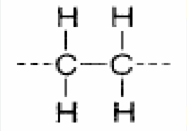
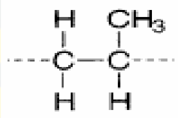
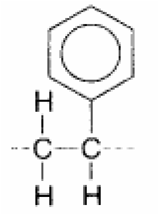
ประเภท	รูปโครงสร้าง	ลักษณะโครงสร้าง
เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting)	 (Cross-Linked or Network Shape)	การเกาะตัวของโมเลกุลเป็นแบบตาข่ายแบบแคบหรือร่างแห จึงทำให้ มีความหนาแน่นสูง มีความแข็งแรงและทนความร้อนได้สูง
เทอร์โมพลาสติก (Thermo-plastic)	 (Linear Shape)	การเกาะตัวของโมเลกุลเป็นแบบเส้นยาวตลอด จึงทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงสูง และทนความร้อนได้ดี
	 (Branched Shape)	การเกาะตัวของโมเลกุลที่มีลักษณะคล้ายข้อมือกับแขน เรียกการเกาะตัวแบบนี้ว่า แบบแตกแขนง จึงทำให้พอลิเมอร์มีความหนาแน่นน้อย

ที่มา : เบญจพร พรมลี (2556)

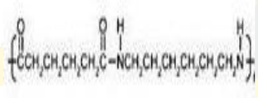
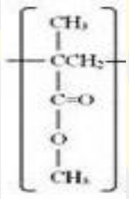
ตารางที่ 2 ชนิดและคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก

ประเภทของพลาสติก	การนำไปใช้ประโยชน์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
1. พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Poly ethylene terephthalate, PET) 	ทนแรงกระแทก ไม่เปราะแตกง่าย สามารถทำให้ใสมาก มองเห็นสิ่งที่บรรจุอยู่ภายใน นิยมใช้บรรจุน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ขวด PET ยังมีคุณสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุน้ำอัดลม	นำมาผลิตเป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม และเส้นใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน หรือเสื้อสำหรับเล่นสกี
2. พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) 	มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายตรงค่อนข้างแข็งแต่ยืดได้มาก ไม่แตกง่าย ส่วนใหญ่ทำให้มีสีสันสวยงาม ยกเว้นขวดที่ใช้บรรจุน้ำดื่ม ซึ่งจะขุ่นกว่าขวด PET ราคาถูก ขึ้นรูปได้ง่าย ทนสารเคมีจึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด ยาสระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้ว นอกจากนี้ภาชนะที่ทำจาก HDPE ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้นได้ดี จึงใช้เป็นขวดนมเพื่อยืดอายุของนมให้นานขึ้น	ผลิตขวดต่างๆ เช่น ขวดใส่น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้ว หรือม้านั่งในสวน
3. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride, PVC) 	เป็นพลาสติกแข็งใช้ทำท่อ เช่น ท่อน้ำประปา แต่สามารถทำให้นิ่มโดยใส่สารพลาสติกไซเซอร์ ใช้ทำสายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่ยาสระผม	ผลิตท่อประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์ หรือม้านั่งพลาสติก

ตารางที่ 2 ชนิดและคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก (ต่อ)

ประเภทของพลาสติก	การนำไปใช้ประโยชน์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
	PVC เป็นพลาสติกที่มีสมบัติหลากหลาย สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อื่นได้อีกมาก เช่น ประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม	
4. พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) 	เป็นพลาสติกที่นิ่ม สามารถยืดตัวได้มาก มีความใส นิยมนำมาทำเป็นฟิล์มสำหรับห่ออาหารและห่อของ ถุงใส่ขนมปัง และถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร	ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว หรือถังขยะ
5. พอลิโพรไพลีน (Polypropylene, PP) 	เป็นพลาสติกที่แข็ง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสารเคมี ความร้อน และน้ำมัน ทำให้มีสีสันสวยงามได้ ภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถัง ตะกร้า หรือกระบอกสำหรับใส่น้ำแช่เย็น	นิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน และกรวยสำหรับน้ำมัน
6. พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) 	เป็นพลาสติกที่แข็งใสแต่เปราะและแตกง่าย ราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง และสำลี	นิยมผลิตเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือ ของใช้อื่นๆ

ตารางที่ 2 ชนิดและคุณสมบัติของเทอร์โมพลาสติก (ต่อ)

ประเภทของพลาสติก	การนำไปใช้ประโยชน์	ผลิตภัณฑ์รีไซเคิล
7. พลาสติกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 6 ชนิดแรก หรือไม่ทราบว่าเป็นพลาสติกชนิดใด เช่นไนลอน  และพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl Methacrylate, PMMA) 	มีลักษณะโปร่งใส แข็ง ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง ใช้ทำถ้วย จาน ชาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก	สามารถนำมาหลอมใหม่ได้ส่วนมากจะเป็นแก้วน้ำ ขวดน้ำดื่มแบบขุ่น แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ถุงร้อน สายรัดพลาสติก ฝาขวด เป็นต้น

ที่มา : https://www.mtec.or.th/bio-plastic/what-is-plastic/plastic usage.html ;https://www.mtec.or.th/en/post-knowledges/9812/

BURAPHA UNIVERSITY

1.3 สารประกอบพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ไม่ถูกต้องและไม่ปลอดภัย โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอาหารและเครื่องดื่ม อาจนำมาซึ่งการสะสมสารพิษและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ของผู้บริโภค สารประกอบบางชนิดที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค (ตารางที่ 3) เช่น สาร Phthalate เป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) ที่เติมลงไปในการผลิตพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) สหภาพยุโรปกำหนดให้สารในกลุ่มนี้มีค่าการตกค้างในอาหารได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.) สารนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เป็นสารที่มีกลไกทำงานคล้ายฮอร์โมน จึงไปรบกวนระบบการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติ (Endocrine disruption) สารไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) เป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride resin) (ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ, 2556) จากรายงานหน่วยงานวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer : IARC) พบว่าสารไวนิลคลอไรด์เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งตับและท่อน้ำดี (อาทิตยา จิตจำนง, 2559) สารสไตรีน (Styrene) เป็นสารตั้งต้นของการผลิตพลาสติกชนิดพอลิสไตรีน ที่รู้จักกันดี ก็คือกล่องโฟม ซึ่งปริมาณสารสไตรีนในภาชนะบรรจุอาหารมีได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในกรณีที่ใช้งานอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มีได้ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2552) ซึ่งไอระเหยของสารสไตรีนเมื่อสัมผัสกับผิวหนังเกิดอาการระคายเคือง ตา จมูก และระบบทางเดินหายใจส่วนบน สารสไตรีนเป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบเม็ดเลือด อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อสรุปว่าสารสไตรีนก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ IARC จึงจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่ม 2B สารบิสฟีนอลเอ (Bisphenol A : BPA) เป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกชนิดพอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate) ให้มีได้ในระดับ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารตั้งต้นผลิตพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน อีเทอร์ซัลโฟนหรือพอลิเอทิลีน อนุญาตให้มีได้ 0.25 ไมโครกรัมต่อลิตร เป็นสารเคลือบในกระป๋องที่สัมผัสอาหาร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, ม.ป.ป.) ซึ่งสาร BPA เป็นสารที่รบกวนระบบการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine disruptor) เลียนแบบพฤติกรรมของฮอร์โมนเอสโตรเจนในธรรมชาติ ส่งผลต่อหน้าที่การผลิต การหลั่ง การขนย้าย และการกำจัดฮอร์โมนธรรมชาติที่อยู่ในร่างกาย เป็นต้น (ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ, 2556) นอกจากนี้สีของพลาสติกอาจใช้สีที่มีตะกั่วหรือแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ (อรุณี ศุภสินสาธิต, 2556) ปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ 100 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม (กระทรวงสาธารณสุข, 2528) ตะกั่วถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม 2A ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ระดับตะกั่วในเลือดไม่ควรเกิน 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ถ้าตรวจพบมากกว่านั้นก็อาจจะส่งผลให้เกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรง อาการชาตามปลายมือ ปลายเท้า หรือภาวะโลหิตจาง ส่วนแคดเมียมในขวดน้ำดื่มไม่ควรเกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

การได้รับปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นถึง 200 ไมโครกรัม ทำให้เซลล์ท่อไตไม่สามารถดูดซึมโปรตีนกลับได้ (กระทรวงสาธารณสุข, ม.ป.ป.)

ตารางที่ 3 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ชนิดของพลาสติก	สารที่เป็นอันตราย	ความเป็นพิษ	ความเป็นอันตราย
PVC	Phthalate	LC_{50} = 4,250 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ทางปากในหนูทดลอง) LD_{50} = 8,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (การสูดดมในหนูทดลอง)	สารนี้มักจะแสดงในลักษณะพิษเรื้อรังเป็นผลให้เกิดอาการตกเลือดในปอด และอาการตับโต เป็นต้น
PVC	Vinyl chloride	LC_{50} =385 พีพีเอ็มต่อ 2 ชั่วโมง (ทางปากในหนูทดลอง) LD_{50} = 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (การสูดดมในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน เช่น มีอาการวิงเวียน อ่อนเพลีย ง่วง เสียการทรงตัว การได้ยินและการมองเห็นไม่ชัดเจน หากสูดดมที่มีความเข้มข้น มากกว่า 10,000 พีพีเอ็ม จะทำให้หมดสติ 2. พิษเรื้อรัง ทำให้เกิดความผิดปกติทางระบบประสาท การทำงานของตับ อาจมีโรคแทรกซ้อน เช่น ความดันโลหิตสูง เลือดออกตามบริเวณทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งตับชนิด Angiosarcroma
Polystyrene	Styrene	LC_{50} =2,770 พีพีเอ็มต่อ 4 ชั่วโมง (ทางปากในหนูทดลอง) LD_{50} = 316 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (การสูดดมในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน เช่น ระคายเคืองผิวหนัง หรือทางเดินหายใจ 2. พิษเรื้อรัง ส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้การเคลื่อนไหวและการทรงตัวไม่ดี ความจำเสื่อม สมาธิสั้น และเป็นสารก่อกลายพันธุ์อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

ตารางที่ 3 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ต่อ)

ชนิดของพลาสติก	สารที่เป็นอันตราย	ความเป็นพิษ	ความเป็นอันตราย
Polycarbonate	Bisphenol A	LD_{50} = 3,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ทางปากในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน เช่น มีอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ คลื่นไส้ และปวดศีรษะ 2. พิษเรื้อรัง ส่งผลต่อระบบฮอร์โมนเพศที่ผิดปกติ มีพิษต่อตับและเป็นสารก่อการกลายพันธุ์
Polycarbonate	Bisphenol A	LD_{50} = 3,250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ทางปากในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน เช่น มีอาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ คลื่นไส้ และปวดศีรษะ 2. พิษเรื้อรัง ส่งผลต่อระบบฮอร์โมนเพศที่ผิดปกติ มีพิษต่อตับและเป็นสารก่อการกลายพันธุ์
Melamine	Formaldehyde	LC_{50} = 203 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (การสูดดมในหนูทดลอง) LD_{50} = 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ทางปากในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน เช่น ก่อให้เกิดการระคายเคืองของจมูก และทางเดินหายใจส่วนต้น อาการทางผิวหนัง เช่น ทำให้เกิดภูมิแพ้ หรือผิวหนังอักเสบ 2. พิษเรื้อรังอาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง
-	ตะกั่ว	LC_{50} = 850 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อ 1 ชั่วโมง (การสูดดมในหนูทดลอง) LD_{50} = 12.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ทางปากในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน คลื่นไส้ อาเจียน ความคิดสับสน ชักหรือหมดสติ 2. พิษเรื้อรัง เบื่ออาหาร ปวดท้องอย่างรุนแรง อาการทางระบบประสาท ภาวะเลือดจาง ไตวายเรื้อรัง

ตารางที่ 3 สรุปสารประกอบในพลาสติกที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ต่อ)

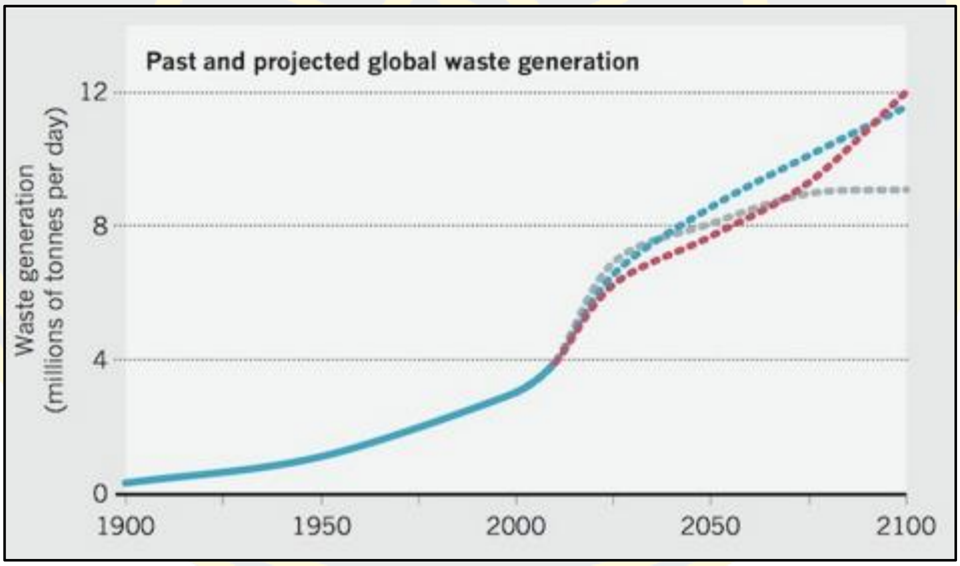
ชนิดของพลาสติก	สารที่เป็นอันตราย	ความเป็นพิษ	ความเป็นอันตราย
-	แคดเมียม	LD_{50} = 88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ทางปากในหนูทดลอง) LD_{50} = 1,800 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (เยื่อบุช่องท้องในหนูทดลอง)	1. พิษเฉียบพลัน ไอ แน่นหน้าอก หนาวสั่น ปวดเมื่อยตามร่างกาย 2. พิษเรื้อรัง โรคพิษแคดเมียม หรือโรคอิไต-อิไต

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม (2552); ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ (2556); http://www.chemtrack.org/default.asp

BURAPHA UNIVERSITY

1.4 สถานการณ์ขยะโลก

ขยะหรือมูลฝอย (Solid waste) คือ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ ซากสัตว์ และหมายความรวมถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษ หรืออันตรายจากชุมชน ครัวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงาน ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) โลกมีจำนวนประชากร 220 ล้านคน ในปีพ.ศ. 1900 ที่อาศัยในเขตเมือง หรือคิดเป็นร้อยละ 13 ของประชากรทั้งหมด ผลิตขยะไม่ถึงวันละ 300,000 ตัน แต่ในปีพ.ศ. 2000 มีจำนวนประชากรที่อาศัยในเขตเมืองเพิ่มขึ้นเป็น 2.9 พันล้านคน คิดเป็นร้อยละ 49 ของประชากรทั้งโลก และผลิตขยะวันละ 3 ล้านตัน เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า และคาดว่าภายในปีพ.ศ. 2025 จะเพิ่มขึ้นเป็นอีกสองเท่าของปีพ.ศ. 2000 (ภาพที่ 1) (Hoornweg & Tata, 2012)

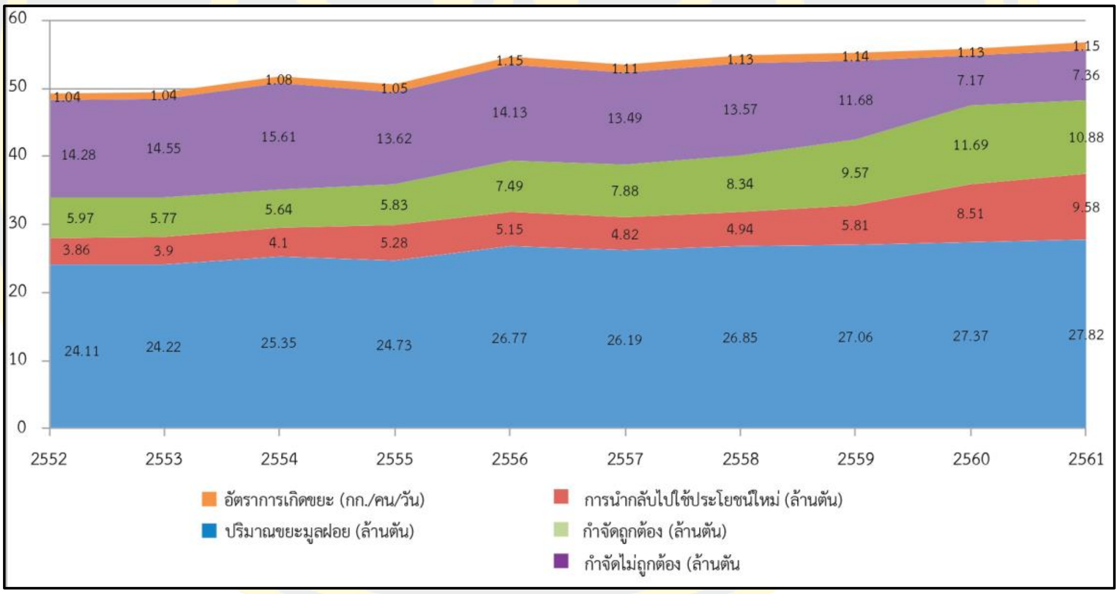


ภาพที่ 1 ประมาณการปริมาณการผลิตขยะของโลกต่อวัน (หน่วย : ล้านต่อวัน)

ที่มา : Hoornweg & Tata (2012)

1.5 สถานการณ์ขยะประเทศไทย

ในปีพ.ศ. 2561 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.93 ล้านตัน เมื่อเปรียบเทียบกับปีพ.ศ. 2560 มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เนื่องจากเกิดการขยายตัวของชุมชนเมือง และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร การส่งเสริมการท่องเที่ยว การบริโภคที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ขยะมูลฝอยในหลายพื้นที่เพิ่มมากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) แม้ว่าปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้น แต่การจัดการขยะในปีพ.ศ. 2561 มีแนวโน้มดีขึ้น ถูกคัดแยก ณ ต้นทาง และนำกลับมาใช้ประโยชน์ 9.76 ล้านตัน (ร้อยละ 35) เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 15 เป็นการใช้ประโยชน์จากขยะรีไซเคิลและทำปุ๋ยอินทรีย์ ขยะมูลฝอยชุมชนอีกจำนวน 10.85 ล้านตัน (ร้อยละ 39) ถูกกำจัดอย่างถูกต้อง ส่วนที่เหลือเป็นขยะที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้องประมาณ 7.32 ล้านตัน (ร้อยละ 26) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 สัดส่วนปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น การนำกลับไปใช้ประโยชน์ การกำจัดถูกต้องและไม่ถูกต้อง ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552-2561

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2562)

1.6 สถานการณ์ขยะทะเล

ขยะพลาสติกเป็นขยะที่ไหลลงสู่ทะเลเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่ใช้เวลาในการย่อยสลายตามธรรมชาติเป็นเวลานานหลายร้อยปี (ภาพที่ 3) จึงเกิดปริมาณขยะพลาสติกสะสมในทะเลเพิ่มขึ้น ถูกคาดการณ์ว่ามีปริมาณสูงถึง 13 ล้านตันต่อปี เทียบเท่ารถบรรทุก 1 คัน ขนขยะทิ้งลงทะเลทุกๆ 1 นาที (ภาพที่ 4) ปริมาณขยะพลาสติกมากที่สุดอันดับ 1 คือ ประเทศจีน (1.32-3.53 ล้านเมตริกตันต่อปี) โดยประเทศไทยอยู่อันดับที่ 6 ของโลก (0.15-0.41 ล้านเมตริกตันต่อปี) (Jambeck et al., 2015)

ภาพที่ 3 ระยะเวลาการย่อยสลายของขยะแต่ละชนิดในทะเล

ที่มา : https://pantip.com/topic/31726091

Table 1. Waste estimates for 2010 for the top 20 countries ranked by mass of mismanaged plastic waste (in units of millions of metric tons per year). Econ classif., economic classification; HIC, high income; UMI, upper middle income; LMI, lower middle income; LI, low income (World Bank definitions based on 2010 Gross National Income). Mismanaged waste is the sum of inadequately managed waste plus 2% littering. Total mismanaged plastic waste is calculated for populations within 50 km of the coast in the 192 countries considered. pop., population; gen., generation; ppd, person per day; MMT, million metric tons.

Rank	Country	Econ. classif.	Coastal pop. [millions]	Waste gen. rate [kg/ppd]	% plastic waste	% mismanaged waste	Mismanaged plastic waste [MMT/year]	% of total mismanaged plastic waste	Plastic marine debris [MMT/year]
1	China	UMI	262.9	1.10	11	76	8.82	27.7	1.32–3.53
2	Indonesia	LMI	187.2	0.52	11	83	3.22	10.1	0.48–1.29
3	Philippines	LMI	83.4	0.5	15	83	1.88	5.9	0.28–0.75
4	Vietnam	LMI	55.9	0.79	13	88	1.83	5.8	0.28–0.73
5	Sri Lanka	LMI	14.6	5.1	7	84	1.59	5.0	0.24–0.64
6	Thailand	UMI	26.0	1.2	12	75	1.03	3.2	0.15–0.41
7	Egypt	LMI	21.8	1.37	13	69	0.97	3.0	0.15–0.39
8	Malaysia	UMI	22.9	1.52	13	57	0.94	2.9	0.14–0.37
9	Nigeria	LMI	27.5	0.79	13	83	0.85	2.7	0.13–0.34
10	Bangladesh	LI	70.9	0.43	8	89	0.79	2.5	0.12–0.31
11	South Africa	UMI	12.9	2.0	12	56	0.63	2.0	0.09–0.25
12	India	LMI	187.5	0.34	3	87	0.60	1.9	0.09–0.24
13	Algeria	UMI	16.6	1.2	12	60	0.52	1.6	0.08–0.21
14	Turkey	UMI	34.0	1.77	12	18	0.49	1.5	0.07–0.19
15	Pakistan	LMI	14.6	0.79	13	88	0.48	1.5	0.07–0.19
16	Brazil	UMI	74.7	1.03	16	11	0.47	1.5	0.07–0.19
17	Burma	LI	19.0	0.44	17	89	0.46	1.4	0.07–0.18
18*	Morocco	LMI	17.3	1.46	5	68	0.31	1.0	0.05–0.12
19	North Korea	LI	17.3	0.6	9	90	0.30	1.0	0.05–0.12
20	United States	HIC	112.9	2.58	13	2	0.28	0.9	0.04–0.11

*If considered collectively, coastal European Union countries (23 total) would rank eighteenth on the list

ภาพที่ 4 อันดับประเทศประมาณการกำจัดขยะพลาสติกที่ไม่ถูกต้อง (หน่วย : ล้านเมตริกตันต่อปี)

ที่มา : Jambeck et al. (2015)

จากปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทยที่เกิดขึ้นในปีพ.ศ. 2561 จำนวน 27.93 ล้านตัน พบพลาสติกในขยะชุมชนประมาณ 2 ล้านตัน สามารถนำเข้าสู่ระบบรีไซเคิลประมาณ 500,000 ตัน (ขวดพลาสติก) ส่วนที่เหลือเป็นขยะพลาสติก 1.5 ล้านตัน (ถุงพลาสติกประมาณ 1.2 ล้านตัน ที่เหลือเป็นพลาสติกอื่นๆ) มีปริมาณขยะมูลฝอยกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง 7.32 ล้านตัน โดยเฉพาะการกำจัดแบบเทกอง เผากลางแจ้งในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย การกองทิ้งเอาไว้ ลักลอบทิ้งในพื้นที่สาธารณะประโยชน์หรือลักลอบทิ้งสู่แหล่งน้ำ ทำให้มีขยะมูลฝอยจากแผ่นดินปะปนและตกค้างอยู่ในทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

โดยขยะในทะเลส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากแผ่นดิน กิจกรรมทางชายฝั่งและการพักผ่อนและการทิ้งขยะลงทะเลโดยตรง (Land based sources) ถึงร้อยละ 80 อีกร้อยละ 20 มาจากกิจกรรมในทะเล (Ocean based sources) จากการประเมินพบว่าร้อยละ 60-80 ของขยะทะเลเป็นขยะพลาสติก (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) โดย 10 อันดับของขยะพลาสติกที่ตกค้างมากที่สุด ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดเครื่องดื่ม (พลาสติก) ขวดเครื่องดื่ม (แก้ว) ถ้วยหรือจาน (โฟม) หลอดหรือที่คนเครื่องดื่ม เชือก กระป๋องเครื่องดื่ม ถุงพลาสติกหูหิ้ว กล่องอาหาร (โฟม) ห่อหรือถุงอาหาร พบปริมาณขยะทะเลแต่ละชนิดรวม 66,022 ชิ้น (ตารางที่ 4)

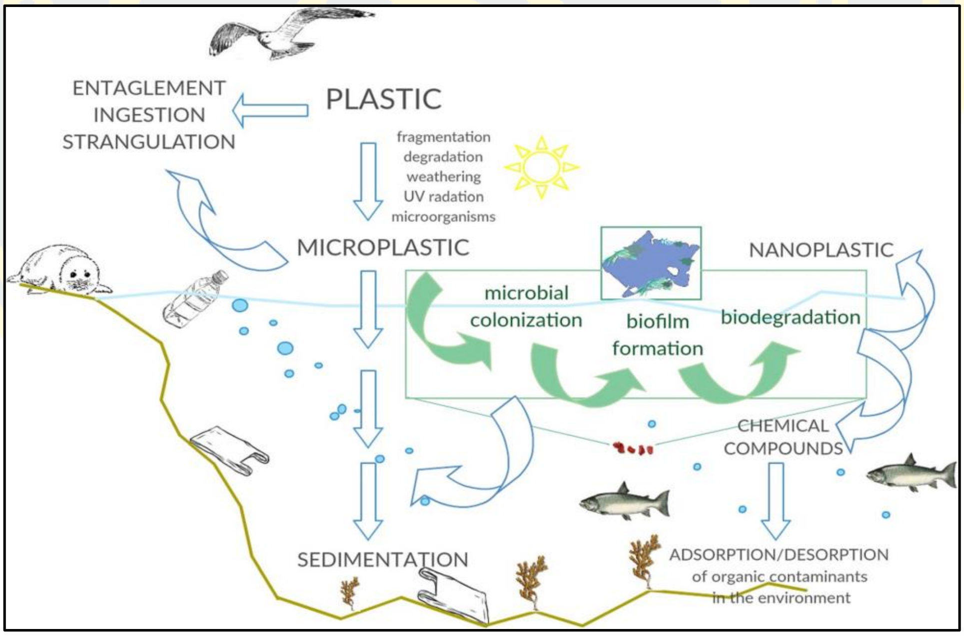
ตารางที่ 4 ข้อมูลขยะทะเลในประเทศไทย

ชนิดขยะทะเล	**จำนวน (ชิ้น)**
ถุงพลาสติก	15,154
ขวดเครื่องดื่ม (พลาสติก)	13,515
ขวดเครื่องดื่ม (แก้ว)	11,005
ถ้วย/จาน (โฟม)	5,167
หลอด/ที่คนเครื่องดื่ม	4,576
เชือก	3,965
กระป๋องเครื่องดื่ม	3,423
ถุงพลาสติกหูหิ้ว	3,243
กล่องอาหาร (โฟม)	3,156
ห่อ/ถุงอาหาร	2,818
ผลรวม	66,022

ที่มา : กรมทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและชายฝั่ง (2560)

1.7 กระบวนการแตกย่อยสลายของพลาสติก (Weathering process)

เมื่อขยะพลาสติกได้ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศเกิดการผุกร่อนและเสื่อมสภาพ เช่น แสงแดดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การเสื่อมสภาพของพอลิเมอร์ทำให้พื้นผิวพลาสติกเกิดการแตกออก ความเค็ม อุณหภูมิ ทำให้เกิดการผุกร่อน เกิดรอยแตกบนพื้นผิว คลื่น ลม การกัดหรือฉีกบดของสิ่งมีชีวิต ทำให้พลาสติกแยกส่วนเป็นอนุภาคที่เล็กลงเรื่อยๆ รวมไปถึงการย่อยสลายทางชีวภาพจากจุลินทรีย์ (Biodegradation) (Andrady, 2011) ก่อตัวขึ้นเป็นไบโอฟิล์ม (Bioflim) บนพื้นผิวพลาสติก สารที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นมาจะไปทำให้พลาสติกเกิดรูหรือรอยแตกขึ้น (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) ทั้งหมดนี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของพลาสติก จากขยะพลาสติกชิ้นใหญ่ (Macroplastics) เกิดการแตกออก (Fragmentation) เป็นชิ้นเศษพลาสติกขนาดเล็กๆ (Microplastics) (ภาพที่ 5) จนถึงขนาดนาโนเมตร (Urbanek, Rymowicz & Mironczuk, 2018)



ภาพที่ 5 กระบวนการแตกย่อยสลายของพลาสติกในแหล่งน้ำทะเล

ที่มา : Urbanek et al. (2018)

2. ไมโครพลาสติก (Microplastics)

ไมโครพลาสติกเป็นขยะพลาสติกชนิดหนึ่งที่พบการแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อมทางทะเลหลายบริเวณ เช่น สะสมในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหรือในดินตะกอน โดยให้คำจำกัดความของไมโครพลาสติก คือ พลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร (Wright et al., 2013) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท (Auta, Emenike & Fauziah, 2017)

1) ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastics)

เป็นไมโครพลาสติกที่ผลิตเป็นพลาสติกขนาดเล็กมาตั้งแต่ต้น เช่น วัสดุตั้งต้นของการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic pellet) และเม็ดบีดส์ (Microbeads) ซึ่งใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิวหน้าและส่วนผสมในเครื่องสำอาง (Cole, Lindeque, Halsband & Galloway, 2011)

2) ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastics)

ไมโครพลาสติกที่เกิดจากพลาสติกขนาดใหญ่ (Macroplastics) ที่สะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน เมื่อได้รับแสงแดด ลม พลังงานจากคลื่น การฉีกหรือบดพลาสติกของสิ่งมีชีวิต ทำให้โครงสร้างของพลาสติกมีการแตกหักมากขึ้นจนมีขนาดเล็กลง (Auta et al., 2017) และไมโครพลาสติกสามารถแบ่งตามรูปร่างได้ 6 ประเภท คือ เส้นใย (Filaments) ชิ้นส่วนพลาสติก (Fragment) โฟม (Foam) ฟิล์มพลาสติก (Film) เม็ดบีดส์ (Granules) และเม็ดพลาสติก (Pellets) (Virsek et al., 2016)

2.1 ลักษณะของไมโครพลาสติกที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต

1) ขนาด

ขนาดของไมโครพลาสติกซึ่งส่วนใหญ่แล้วมีขนาดใกล้เคียงกับอาหารตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ด้วยขนาดที่เล็กยิ่งมีแนวโน้มการปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตในลำดับต้นของห่วงโซ่อาหาร (Wright et al., 2013) เช่น แพลงก์ตอนสัตว์หลายชนิดกินไมโครพลาสติกในช่วงขนาด 0.5–816 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดของไมโครพลาสติกขึ้นอยู่กับขนาดอวัยวะที่ใช้ในการจับอาหารในโคพีพอดชนิด *Calanus finmarchicus* พบว่าจะกินไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (15 ไมโครเมตร) มากกว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ (30 ไมโครเมตร) (Botterell et al., 2019)

2) ความหนาแน่นของพลาสติก

ความหนาแน่นของพลาสติกมีความแตกต่างกัน ทั้งในน้ำและในดินตะกอน (ภาพที่ 6) จึงทำให้สิ่งมีชีวิตจะได้รับการปนเปื้อนจากไมโครพลาสติกต่างกัน (Wright et al., 2013) เช่น สิ่งมีชีวิตที่อยู่ส่วนบนของมวลน้ำมีแนวโน้มที่จะกินพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ได้แก่ HDPE (0.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) LDPE (0.91-0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) PP (0.85-0.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) เป็นต้น ส่วนสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณหน้าดินมีแนวโน้มที่จะกินพลาสติกที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ได้แก่ PET (1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) PVC (1.38 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (ภาพที่ 6)

Table 1
Classes of plastics that are commonly encountered in the marine environment.

Plastic Class		Specific Gravity	Percentage production#
Low-density polyethylene	LDPE LLDPE	0.91–0.93	21%
High-density polyethylene	HDPE	0.94	17%
Polypropylene	PP	0.85–0.83	24%
Polystyrene	PS	1.05	6%
Foamed Polystyrene			
Nylon	PA		<3%
Thermoplastic Polyester	PET	1.37	7%
Poly(vinyl chloride)	PVC	1.38	19%
Cellulose Acetate	CA		

Polymer Type	Resin ID code	Common Uses	In Oceans...
Low-density polyethylene (LDPE)	4	Single use plastics: shrink-wrap, packaging materials, films, plastic bags	Float
High-density polyethylene (HDPE)	2	Single use plastics: milk cartons, shampoo bottles, plastic bags	
Polypropylene (PP)	5	Straws, bottle caps, food containers	
Polystyrene (PS)	6	Styrofoam, Single-use plastics	Float/Sink
Polyurethane (PU)	7	Foams for furniture cushions, automotive parts, electronic instruments	
Nylon	7	Clothing, rope, fishing line	Sink
Polyvinyl chloride (PVC)	3	Construction materials, furniture, tubing, pipes, water bottles	
Polyethylene terephthalate (PETE or PET)	1	Soda and water bottles, polyester clothing, food containers	

ภาพที่ 6 ชนิดและความหนาแน่นของพลาสติก

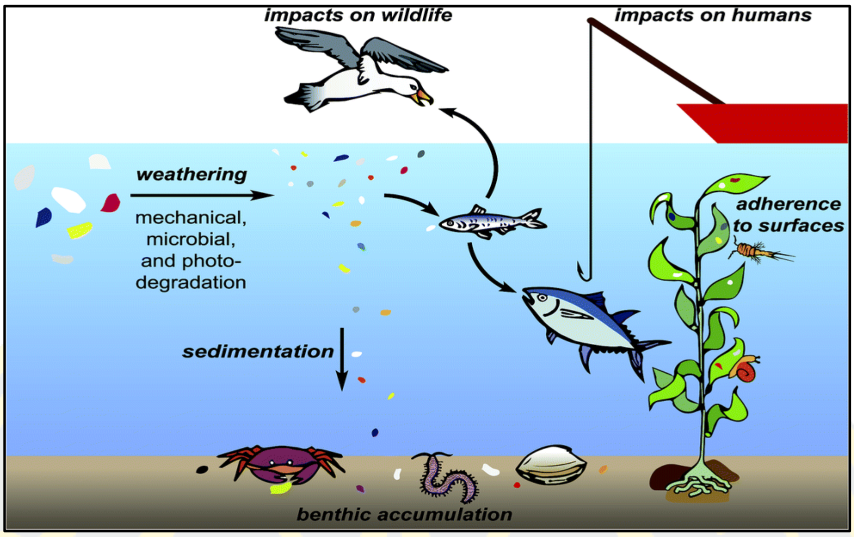
ที่มา : Andrady (2011); https://envirobites.org/2019/04/25/what-can-sea-turtles-tell-us-about-the-plastics-in-our-oceans/

3) สี

สีของไมโครพลาสติกมีผลต่อการเลือกกินของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในสิ่งมีชีวิตที่มีประสาทรับรู้ภาพและสี โดยสิ่งมีชีวิตจะเลือกกินไมโครพลาสติกที่มีสีคล้ายเหยื่อ (Wright et al., 2013) เช่น จากรายงานตรวจสอบผลของสีต่อการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ พบสีดำ สีน้ำเงิน และสีแดง และในระบบทางเดินอาหารของลูกปลาพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินร้อยละ 66 เป็นส่วนใหญ่ (Botterell et al., 2019)

2.2 การกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์

แพลงก์ตอนสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยในมวลน้ำทำหน้าที่เป็นผู้บริโภคลำดับแรกในห่วงโซ่อาหาร จากนั้นมีสัตว์น้ำวัยอ่อนเป็นผู้บริโภคในลำดับต่อไป (ภาพที่ 7) จึงถือได้ว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหาร โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ผลิตขั้นต้น ถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารไปยังผู้บริโภคลำดับสูง (Gunbua, 2014) โดยมีพฤติกรรมการกินแบบกรองกิน (Filter feeding) และบางชนิดมีการกินแบบแทะเล็ม (Grazing) เช่น ในโคพีพอดบางชนิด ทำให้สามารถกินอาหารที่ขนาดใหญ่กว่าตัวได้ การกินอาหารโดยการเคลื่อนไหวรยางค์ปาก (Feeding currents) (Muentarawat & Gunbua, 2016) หรือมีอวัยวะที่ช่วยในการจับอาหาร หากแพลงก์ตอนสัตว์มีการกินไมโครพลาสติกก็อาจถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคอันดับสูงได้ ด้วยไมโครพลาสติกมีขนาดความใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ มีการศึกษาการกินไมโครพลาสติกในธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์ คือเคยและโคพีพอด โดยเคยสามารถกินไมโครพลาสติกที่มีขนาด 0.8 มิลลิเมตร ส่วนโคพีพอดนั้น กินไมโครพลาสติกที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร (Desforge et al., 2015) หรือการทดลองเพื่อศึกษาการกินไมโครพลาสติกในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ โดยให้กินเม็ดพลาสติกสังเคราะห์พอลิสไตรีนขนาด 10 ไมโครเมตร พบการกินมากสุดที่ตัวอ่อนของไส้เดือนทะเล (Sun et al., 2017) การทดลองในโคพีพอดโดยให้กินเม็ดพลาสติกสังเคราะห์พอลิสไตรีน ขนาด 1.7-30 ไมโครเมตร หลังจากโคพีพอดกินเม็ดพลาสติกเข้าไปแล้วเมื่อเวลาผ่านไป จะลดการกินสาหร่ายลงอย่างมีนัยสำคัญ (Cole et al., 2013) และการให้โคพีพอดกินเม็ดพลาสติกสังเคราะห์พอลิสไตรีนขนาด 20 ไมโครเมตร มีผลกระทบทำให้โคพีพอด กินอาหารได้น้อย ลดความดกของไข่ ส่งผลต่อระบบสืบพันธุ์ เป็นต้น (Cole, Lindeque, Fileman, Halsband & Galloway, 2015) แพลงก์ตอนสัตว์มีบทบาทความสำคัญในระบบนิเวศทางทะเล จากตัวอย่างการศึกษาวิจัยแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีการกินไมโครพลาสติกเข้าไปเป็นอาหารอาจทำให้เกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหารได้



ภาพที่ 7 การสะสมไมโครพลาสติกในห่วงโซ่อาหาร

ที่มา : https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/em/c6em90004f#!divAbstract

2.3 ความเป็นอันตรายของไมโครพลาสติก

เนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดที่เล็กมาก (น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร) มีความเบา มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟรบิก (Hydrophobic) ทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นไมโครพลาสติกจึงมีแนวโน้มที่จะมีการปนเปื้อนของสารมลพิษอินทรีย์ ยิ่งสะสมในทะเลนานไมโครพลาสติกก็อาจจะมีความเป็นพิษสูงขึ้น ตัวอย่างของกลุ่มสารอินทรีย์ที่มีแนวโน้มจะสะสมในไมโครพลาสติกได้ เช่น สารตกค้างในสิ่งแวดล้อม สะสมได้ในห่วงโซ่อาหารและมีความเป็นพิษ (Persistent bioaccumulative and toxic substances : PBTs) ได้แก่ โลหะหนัก เช่น ปรอทที่มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ในแหล่งน้ำไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร แคดเมียมไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่วไม่เกิน 8.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ทองแดงไม่เกิน 8 ไมโครกรัมต่อลิตร เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2550) สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม (Persistent organic pollutants : POPs) ไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบเช่น พอลิคลอริเนตไบฟีนิล (Polychlorinated biphenyls : PCBs) (สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์, เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์, และจงรักษ์ ผลประเสริฐ, 2562) ก่อมะเร็งในตับของหนูเมื่อกินเข้าไปวันละ 4.3-11.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 21 เดือน (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) อันตรายของสารพิษเหล่านี้ คือ มีความเป็นพิษสูง สะสมในสิ่งแวดล้อมได้นาน และมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในไขมัน จึงทำให้ง่ายต่อการเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อไขมันของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงมีการศึกษาไมโครพลาสติกที่มีการปนเปื้อนของสารเคมี เช่น ใน

ไส้เดือนทะเล ที่มีการปนเปื้อนพอลิคลอริเนตไบฟีนิล (Polychlorinated biphenyls : PCBs) หลังจากการกลืนกินไปได้ 28 วัน พบอนุภาคพลาสติกตกค้างในลำไส้ ซึ่งทำให้เคลื่อนที่ช้าลง (Besseling, Wegner, Foekema, Greve & Koelmans, 2013) การศึกษาผลกระทบการดูดซึมสารเคมีผ่านปลาโดยให้กินเม็ดพลาสติก พบว่าปลาที่กินเม็ดพลาสติกที่มีสารเคมี PAHs PCBs และ PBDE ตับของปลาจะมีความเครียดและเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของสารถูกสะสมในเนื้อเยื่อของปลามากขึ้น (Rochman, Hoh, Kurobe & Teh, 2013) และการทดลองการส่งผ่านสารพิษและสารเติมแต่ง โดยให้ไส้เดือนทะเลกินไมโครพลาสติกที่มีการสะสมของสารพิษและสารเติมแต่ง พบว่าไส้เดือนทะเลกินอาหารได้น้อยลง ขับมูลออกมาได้น้อย และระบบภูมิคุ้มกันลดลง เนื่องจากลดความสามารถของเซลล์ในช่องลำตัวในการทำลายเชื้อโรค (Browne, Niven, Galloway, Rowland & Thompson, 2013) การกินเม็ดพลาสติกพอลิสไตรีนในหอยแมลงภู่ พบในลำไส้และระบบไหลเวียน ซึ่งขนาดของพลาสติกที่มีขนาดเล็กจะสะสมได้มากกว่าพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ ภายใน 48 วัน จะส่งผลต่อระบบในร่างกาย (Browne, Dissanayake, Galloway, Lowe & Thompson, 2008) การกินเม็ดพลาสติก HDPE ของหอยแมลงภู่พบสะสมในเนื้อเยื่อเกิดการอักเสบอย่างรุนแรง เมื่อเวลาดูดซึมผ่านไป 6 ชั่วโมง (Moos, Holm & Kohler, 2012) หรือการกินเม็ดบีดส์พอลิสไตรีนในโคพีพอด ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต ความอยู่รอด และปริมาณไข่ลดลง ที่ความเข้มข้น 12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เกิดการตายของระยะนอเพลียสและระยะโคพีพอด (Lee, Shim, Kwon & Kang, 2013)

2.4 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

ไมโครพลาสติกมีขนาดที่เล็กและพบการแพร่กระจายทั้งในมวลน้ำ และในดินตะกอน จึงทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถกรองกินนำเข้าไปในร่างกาย และเกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหารได้ จากข้อมูลในการศึกษาพบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ปลา มีการกินไมโครพลาสติกเข้าไปในร่างกายโดยสิ่งมีชีวิตไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นอาหารหรือไมโครพลาสติก หรือแม้กระทั่งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น แมวน้ำ ที่ได้รับผลกระทบจากไมโครพลาสติกโดยการถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ผ่านการกินปลาที่มีการสะสมไมโครพลาสติก (Nelms et al., 2018) นอกจากนี้การกินไมโครพลาสติกยังส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหารและระบบภูมิคุ้มกันของสิ่งมีชีวิตได้ เช่น ไส้เดือนทะเล ปลิงทะเล และหอย เป็นต้น (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สรุปผลกระทบไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิต	ชนิดพลาสติก	ความหนาแน่น	ผลกระทบ	ที่มา
แพลงก์ตอนสัตว์ (*Centropages typicus*, *Daphnia magna*)	เม็ดพลาสติกพอลิสไตรีน	4,000 มิลลิลิตร และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร	ลดการกินสาหร่ายและเคลื่อนที่ช้าลง	Cole et al. (2013); Rehse et al. (2016)
โคพีพอด (*Calanus helgolandicus*, *C. cristatus*, *Euphasia pacifa*)	พอลิสไตรีน	75 มิลลิกรัมต่อลิตร	กินอาหารลดลง ลดการสืบพันธุ์ และผลิตไข่ได้น้อยลง	Cole et al. (2016); Desforges et al. (2015)
ปลาทะเล (*Pomatoschistus microps*, *Artemia nauplii*, *Danio rerio*, *Oryzias latipes*)	พอลิเอทิลีน, เม็ดพลาสติกพอลิสไตรีน	1.2×10^{6} ชิ้นต่อมิลลิกรัม และ 12 ชิ้นต่อมิลลิกรัม, 0.5-2.5 ชิ้นต่อมิลลิกรัม	พบการกิน Pathological stress อักเสบบริเวณตับ ออกซิเดชั่น และไขมันสะสมที่ตับ	Ferreira et al. (2016); Batel et al. (2016); Lu et al. (2016); Rochman et al. (2013)
หอยสองฝา (*Mytilus edulis*, *Crassostrea gigas*, *Macoma bathica*, *Mytilus trrossulus*)	พอลิเอทิลีน, เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน	250 มิลลิกรัมต่อลิตร	มีการกินและสะสมในเนื้อเยื่อ	Cauwenberghe & Janssen (2014); Setala et al. (2016); Moos et al. (2012)
ไส้เดือนทะเล (*Arenicola marina*)	พอลิเอทิลีน, พอลิไวนิลคลอไรด์, พอลิสไตรีน	1.4-707 และ 250 ไมโครเมตร, 2.5-316 และ 1,129 ไมโครเมตร, 8.7-478 และ 143.5 ไมโครเมตร	เพิ่มอัตราเมตาบอลิซึม และขับถ่ายมูลได้น้อยลง	Green et al. (2016); Besseling et al. (2012)

ตารางที่ 5 สรุปผลกระทบไมโครพลาสติกต่อสิ่งมีชีวิต (ต่อ)

สิ่งมีชีวิต	**ชนิดพลาสติก**	**ความหนาแน่น**	**ผลกระทบ**	**ที่มา**
กุ้งทะเล (*Crangon cragon*)	ไมโครพลาสติก	0.68±0.55 กรัมต่อมวล	พบการกินไมโครพลาสติก	Devriese et al. (2015)
ปูทะเล (*Carcinus maenas*)	พอลิสไตรีน	107 ชิ้นต่อลิตร	พบการกินและสะสมบริเวณเหงือก อุดตันระบบหายใจ	Watts et al. (2014)
ปลาแมคเคอเรล (*Scomber scombrus*) และแมวน้ำ (*Halichoerus grypus*)	พอลิโพรไพลี, พอลิเอทิลีน	0.58±1.05 ชิ้น 0.87±1.09 ชิ้น	พบไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารของแมวน้ำจากการให้กินเหยื่อเป็นปลาแมคเคอเรล	Nelms et al. (2018)

ที่มา : ดัดแปลงข้อมูลจาก Auta et al. (2017)

3.ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

3.1 ขนาดและที่ตั้ง

ชลบุรีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทยหรือริมฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย ประมาณเส้นรุ้งที่ 12 องศา 30 ลิปดา ถึง 13 องศา 34 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศา 45 ลิปดา ถึง 101 องศา 45 ลิปดาตะวันออก มีระยะทางห่างจากจังหวัดกรุงเทพมหานครไปทางทิศตะวันออกตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3 สายบางนา-ตราด เป็นระยะทางประมาณ 81 กิโลเมตร และมีเส้นทางหลวงพิเศษหมายเลข 7 กรุงเทพมหานคร-ชลบุรี ระยะทาง 79 กิโลเมตร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเดินทางประมาณ 45 นาที มีพื้นที่ทั้งจังหวัดทั้งหมดประมาณ 4,611.829 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,726,953 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ประเทศไทย (ภาพที่ 8)

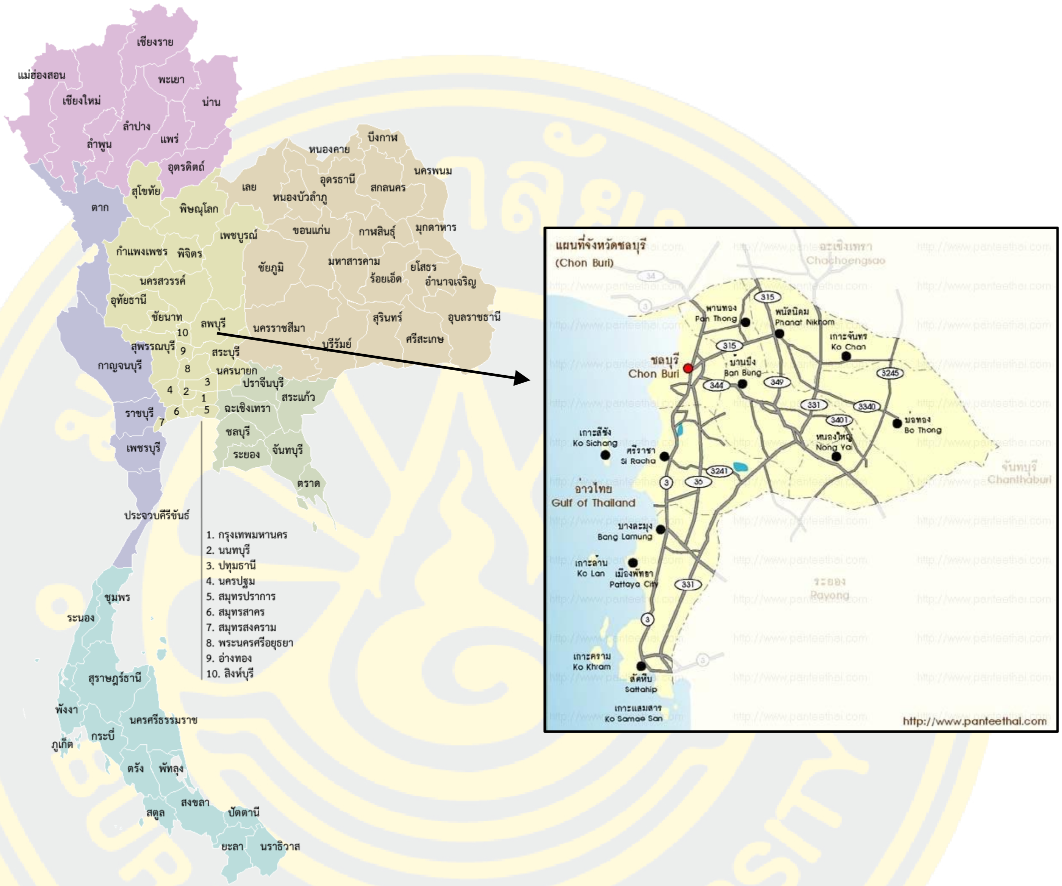
ทิศเหนือ ติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา

ทิศใต้ ติดกับจังหวัดระยอง

ทิศตะวันออก ติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดระยอง

ทิศตะวันตก ติดกับชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย (สำนักงานจังหวัดชลบุรี, 2555)

BURAPHA UNIVERSITY



ภาพที่ 8 แผนที่จังหวัดชลบุรี

ที่มา : https://pantip.com/topic/30872685 ; panteethai.com/province_show.php?pv name=ชลบุรี&pv image=province/Chonburi.jpg

3.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดชลบุรี มีพื้นที่เป็นภูเขา พื้นที่ราบลุ่ม และที่ราบติดชายฝั่งทะเล รวมทั้งเกาะน้อยใหญ่อีกมาก ลักษณะภูมิประเทศแบ่งออกได้ ดังนี้

1) ส่วนที่เป็นภูเขาจะอยู่เกือบกึ่งกลางของจังหวัดเป็นแนวยาวจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังตะวันออกเฉียงใต้ โดยเขตที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 200 เมตร ขึ้นไปจะอยู่ด้านตะวันออก ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอบ่อทองและอำเภอหนองใหญ่ ในด้านที่ติดกับจังหวัดฉะเชิงเทราและจังหวัดจันทบุรี

2) ส่วนที่เป็นที่ราบลุ่มจะอยู่ตอนบนของจังหวัดในเขตอำเภอพานทอง อำเภอพนัสนิคมและแนวกึ่งกลางของด้านตะวันตก

3) ส่วนที่ติดกับทะเลอยู่ทางด้านทิศตะวันตกตั้งแต่อำเภอเมืองจนถึงอำเภอสัตหีบ ซึ่งมีความยาวประมาณ 160 กิโลเมตร ประกอบด้วยที่ราบตามชายฝั่งทะเลที่มีภูเขาเล็กๆ สลับอยู่บางตอน ชายฝั่งทะเลบางแห่งมีลักษณะเว้าแหว่งและเป็นที่ลุ่มน้ำทะเลท่วมถึง มีป่าชายเลนขึ้นตั้งแต่อำเภอเมือง อำเภอศรีราชา อำเภอบางละมุง จนถึงอำเภอสัตหีบ

4) ส่วนที่เป็นเกาะ อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลออกไปประมาณ 10 กิโลเมตร ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นเกาะเล็กและเกาะใหญ่ประมาณ 46 เกาะ

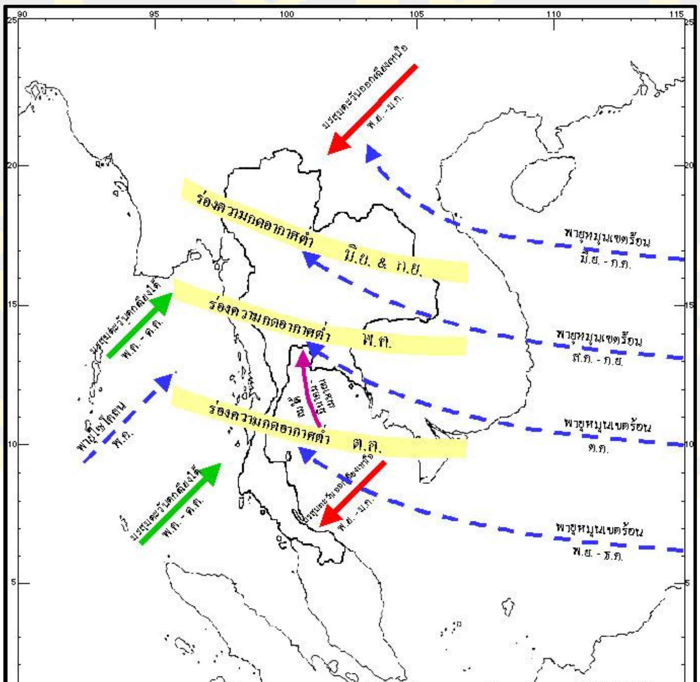
3.3 ลักษณะภูมิอากาศ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุม (ภาพที่ 9) จึงทำให้มีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝนกับฤดูแล้งสลับกัน สำหรับฤดูแล้งสามารถแบ่งออกเป็นได้ อีก 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนกับฤดูหนาว ดังนั้นจังหวัดชลบุรีก็อาจจะได้รับผลกระทบของอิทธิพลของลมมรสุมด้วย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู

1) ฤดูร้อน เริ่มประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงเปลี่ยนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน) เป็นระยะที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับพื้นผิวโลกในเวลาเที่ยงวันโดยเฉพาะในเดือนเมษายน สภาวะอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป แต่ในบางครั้งมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็นกับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนและลมกระโชกแรง

2) ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม จะเริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมชื้นพัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำ (แนวร่องที่ก่อให้เกิดฝน) พาดผ่านทำให้มีฝนตกชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้จะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปผ่านภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายน ตามลำดับ ประมาณเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายนร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับมาทางใต้พาดผ่านประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือลงไปภาคใต้ ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกชุกต่อเนื่อง (ภาพที่ 9)

3) ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดผ่าน ซึ่งจะนำความหนาวเย็นมาสู่ประเทศไทย



ภาพที่ 9 ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุมและทางเดินพายุหมุนเขตร้อน

ที่มา : https://www.tmd.go.th/info/images/season/season_03.jpg

3.4 ข้อมูลประชากร

ข้อมูลจำนวนประชากรของสำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครอง ประจำปีพ.ศ. 2561 มีจำนวนประชากรทั้งหมด 1,535,445 คน เป็นอันดับที่ 11 ของประเทศ โดยแบ่งเป็นประชากรเพศชาย 751,779 คน และประชากรเพศหญิง 783,666 คน ความหนาแน่นประชากรโดยเฉลี่ย 345.89 คนต่อตารางกิโลเมตร มีความหนาแน่นของจำนวนประชากรมากที่สุดที่อำเภอพนัสนิคม (100,503 คน) และอำเภอที่มีจำนวนประชากรน้อยที่สุดคือ อำเภอเกาะสีชัง (4,560 คน)

3.5 ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พื้นที่จังหวัดชลบุรีมีทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังต่อไปนี้

- ป่าไม้ ในปีพ.ศ. 2558 จังหวัดชลบุรีมีเนื้อที่ป่าไม้ 338,435.20 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 12.01 มีพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติจำนวน 9 ป่า มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 906,396 ไร่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าจำนวน 2 แห่ง (128,812 ไร่) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าจำนวน 2 แห่ง (13,899 ไร่) วนอุทยานจำนวน 1 แห่ง (19,475 ไร่) นอกจากนี้ยังมีพื้นที่อนุรักษ์ป่าชายเลนมีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 4,510 ไร่

- ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ในพื้นที่จังหวัดมีทั้งระบบนิเวศป่าชายเลน หญ้าทะเล และแนวปะการัง

(1) ป่าชายเลน พันธุ์ไม้ป่าชายเลนส่วนใหญ่อยู่บริเวณดินเลน น้ำท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอเป็นเขตของไม้โกงกาง ถัดเข้ามาเป็นดินเลนตื้นน้ำท่วมถึงสม่ำเสมอ เป็นกลุ่มไม้ถั่วและแสม บริเวณดินเลนแข็งน้ำท่วมถึงครั้งคราว เป็นกลุ่มของไม้ตะบูน โปรง และฝาด และบริเวณดินแข็งติดกับแนวป่าบก เป็นเขตของไม้เสม็ด

(2) หญ้าทะเล แหล่งหญ้าทะเลพบมากบริเวณเกาะคราม เกาะพระและพื้นที่อ่าวสัตหีบ

(3) แนวปะการัง มีพื้นที่แนวปะการังที่สำคัญ 6,472 ไร่ พบมากในบริเวณหมู่เกาะล้าน เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง (เกาะล้าน เกาะสาก เกาะครก) หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ (เกาะแสมสาร เกาะแรด เกาะขาม)

- ทรัพยากรดิน ลักษณะทั่วไปของดินในพื้นที่ เป็นดินที่เกิดจากการผุกร่อนของภูเขา โดยสามารถแบ่งได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่ ดินนา ดินไร่ ดินตื้น ดินทราย และพื้นที่ภูเขา เนื่องจากเป็นพื้นที่ตั้งอยู่ติดกับชายฝั่งอ่าวไทย ทำให้คุณสมบัติของดินมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือได้เปรียบด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นดินตะกอนปากแม่น้ำทับถมกัน ในขณะเดียวกันก็มีข้อเสียคือพื้นที่ติดกับทะเลมีปัญหาเรื่องน้ำเค็มและน้ำกร่อยส่งผลต่อคุณภาพของดิน เป็นดินเปรี้ยวและดินเค็ม

- ทรัพยากรแร่ มีการสำรวจพบแหล่งแร่เหล็ก พลวง แบไรต์ (Bairte) แคลไซต์ (Calcite) โดโลไมต์ (Dolomite) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) แต่มีปริมาณน้อย ช่วงที่ผ่านมาจึงไม่มีผลผลิตแต่อย่างใด ปัจจุบันเหมืองแร่ที่มีการผลิต คือ เหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดหินปูน และเหมืองแร่หินอุตสาหกรรมชนิดแกรนิตเพื่ออุตสาหกรรมการก่อสร้าง

- ทรัพยากรน้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติของจังหวัดชลบุรีมีแม่น้ำลำธาร 2 ลุ่มน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ 4,447 ตารางกิโลเมตร ส่วนแหล่งน้ำบาดาลนั้นมีอยู่จำกัด เนื่องจากเป็นบริเวณที่รองรับด้วยหินซึ่งสามารถกักเก็บน้ำเป็นปริมาณมาก น้ำบาดาลในจังหวัดชลบุรีส่วนใหญ่ค่อนข้างกร่อยหรือเค็ม

3.6 ข้อมูลเศรษฐกิจ

- การเกษตรกรรม พื้นที่ทำการเกษตรรวมทั้งสิ้น 1,228,692 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 45.06 ของพื้นที่จังหวัด ประกอบด้วย พื้นที่เพาะปลูกข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ไม้ดอกหรือไม้ประดับ และพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีการเพาะปลูกกันมาก ได้แก่ พืชไร่นาหรือไม้ยืนต้น มันสำปะหลัง อ้อย สัปปะรด ข้าวนาปี และปาล์มน้ำมัน

- การปศุสัตว์ พื้นที่ทำปศุสัตว์ 475,754.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.90 ของพื้นที่จังหวัด มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รวม 36,094 ราย

- การประมง มีพื้นที่ทำการประมง 61,483.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1 ของพื้นที่จังหวัด โดยมีการทำประมงทะเล เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด และประมงชายฝั่ง ซึ่งสัตว์น้ำที่จับได้มากที่สุด 5 อันดับ ได้แก่ ปลากะตัก ปลาเป็ด หมึก ปลานิล และปลาเลย

- การอุตสาหกรรม จังหวัดชลบุรีเป็นพื้นที่เป้าหมายโครงการเกี่ยวกับการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ในปี พ.ศ. 2558 มีโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 4,178 แห่ง อุตสาหกรรมที่มีการผลิตมากที่สุด 5 อันดับ ได้แก่

1. โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะ เช่น การกลึง เจาะ ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ
2. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้าง
3. โรงงานคัดแยกสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ที่ไม่เป็นของเสียอันตราย
4. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะ เช่น คอนกรีต คอนกรีตผสม
5. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับไม้ เช่น เลื่อยใส ทำวงกบประตู หน้าต่าง

3.7 ลักษณะเด่นของพื้นที่เก็บตัวอย่าง

- ท่าเรือพลี ตั้งอยู่ในอำเภอบางทราย ห่างจากตัวเมืองประมาณ 1 กิโลเมตร ในอดีตเป็นท่าเทียบเรือ แต่ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อยู่อาศัย มีหมู่บ้านชาวประมง และการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง เช่น หอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2561) รวมถึงมีแนวป่าชายเลนเพื่อป้องกันการกัดเซาะบริเวณชายฝั่ง

- อ่างศิลา ตั้งอยู่ในอำเภอเมือง มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มชายทะเล มีชุมชนชาวประมงพื้นบ้าน และการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่และหอยนางรม มีสะพานปลาท่าเทียบเรือประมง จึงเป็นที่นิยมของการค้าอาหารทะเล (ณัฐชา นนทารักษ์, 2561)

- แหลมแท่น ตั้งอยู่ในตำบลแสนสุข อำเภอเมือง มีลักษณะชายหาดเป็นหาดทรายเป็นที่นิยมในการท่องเที่ยวและพักผ่อน มีกิจกรรมถนนคนเดิน และการเพาะเลี้ยงชายฝั่งโดยเฉพาะหอยแมลงภู่และหอยนางรม (ณัฐชา นนทารักษ์, 2561)

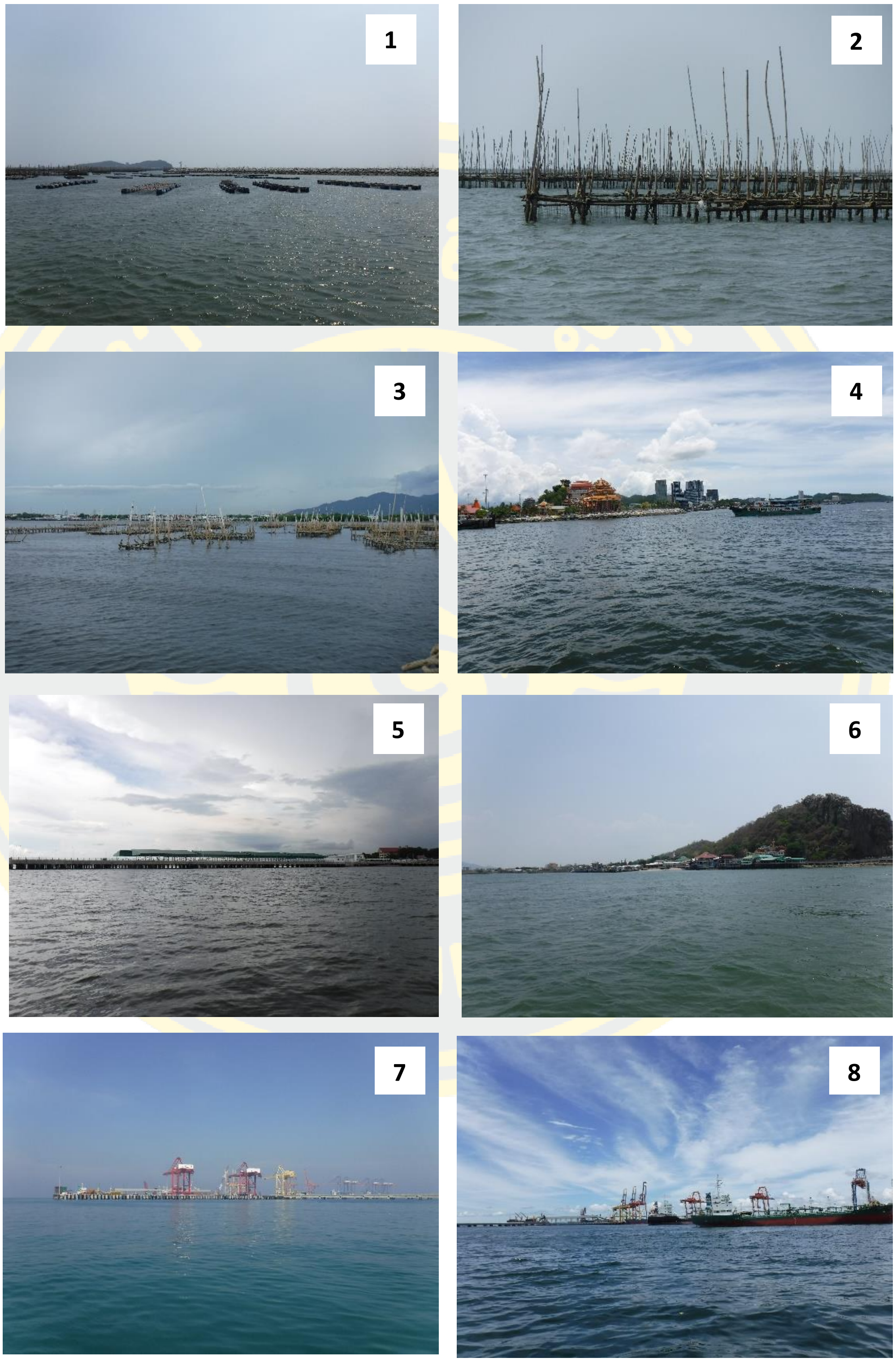
- หาดวอนนภา ตั้งอยู่ในตำบลแสนสุข อำเภอเมือง เป็นหาดทางตอนใต้ของหาดบางแสน มีกิจกรรมการท่องเที่ยว การทำประมงพื้นบ้าน การทำอวนปู และการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบปัก และปลายหาดมีสะพานปลาซึ่งเป็นท่าเทียบของเรือประมง รวมทั้งมีโรงบำบัดน้ำเสียหาดวอนนภาหรือแสนสุขใต้ อยู่บริเวณด้านหลังมหาวิทยาลัยบูรพา บำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ก่อนปล่อยลงสู่ทะเล (ณัฐชา นนทารักษ์, 2561)

- เกาะลอย ตั้งอยู่ในอำเภอศรีราชา เป็นแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ โดยพื้นที่รอบนอกเป็นสวนสาธารณะ เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งของอำเภอศรีราชา มีท่าเรือข้ามฝากไปเกาะสีชัง และมีการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ (ณัฐชา นนทารักษ์, 2561)

- เกาะสีชัง ตั้งอยู่ในอำเภอเกาะสีชัง มีเนื้อที่ประมาณ 11,250 ไร่ (กาญจนา ประเสริฐ, 2558) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นโขดหิน มีความลาดชันและมีหน้าดินบาง เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนมีกิจกรรมของการท่องเที่ยว มีท่าเทียบเรือ การทำประมงพื้นบ้านและการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่

- อ่าวอุดม ตั้งอยู่ในอำเภอศรีราชา เป็นแหล่งพัฒนาอุตสาหกรรมโดยเฉพาะโรงกลั่นน้ำมัน (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2561) และมีท่าเทียบเรือขนส่งสินค้า

ลักษณะเด่นของพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 10

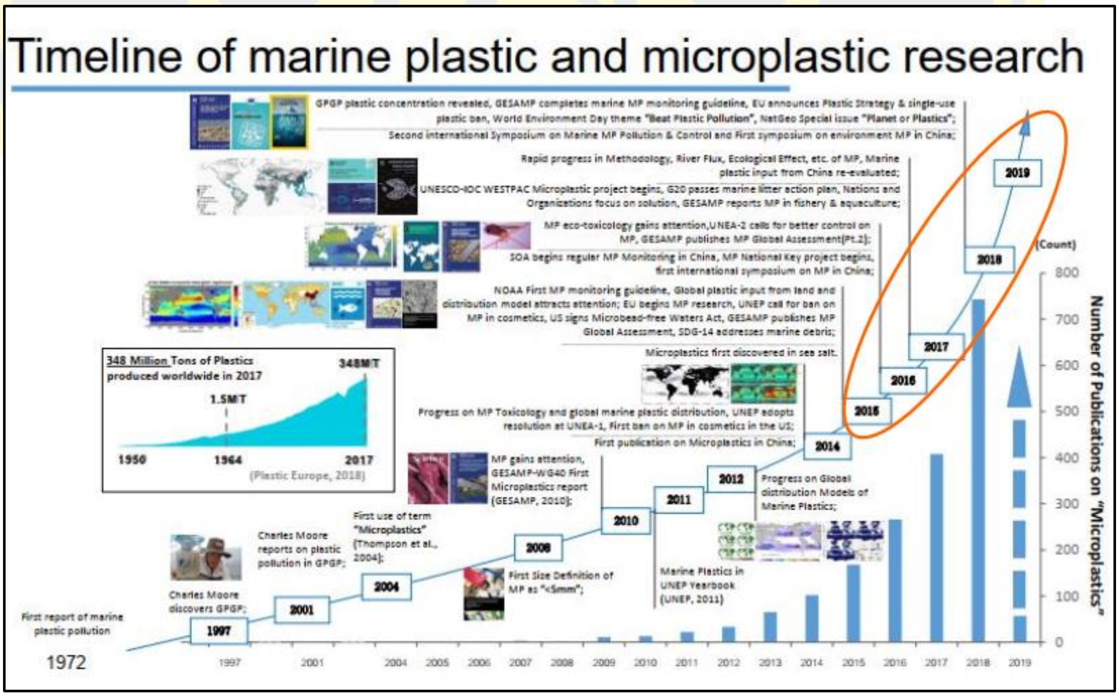


ภาพที่ 10 ตัวอย่างลักษณะเด่นของพื้นที่เก็บตัวอย่าง : 1-3. การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง, 4. ท่าเรือข้ามฝั่ง, 5. สะพานปลา, 6.ชุมชนชาวประมง, 7-8. ท่าเทียบเรือขนส่งสินค้า

4. การศึกษาไมโครพลาสติกที่ผ่านมา

4.1 การศึกษาไมโครพลาสติกในต่างประเทศ

ไมโครพลาสติกได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำและคลื่นมีการกระจายไปทั่วโลกในสภาพแวดล้อมทางทะเล ไม่ว่าจะเป็นบริเวณชายฝั่ง ชายหาด สะสมในดินตะกอนใต้ท้องทะเล การรายงานผลครั้งแรกเกี่ยวกับขยะพลาสติกในทะเลปีพ.ศ. 1972 (ภาพที่ 11) การตรวจสอบไมโครพลาสติกเริ่มครั้งแรกในปีพ.ศ. 2000 และให้คำนิยามเกี่ยวกับไมโครพลาสติกครั้งแรกในปีพ.ศ. 2004 รายงานผลการศึกษาไมโครพลาสติกแหล่งที่มา ผลกระทบของไมโครพลาสติกในสภาพแวดล้อมทั่วโลกฉบับสมบูรณ์ในปีพ.ศ. 2010 (Li, 2019) การวิจัยแสดงให้เห็นว่าไมโครพลาสติกได้สะสมในระบบนิเวศทางน้ำอย่างแพร่หลาย แม้กระทั่งพื้นที่ขั้วโลกเหนือ (Auta, Emenike, & Fauziah, 2017) สามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลได้หลายประการ เช่น การปลดปล่อยสารเติมแต่ง การกินไมโครพลาสติกของสิ่งมีชีวิตในทะเลและเกิดการกินต่อกันไปในห่วงโซ่อาหาร (Sun et al., 2017) การเป็นตัวกลางในการสะสมสารพิษอินทรีย์ (Wenfeng, Ndungu, Li & Wang, 2016) จากภาพที่ 11 ทำให้เห็นได้ว่าการศึกษาไมโครพลาสติกได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 11 ลำดับเวลาการศึกษาขยะพลาสติกในทะเลและไมโครพลาสติก

ที่มา : Li (2019)

ตัวอย่างข้อมูลการศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำและในดินตะกอน ซึ่งได้รวบรวมมาไว้ดังนี้

Desforges et al. (2014) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศแคนาดา ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ปี 2012 ทั้งหมด 34 สถานี เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำโดยปั๊มน้ำที่ความลึกประมาณ 4 เมตร นำมากรองด้วยตะแกรงอะลูมิเนียมขนาดช่องตา 250 ไมโครเมตร 125 ไมโครเมตร และ 62.5 ไมโครเมตร หลังจากนั้นเติมสารละลายกรดไฮดรอคลอริก เพื่อย่อยสารอินทรีย์ พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก โดยพบเส้นใยถึงร้อยละ 75 ขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 65-5,810 ไมโครเมตร และพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 8-9,180 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร (Desforges, Galbraith & Dangerfield, 2014)

Karlsson et al. (2020) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่งตะวันตก ประเทศสวีเดน ในเดือนตุลาคม ปี 2017 จำนวนทั้งหมด 10 สถานี เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในบริเวณผิวน้ำโดยใช้ถุงลาก Manta กว้าง 67.5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ขนาดช่องตา 300 ไมโครเมตร และเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำโดยใช้ปั๊มน้ำ นำมากรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 300 ไมโครเมตร พบไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกมากที่สุด พบสีของไมโครพลาสติก ได้แก่ สีใส สีขาว สีฟ้า สีเหลือง สีดำ สีเขียว สีเทา สีแดง และสีน้ำตาล ขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 300-5,000 ไมโครเมตร พบชนิดของพลาสติก ได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง พอลิสไตรีน พอลิโพรไพลีน พอลิเมทิลเมทาคริเลต และพอลิเอไมด์ และพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในถุงลาก Manta อยู่ในช่วง 0.18-0.92 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในปั๊มน้ำพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 0-13 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร (Karlsson, Krrman, Rotander, & Hassellv, 2020)

Mohamed & Obbard (2014) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลน ประเทศสิงคโปร์ ในเดือนสิงหาคมและเดือนพฤศจิกายน ปี 2012 จำนวน 7 สถานี เก็บตัวอย่างโดยใช้กรอบเก็บตัวอย่างขนาด 1.5 ×1.5 เมตร นำมาเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 250 กรัมต่อลิตร เพื่อแยกความหนาแน่นของไมโครพลาสติก พบประเภทไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ เส้นใย (ร้อยละ 72) ฟิล์มพลาสติก (ร้อยละ 23.3) และเม็ดบีดส์ (ร้อยละ 4.7) พบขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 20-5,000 ไมโครเมตร พบชนิดของพลาสติก ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลีน พอลิสไตรีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ และพบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 36.8 ชิ้นต่อกิโลกรัม (Mohamed & Obbard, 2014)

Asadi & Feni (2019) ทำการศึกษาไมโครพลาสติกในดินตะกอน บริเวณชายฝั่งลามองกัน (Lamongan) ประเทศอินโดนีเซีย ในเดือนมิถุนายน ปี 2018 จำนวน 4 สถานี เก็บตัวอย่างโดยการวางกรอบเก็บตัวอย่างขนาด 50 ×50 เซนติเมตร ในแนวน้ำขึ้น น้ำลง เก็บดินที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร และ 5-10 เซนติเมตร พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ เส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก และเม็ดบีดส์ โดยพบขนาดอยู่ในช่วง 300-5,000 ไมโครเมตร และพบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 206 ชิ้นต่อกิโลกรัม (Asadi & Feni, 2019)

4.2 การศึกษาไมโครพลาสติกในประเทศไทย

ข้อมูลการศึกษาไมโครพลาสติกในประเทศไทยยังมีข้อมูลไม่มาก เมื่อเทียบกับต่างประเทศ ซึ่งได้รวบรวมมาไว้ ดังนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (2557) ศึกษาสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติกในปีพ.ศ. 2557 บริเวณชายหาดเจ้าหลาวและหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี เก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง จำนวน 6 สถานี เก็บตัวอย่างบริเวณชายหาดโดยใช้กรอบเก็บตัวอย่างขนาด 100×100 เซนติเมตร และใช้ Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เก็บดินลึก 20 เซนติเมตร นำดินตัวอย่างที่ได้มาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2×2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำดินตัวอย่างน้ำหนัก 500 กรัม เติมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 250 กรัมต่อลิตร นำตัวอย่างน้ำไปกรองผ่านกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกบนชายหาดหาดคุ้งวิมานเท่ากับ 174 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 272 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ บริเวณหาดเจ้าหลาวพบปริมาณไมโครพลาสติกเท่ากับ

103 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 153 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ ส่วนในตะกอนดินพบปริมาณไมโครพลาสติกในหาดคุ้งวิมานเท่ากับ 43 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 40 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ บริเวณหาดเจ้าหลาวพบปริมาณไมโครพลาสติก 54 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 42 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ และการศึกษาการปนเปื้อนในหอยสองฝา โดยเก็บตัวอย่างใช้กรอบเก็บตัวอย่าง 100×100 เซนติเมตร เก็บดินลึก 15 เซนติเมตร นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2×2 มิลลิเมตร นำเนื้อเยื่อหอยไปทำการย่อยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 30%ให้ความร้อน 55-65 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอิ่มตัว (250 กรัมต่อลิตร) และกรองผ่านกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบปริมาณไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อหอยสองฝา 3.6 ชิ้นต่อตัว และ 2.1 ชิ้นต่อตัว ในชายหาดคุ้งวิมานและหาดเจ้าหลาว ตามลำดับ ซึ่งไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยพบมากที่สุด สีของไมโครพลาสติกที่พบมากได้แก่สีขาวขุ่นและสีขาวใส

เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และ สิริวรรณ รวมแก้ว (2562) ศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต ในเดือนพฤศจิกายนปีพ.ศ. 2561 โดยการวางกรอบเก็บตัวอย่างบริเวณชายหาดป่าตอง หาดกะหลิม และหาดไตรตรัง ตัวอย่างดินที่ได้นำมาเติมด้วยโซเดียมคลอไรด์เพื่อแยกความหนาแน่น ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ไมโครเมตร แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองมาย่อยสารอินทรีย์ด้วย 0.05 โมลไอเอิร์นออกไซด์ (Fe (ll)) 20 มิลลิลิตร และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 30% (H_2O_2) 20 มิลลิลิตร เสร็จแล้วอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าหาดป่าตองมีจำนวนขยะไมโครพลาสติกมากที่สุด 265 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร รองลงมาได้แก่ หาดไตรตรัง 116 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และหาดกะหลิม 101 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด พบสีไมโครพลาสติกทั้งหมด 12 สี โดยพบสีขาวขุ่นและสีเขียวมากที่สุด

ปิติพงศ์ ธาระมนต์ และคณะ (2559) ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา บริเวณชายหาดคุ้งวิมานและหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2557 โดยศึกษาในหอยเสียบและหอยกระปุก เก็บตัวอย่างโดยใช้กรอบเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นร่อนตัวอย่างทรายด้วยตะแกรงขนาด 2×2 มิลลิเมตร นำเนื้อเยื่อหอยไปย่อยด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 30% และให้ความร้อน 55-65 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเติมโซเดียมคลอไรด์ที่ละลายอิ่มตัว (250 กรัมต่อลิตร) และกรองผ่านกระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1.2 ไมโครเมตร จากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบปริมาณปนเปื้อนไมโครพลาสติกในหอยเสียบเท่ากับ 3.13 ชิ้นต่อตัว และ 2.98 ชิ้นต่อตัว ในบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและหาดคุ้งวิมาน ตามลำดับ และในหอยกระปุกที่พบเฉพาะในหาดเจ้าหลาว พบปริมาณปนเปื้อนไมโครพลาสติก

เท่ากับ 11.31 ชิ้นต่อตัว ซึ่งไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยพบมากสุดร้อยละ 82.3 และพบสีฟ้าและสีดำมากที่สุด

Thushari et al. (2017) ศึกษาผลกระทบของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิตที่ใช้ชีวิตตามพื้นท้องทะเล ได้แก่ เพรียง (*Balanus amphitrite*) หอยขม (*Littoraria* sp.) และหอยนางรม (*Saccostrea forskalii*) บริเวณหาดบางแสน อ่างศิลา และเกาะแสมสาร ในปี 2015 นำเนื้อเยื่อตัวอย่างย่อยด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 69% 20 มิลลิลิตร เมื่อเนื้อเยื่อหอยละลายจนหมดแล้ว นำไปกรองด้วยกระดาษกรองและวิเคราะห์ชนิดพลาสติกด้วยเทคนิค Raman spectroscopy พบปริมาณปนเปื้อนไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 0.2-0.6 ชิ้นต่อกรัม โดยพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมากที่สุด สีที่พบได้แก่ สีแดง สีน้ำตาล สีน้ำเงิน สีขาว และสีใส และพบชนิดพลาสติกได้แก่ พอลิสไตรีน พอลิเอไมด์และพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ตัวอย่างการศึกษาและสำรวจไมโครพลาสติกในต่างประเทศและประเทศไทย ดังสรุปไว้ในตารางที่ 6 นอกจากนี้ยังมีบทความด้านไมโครพลาสติกต่างๆ เช่น ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำบริโภค (ศีลาวุธ ดำรงศิริ และ เพ็ญรดี จันทร์ภิวัฒน์, 2562) ไมโครพลาสติกจากเครื่องสำอางสู่สารปนเปื้อนในอาหาร (วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์, 2559) และมลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบน้ำเสีย เป็นต้น (สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ และคณะ, 2562)

ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก

การศึกษา	วิธีการ	ผลการศึกษา	ที่มา
การศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศแคนาดา	- Pump (250 μm 125 μm และ 62.5 μm)	- พบเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก - พบขนาด 65-5,810 ไมโครเมตร - พบความหนาแน่นอยู่ในช่วง 8-9,180 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร	Desforges et al. (2014)
การศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่งตะวันตก ประเทศสวีเดน	- Manta net (300 μm) - Pump (300 μm)	- พบชิ้นส่วนพลาสติก - พบขนาด 300-5,000 ไมโครเมตร - พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในถุงลาก Manta อยู่ในช่วง 0.18-0.92 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในปั๊มน้ำพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 0-13 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร	Karlsson et al. (2020)

ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก (ต่อ)

การศึกษา	วิธีการ	ผลการศึกษา	ที่มา
การศึกษาไมโครพลาสติก ในดินตะกอน บริเวณ ป่าชายเลน ประเทศสิงคโปร์	- กรอบตัวอย่างขนาด 1.5×1.5 เมตร	- พบประเภทไมโครพลาสติก ได้แก่ เส้นใย ฟิล์มพลาสติก และเม็ดบีดส์ - พบขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 20-5,000 ไมโครเมตร - พบชนิดของพลาสติก ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลีน พอลิสไตรีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ - พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 36.8 ชิ้นต่อกิโลกรัม	Mohamed et al. (2012)
การศึกษาไมโครพลาสติก ในดินตะกอน บริเวณ ชายฝั่งลามองกัน (Lamongan) ประเทศอินโดนีเซีย	- กรอบตัวอย่างขนาด 50×50 เซนติเมตร	- พบไมโครพลาสติก ได้แก่ เส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก และเม็ดบีดส์ - พบขนาดอยู่ในช่วง 300-5,000 ไมโครเมตร - พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 206 ชิ้นต่อกิโลกรัม	Asadi et al. (2019)

ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก (ต่อ)

การศึกษา	วิธีการ	ผลการศึกษา	ที่มา
การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก บริเวณชายหาด จังหวัดจันทบุรี	- กรอบตัวอย่างขนาด 100×100 เซนติเมตร - Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว - การย่อยเนื้อเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	- พบเส้นใย - พบสีขาวขุ่นและสีขาวใส -พบความหนาแน่นในชายหาดคุ้งวิมาน 174 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 272 ชิ้นต่อกิโลกรัม ฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ บริเวณหาดเจ้าหลาว 103 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 153 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ - พบความหนาแน่นในตะกอนดินหาดคุ้งวิมาน 43 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 40 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ บริเวณหาดเจ้าหลาว 54 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 42 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ	สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา (2557)

ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก (ต่อ)

การศึกษา	วิธีการ	ผลการศึกษา	ที่มา
		- พบในเนื้อเยื่อหอยสองฝา 3.6 ชิ้นต่อตัว และ 2.1 ชิ้นต่อตัว ในชายหาดคุ้งวิมานและหาดเจ้าหลาว ตามลำดับ	
การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา บริเวณหาดเจ้าหลาวและชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี	- กรอบเก็บตัวอย่าง - ย่อยเนื้อเยื่อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	- พบเส้นใยร้อยละ 82.3 - พบสีฟ้าและสีดำ - พบในหอยเสียบ 3.13 ชิ้นต่อตัว และ 2.98 ชิ้นต่อตัว บริเวณชายหาดเจ้าหลาวและหาดคุ้งวิมาน ตามลำดับ - พบในหอยกระปุก 11 ชิ้นต่อตัว บริเวณหาดเจ้าหลาว	ปิติพงศ์ ธาระมนต์ และคณะ (2559)

ตารางที่ 6 สรุปตัวอย่างการศึกษาไมโครพลาสติก (ต่อ)

การศึกษา	วิธีการ	ผลการศึกษา	ที่มา
ขยะไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต	- กรอบเก็บตัวอย่าง	- พบเส้นใย - พบสีขาวขุ่นและสีเขียว - พบความหนาแน่นบริเวณหาดป่าตอง 265 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร หาดไตรตรัง 116 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร และหาดกะหลิม 101 ชิ้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และคณะ (2562)
ศึกษาผลกระทบของไมโครพลาสติกในสิ่งมีชีวิต ได้แก่ เพรียง (*Balanus amphitrite*) หอยขม (*Littoraria* sp.) และหอยนางรม (*Saccostrea forskalii*) บริเวณหาดบางแสน อ่างศิลา และเกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี	- ย่อยเนื้อเยื่อด้วยกรดไนตริก - Raman-IR	- พบเส้นใย - พบสีแดง สีน้ำตาล สีน้ำเงิน สีขาว และสีใส - พบความหนาแน่น 0.2-0.6 ชิ้นต่อกรัม	Thushari et al. (2017)

5. นโยบายมาตรการ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักถึงปัญหาขยะในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นขยะจากครัวเรือน ขยะจากภาคอุตสาหกรรม ขยะของเสียและอันตราย โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่มีการสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานานจนแตกตัวเป็นไมโครพลาสติก ได้กลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก รัฐบาลทั่วโลกได้ออกมาตรการทางกฎหมายเพื่อควบคุมปริมาณการผลิตและการใช้พลาสติก กฎระเบียบช่วงแรกมุ่งเน้นไปที่การควบคุมถุงพลาสติกชนิดหูหิ้วและกล่องโฟม (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2562) ส่วนในประเทศไทยนั้นได้จัดทำแผนแม่บทด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษจากขยะและของเสียอันตราย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) มีกรอบแนวคิดใช้หลัก 3R (Reduce Reuse Recycle) แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) หลักการผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pays Principle : PPP) ส่งเสริมภาคเอกชนร่วมลงทุนในการจัดการขยะ (Public private partnership) ให้ผู้ผลิตมีส่วนร่วมในการจัดการขยะตั้งแต่การกระจายสินค้า การออกแบบ การนำกลับมาใช้ใหม่ และการบำบัด (Extended Producer Responsibility : EPR) ครอบคลุมขยะ 4 ประเภท (ขยะชุมชน ของเสียอันตรายชุมชน มูลฝอยติดเชื้อ กากของเสียอันตราย) ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for Environment : DIE) ควบคุมจำกัดและยกเลิกการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (Single use plastic)

ส่วนทางด้านการจัดการขยะพลาสติกนั้น เน้นจัดการขยะบนบกโดยเฉพาะขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง และเศษพลาสติกที่มีการนำเข้าเพื่อการรีไซเคิลเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีมาตรการดังต่อไปนี้

1) จัดทำ (ร่าง) แผนงานการจัดการขยะพลาสติก (พ.ศ. 2562-2570) มีเป้าหมายดังนี้

- ขยะผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์พลาสติกเข้าสู่ระบบการนำกลับมาใช้ประโยชน์ร้อยละ 100 ภายในปีพ.ศ. 2570
- ลดหรือเลิกใช้ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์พลาสติก หรือมีการใช้วัสดุทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 7 ประเภท

(ก) พลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำดื่ม (Cap seal) เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2562

(ข) ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีส่วนผสมของสารประเภทอ็อกโซ่ (Oxo) เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2562

(ค) ไมโครบีดส์จากพลาสติก (Microbead) เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2562

(ง) ถุงพลาสติกหูหิ้วที่มีขนาดความหนาน้อยกว่า 36 ไมโครเมตร เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2565

(จ) กล่องโฟมบรรจุอาหาร เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2565

(ฉ) แก้วพลาสติก (แบบบางใช้ครั้งเดียว) ขนาดความหนาน้อยกว่า 300 ไมโครเมตร เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2565

(ช) หลอดพลาสติก เลิกใช้ภายในปีพ.ศ. 2565

2) ควบคุมการนำเข้าพลาสติก

- ยกเลิกการนำเข้าเศษพลาสติกจากต่างประเทศไม่เกิน 2 ปี (ปีพ.ศ. 2562-2563) เพื่อสนับสนุนให้มีการใช้เศษพลาสติกภายในประเทศแทน

- เพิ่มความเข้มงวดในการบังคับใช้กฎหมายและติดตามตรวจสอบ กำกับดูแลเส้นทางการนำเข้าพลาสติก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

ระยะเวลาและสถานที่ทำการศึกษา

ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ทั้งหมด 4 ครั้ง คือเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนแปลงลมมรสุม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน เป็นช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเดือนธันวาคม ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2563

สถานที่ที่ศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 7 สถานี สถานีละ 3 ซ้ำ คือ ท่าเรือพลี อ่างศิลา แหลมแท่น หาดวอนนภา เกาะลอย เกาะสีชัง และอ่าวอุดม ดังแสดงในภาพที่ 12 และตารางที่ 7

St1 ท่าเรือพลี	
St2 อ่างศิลา	
St3 แหลมแท่น	
St4 หาดวอนนภา	
St5 เกาะลอย	
St6 เกาะสีชัง	
St7 อ่าวอุดม	

ภาพที่ 12 จุดเก็บตัวอย่าง

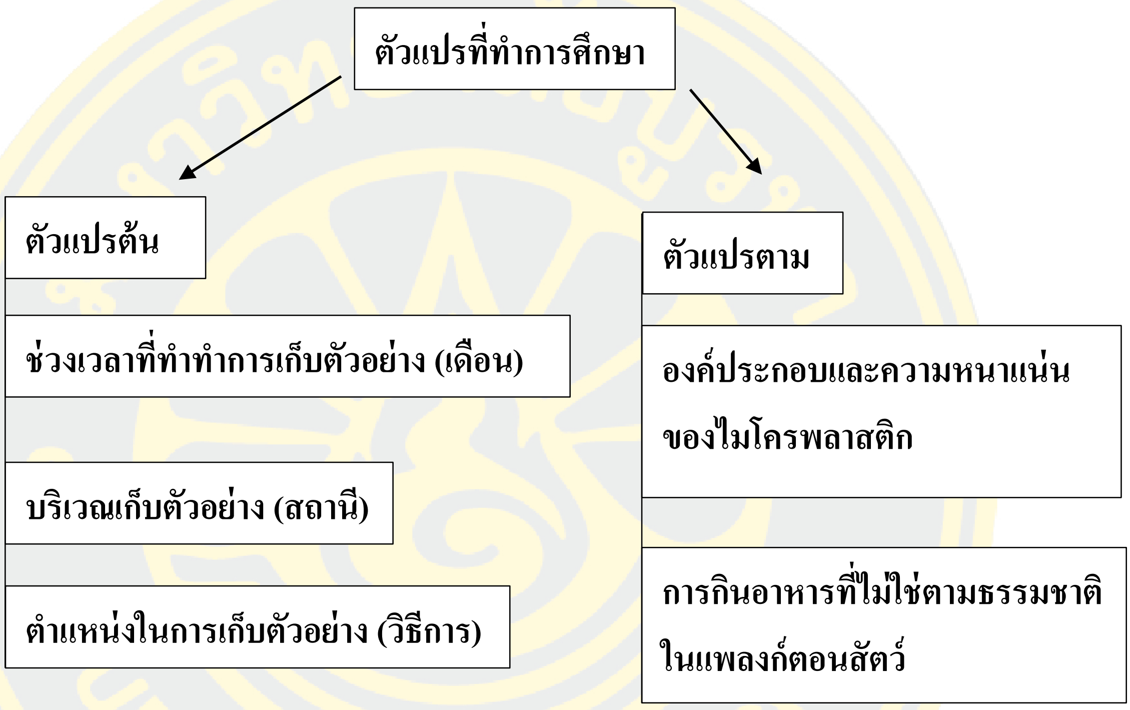
ที่มา: ดัดแปลงข้อมูลภาพจาก https://www.google.co.th/maps

ตารางที่ 7 รายละเอียดในแต่ละสถานีและพิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่างในบริเวณชายฝั่ง
จังหวัดชลบุรี ทั้งหมด 7 สถานี

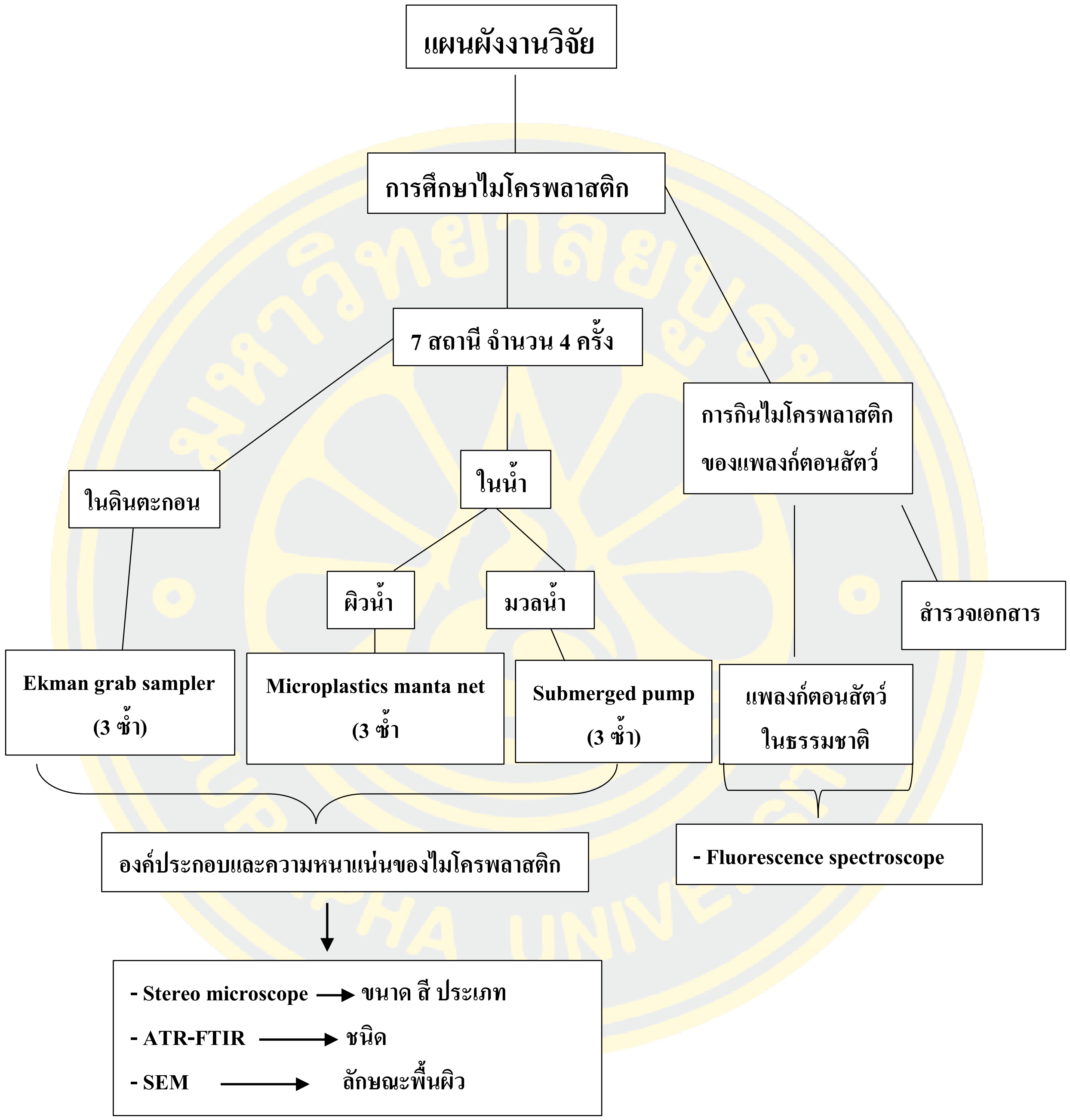
Station	Latitude	Longitude	Human activities/Functional zone
St1 Tha Ruea Phli	13°36'5.19"N	100°9'51.25"E	Urban, Aquaculture (cockle farming), Mangrove
St2 Angsila	13°34'3.53"N	100°9'05.99"E	Aquaculture (oyster farming), coastal fishery village
St3 Laem Thaen	13°31'2.26"N	100°8'79.89"E	Travelling, recreation, Aquaculture (surf clam and mussels farming), Khlong Bangprong canal
St4 Wonnapha beach	13°26'1.79"N	100°8'99.23"E	Travelling, recreation, Aquaculture (mussels farming),
St5 Koh Loi island	13°17'7.98"N	100°8'3.74"E	Urban, Transportation, Travelling, Aquaculture (mussels farming)
St6 Koh Sichang island	13°15'9.16"N	100°8'3.74"E	Transportation, Travelling
St7 Ao Udom	13°12'4.17"N	100°86'2.11"E	Industrial development, Port

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก จำนวน 4 ครั้ง คือ เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 โดยมีตัวแปรและแผนผังการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 13 และ 14



ภาพที่ 13 ตัวแปรที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 14 แผนผังงานวิจัย

1. การสำรวจไมโครพลาสติกในน้ำ

1.1 เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำโดยใช้ถุงลาก Manta Microplastics net

- ใช้ถุงลาก Manta ขนาดของช่องตา 330 ไมโครเมตร สูง 20 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร ติดเครื่องมือวัดการไหลของน้ำ (Flow meter) และลากในแนวระนาบบริเวณผิวน้ำประมาณ 10 เมตร (3 ซ้ำ) ให้ได้ปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร
- นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร (GF/C) โดยใช้เครื่องปั๊มสูญญากาศ
- อบกระดาษกรองโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างกระดาษกรองที่อบแล้วไปวิเคราะห์

1.2 เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำโดยใช้ Submerged pump

- ใช้ Submerged pump ปั๊มน้ำบริเวณเดียวกับจุดลากถุงลาก Manta ขึ้นมาให้ได้ปริมาตรน้ำ 1,000 ลิตร ความลึกประมาณ 1 เมตร (3 ซ้ำ)
- กรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดของช่องตา 300 ไมโครเมตร
- นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร (GF/C) โดยใช้เครื่องปั๊มสูญญากาศ
- อบกระดาษกรองโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างกระดาษกรองที่อบแล้วไปวิเคราะห์

2. การสำรวจไมโครพลาสติกในดินตะกอน

- เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน (Ekman grab sampler)
- นำดินตัวอย่างไปผึ่งลมประมาณ 2-3 วัน หรือจนกว่าจะแห้ง สุ่มตัวอย่างดินน้ำหนัก 500 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาดปริมาตร 1 ลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 250 กรัมต่อลิตร จนครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องกวนสาร Magnetic stirrer จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 6 ชั่วโมง ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะลอยขึ้น แยกออกมาจากตะกอนดินและอยู่ในน้ำตัวอย่าง

- นำน้ำตัวอย่างที่แขวนลอยในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งอยู่บริเวณเหนือตะกอนมากรองด้วยกระดาษกรองชนิด GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องปั๊มสูญญากาศ และอบกระดาษกรองโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ หลังจากนั้นนำตัวอย่างกระดาษกรองที่อบแล้วไปวิเคราะห์

3. ศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

การศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกโดยใช้วิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

- นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบมาดูตัวอย่างไมโครพลาสติกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (Stereo microscope) เพื่อนับจำนวน จำแนกประเภท ขนาด และสีของไมโครพลาสติกเบื้องต้น
- ใช้ปากคีบปลายแหลม (Forceps) หยิบตัวอย่างไมโครพลาสติกจากกระดาษกรองที่อบแห้งแล้ว นำไปศึกษาชนิดของไมโครพลาสติกโดยหาหมู่ฟังก์ชั่นในโครงสร้างโมเลกุลด้วยเทคนิคทางเคมี โดยใช้เทคนิค Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR PerkinElmer spectrum version 10.5.3)
- นำตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ติดอยู่บนกระดาษกรองไปศึกษาลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)

4. ศึกษาการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติในแพลงก์ตอนสัตว์

การเก็บตัวอย่างและศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์เพื่อดูการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ มีวิธีการดังต่อไปนี้

- เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ในผิวน้ำและในมวลน้ำ โดยใช้ ถุงลาก Manta ขนาดของช่องตา 330 ไมโครเมตร ลากในแนวระนาบบริเวณผิวน้ำ (3 ซ้ำ) และ Submerged pump ปั๊มน้ำขึ้นมากรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดของช่องตา 300 ไมโครเมตร (3 ซ้ำ)
- ตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งในผิวน้ำและในมวลน้ำ รักษาสภาพตัวอย่างด้วยความเย็น แล้วนำไปวิเคราะห์ที่ศูนย์กล้องจุลทรรศน์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- นับจำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ที่กินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติและสังเกตการณ์เรืองแสงของอาหารในระบบทางเดินอาหาร โดยใช้เทคนิคของกล้องฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescence spectroscope)
- คำนวณหาร้อยละพบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์

4.1 ตัวอย่างการคำนวณหาร้อยละการกินอาหารที่ไม่ใช่แพลงก์ตอนสัตว์

จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ = จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ที่นับได้×ปริมาณน้ำที่ผ่านถุงลาก (ลิตร)/ปริมาณน้ำในขวดเก็บตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

4.2 ร้อยละการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ

จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ×100/จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมดที่นับได้ (ตัวต่อลูกบาศก์เมตร)

เช่น ในเดือนกันยายน สถานีอ่างศิลา เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยถุงลาก Manta ปริมาตรน้ำผ่านถุงลาก 1,000 ลิตร ปริมาตรน้ำในขวดเก็บตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร นับแพลงก์ตอนสัตว์ในขวดเก็บตัวอย่างได้ทั้งหมด 25 ตัว พบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ 1 ตัว

$$= \frac{25 \times 1{,}000}{100}$$

จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด = 250 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร

หาร้อยละการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ $= \frac{1 \times 100}{250}$

ร้อยละการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ = 0.4 %

5. การทดลองการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์

การทดลองการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ เอกสารงานวิจัย หรือบทความที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการกิน เพื่อนำมาสนับสนุนการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab 18 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

1. วิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) โดยทดสอบวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่ม (Binary logistic regression) เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของประเภทไมโครพลาสติกในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา บริเวณที่ทำการศึกษา และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

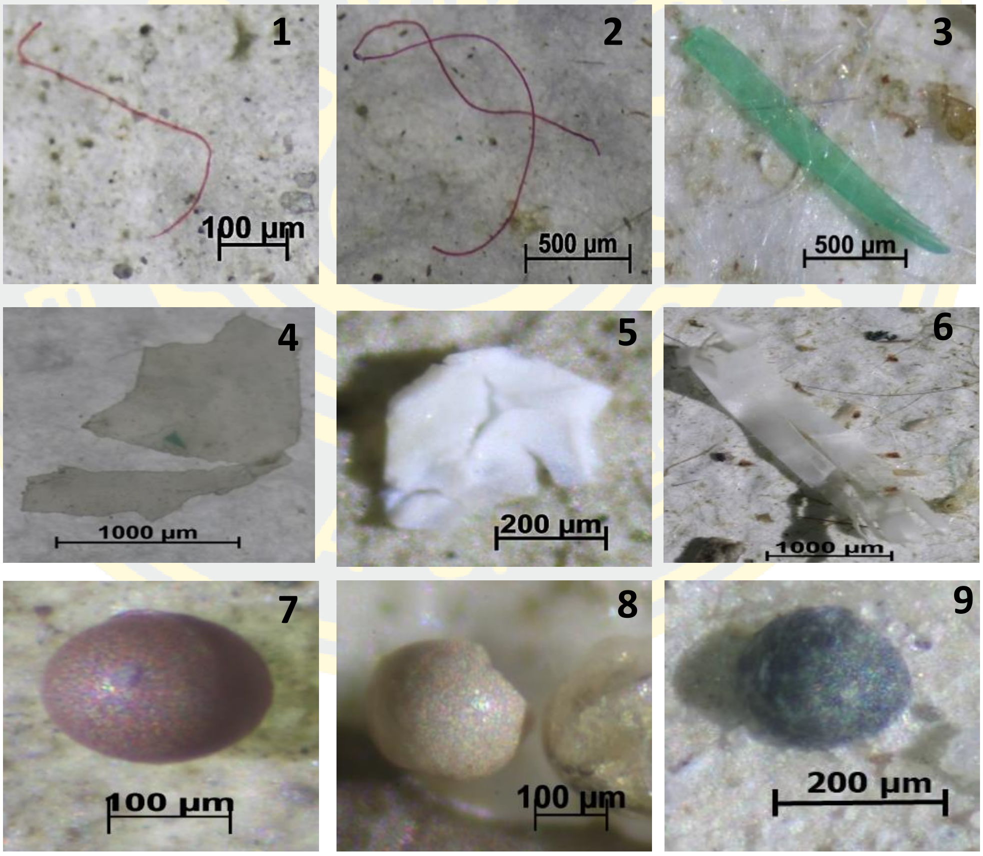
2. วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way Analysis of Variance) โดยทดสอบวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างความหนาแน่นรวมของไมโครพลาสติกในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน ในแต่ละช่วงเวลาและบริเวณที่ทำการศึกษา

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบของไมโครพลาสติก

1.1 ประเภทของไมโครพลาสติก

จากผลการศึกษาองค์ประกอบของไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี พบประเภทไมโครพลาสติก ทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ เส้นใย (Filament) ชิ้นส่วนพลาสติก (Fragment) โฟม (Foam) ฟิล์มพลาสติก (Film) เม็ดบีดส์ (Granule) และเม็ดพลาสติก (Pellet) โดยไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยเป็นประเภทเด่นทั้ง 4 เดือนและทุกสถานีเก็บตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ประเภทของไมโครพลาสติก : 1-2. เส้นใย, 3-4. ชิ้นส่วนพลาสติก, 5. โฟม, 6. ฟิล์มพลาสติก, 7-8. เม็ดบีดส์, 9. เม็ดพลาสติก

1.2 ขนาดและสีของไมโครพลาสติก

จากการศึกษาพบว่าขนาดของไมโครพลาสติกมีขนาดอยู่ในช่วงประมาณ 100-2,000 ไมโครเมตร และสีของไมโครพลาสติกที่จำแนกได้คือ สีแดง สีดำ สีขาว สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล และสีเหลือง ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยพบขนาด 100-1,000 ไมโครเมตร พบทั้งหมด 4 สี ได้แก่ สีแดง สีดำ สีขาว และสีน้ำเงิน ประเภทชิ้นส่วนพลาสติกพบขนาด 100-2,000 ไมโครเมตร พบทั้งหมด 6 สี ได้แก่ สีแดง สีดำ สีขาว สีน้ำเงิน สีเหลือง และสีเขียว ไมโครพลาสติกประเภทโฟม พบขนาด 100-200 ไมโครเมตร สีที่พบคือ สีขาว ประเภทฟิล์มพลาสติกพบขนาด 500-1,000 ไมโครเมตร พบทั้งหมด 2 สี ได้แก่ สีใสและสีขาว ประเภทเม็ดบีดส์พบขนาด 100-200 ไมโครเมตร พบทั้งหมด 2 สี ได้แก่ สีขาวและสีน้ำตาล ประเภทเม็ดพลาสติกพบขนาด 100-200 ไมโครเมตร พบทั้งหมด 2 สี ได้แก่ สีขาวและสีดำ ดังสรุปในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ขนาดและสีของไมโครพลาสติก

Type of microplastic	Size (µm)		Colors
	Min	Max	
Filament	100	1,000	Red, Black, White, Blue
Fragment	100	2,000	Red, Black, White, Blue, Yellow, Green,
Foam	100	200	White
Film	500	1,000	White, Transparent
Granule	100	200	White, Brown
Pellet	100	200	White, Black

ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานี

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของไมโครพลาติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานี พบว่า ในเดือนมีนาคม การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำด้วยวิธีการถุงลาก Manta พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก และเม็ดบีดส์ ในทุกสถานี เม็ดพลาสติกพบในสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เท่านั้น การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำด้วยวิธีการ Submerged pump พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ถึง สถานีที่ 6 เกาะสีชัง ไม่พบสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ฟิล์มพลาสติกพบสถานีที่ 2 อ่างศิลา ถึง สถานีที่ 4 หาดวอนนภา ไม่พบสถานีที่ 5 เกาะลอย สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และสถานีที่ 7

อ่าวอุดม เม็ดบีดส์ พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี เท่านั้น และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 2 อ่างศิลา สถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 6 เกาะสีชัง ไม่พบสถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 5 เกาะลอย และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ฟิล์มพลาสติกไม่พบทุกสถานี เม็ดบีดส์ พบสถานีที่ 2 อ่างศิลา สถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 5 เกาะลอย ไม่พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ดังแสดงในตารางที่ 9

ในเดือนมิถุนายน การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำด้วยวิธีการถุงลาก Manta พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 2 อ่างศิลา สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ไม่พบสถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 5 เกาะลอย การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำด้วยวิธีการ Submerged pump พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟมและฟิล์มพลาสติกไม่พบทุกสถานี เม็ดบีดส์ พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เม็ดพลาสติกไม่พบทุกสถานี และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ถึงสถานีที่ 4 หาดวอนนภา ฟิล์มพลาสติกไม่พบทุกสถานี เม็ดบีดส์ พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี และสถานีที่ 6 เกาะสีชัง ไม่พบสถานีที่ 2 อ่างศิลา ถึงสถานีที่ 5 เกาะลอย และไม่พบในสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เม็ดพลาสติกไม่พบทุกสถานี ดังแสดงในตารางที่ 10

ในเดือนกันยายน การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำด้วยวิธีการถุงลาก Manta พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ถึงสถานีที่ 4 หาดวอนนภา ไม่พบสถานีที่ 5 เกาะลอย ถึงสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ฟิล์มพลาสติกพบสถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 6 เกาะสีชัง ไม่พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ถึงสถานีที่ 3 แหลมแท่น และ ไม่พบสถานีที่ 5 เกาะลอย และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำด้วยวิธีการ Submerged pump พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 2 อ่างศิลา เท่านั้น ฟิล์มพลาสติก พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 2 อ่างศิลา สถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 5 เกาะลอย ไม่พบสถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เม็ดบีดส์และเม็ดพลาสติกไม่พบในทุกสถานี และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยในทุกสถานี ชิ้นส่วนพลาสติก พบสถานีที่ 2 อ่าง

ศิลา ถึงสถานีที่ 6 เกาะสีชัง ไม่พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ไม่พบไมโครพลาสติกประเภทโฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก ในทุกสถานี ดังแสดงในตารางที่ 11

ในเดือนธันวาคม การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำด้วยวิธีการถุงลาก Manta พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี ไม่พบไมโครพลาสติกประเภทโฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก ในทุกสถานี การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำด้วยวิธีการ Submerged pump พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี โฟม พบสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เท่านั้น ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก ไม่พบในทุกสถานี และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ในทุกสถานี ไม่ไมโครพลาสติกพบประเภทโฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก ในทุกสถานี ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 9 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนมีนาคม

Months	Station	Position	Type of microplastic					
			Filament	Fragment	Foam	Film	Granule	Pellet
March		Surface						
	St1		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	St2		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St3		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St4		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St5		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	St6		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St7		✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Subsurface						
	St1		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	St2		✓	✓	✓	✓	✗	✗
	St3		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St4		✓	✓	✓	✓	✓	✗
	St5		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St6		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✓	✗
		Sediment						
	St1		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✓	✗
	St6		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ พบประเภทไมโครพลาสติก

✗ ไม่พบประเภทไมโครพลาสติก

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

ตารางที่ 10 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนมิถุนายน

Months	Station	Position	Type of microplastic					
			Filament	**Fragment**	**Foam**	**Film**	**Granule**	**Pellet**
June		**Surface**						
	St1		✓	✓	✓	✓	✗	✗
	St2		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✓	✓	✗	✗
	St7		✓	✓	✓	✗	✓	✗
		Subsurface						
	St1		✓	✓	✗	✗	✓	✗
	St2		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St4		✓	✓	✓	✗	✓	✗
	St5		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✓	✗
		Sediment						
	St1		✓	✓	✗	✗	✓	✗
	St2		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✓	✗
	St7		✓	✓	✓	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ พบประเภทไมโครพลาสติก

✗ ไม่พบประเภทไมโครพลาสติก

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 11 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนกันยายน

Months	Station	Position	Type of microplastic					
			Filament	Fragment	Foam	Film	Granule	Pellet
September		Surface						
	St1		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✓	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✓	✓	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✗	✗
		Subsurface						
	St1		✓	✓	✗	✓	✗	✗
	St2		✓	✓	✓	✓	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✓	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✓	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✗	✗
		Sediment						
	St1		✓	✗	✗	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✗	✗	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ พบประเภทไมโครพลาสติก

✗ ไม่พบประเภทไมโครพลาสติก

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 12 ประเภทของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีในเดือนธันวาคม

Months	Station	Position	Type of microplastic					
			Filament	Fragment	Foam	Film	Granule	Pellet
December		Surface						
	St1		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✗	✗
		Subsurface						
	St1		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✓	✗	✗	✗
		Sediment						
	St1		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St2		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St3		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St4		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St5		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St6		✓	✓	✗	✗	✗	✗
	St7		✓	✓	✗	✗	✗	✗

หมายเหตุ ✓ พบประเภทไมโครพลาสติก

✗ ไม่พบประเภทไมโครพลาสติก

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

จากผลการทดสอบความแตกต่างของการพบไมโครพลาสติกประเภทต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา (เดือน) พื้นที่ศึกษา (สถานี) และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (วิธีการเก็บตัวอย่าง) ผลการศึกษาพบว่า การพบไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ เนื่องจากความแปรปรวนในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างเท่ากัน จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยได้ การพบชิ้นส่วนพลาสติก และเม็ดพลาสติก ไม่มีความแตกต่างกันในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การพบโฟม พบว่ามีความแตกต่างกันในเดือนและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเดือนมีนาคมการเก็บตัวอย่างในผิวน้ำพบโฟมในทุกสถานี ในมวลน้ำไม่พบสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ในดินตะกอนไม่พบในสถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 5 เกาะลอย และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (ตารางที่ 9) เดือนมิถุนายนการเก็บตัวอย่างในผิวน้ำไม่พบโฟมในสถานีที่ 3 แหลมแท่น สถานีที่ 4 หาดวอนนภาและสถานีที่ 5 เกาะลอย ในมวลน้ำไม่พบสถานีที่ 1 ท่าเรือพลีและสถานีที่ 7 อ่าวอุดม ในดินตะกอนไม่พบในสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ถึงสถานีที่ 4 หาดวอนนภา และสถานีที่ 6 เกาะสีชัง (ตารางที่ 10) เดือนกันยายนการเก็บตัวอย่างในผิวน้ำไม่พบโฟมในสถานีที่ 5 เกาะลอย ถึงสถานีที่ 7 เกาะสีชัง ในดินตะกอนไม่พบโฟมในทุกสถานี (ตารางที่ 11) และเดือนธันวาคมการเก็บตัวอย่างในผิวน้ำไม่พบโฟมในทุกสถานี ในมวลน้ำพบแค่สถานีที่ 7 อ่าวอุดม ในดินตะกอนไม่พบโฟมในทุกสถานี การพบฟิล์มพลาสติกและเม็ดบีดส์ พบว่ามีความแตกต่างกันในเดือน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่ฟิล์มพลาสติกพบในเดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน แต่ไม่พบในเดือนธันวาคม (ตารางที่ 12) เม็ดบีดส์พบในเดือนมีนาคมและเดือนมิถุนายน แต่ไม่พบในเดือนกันยายน (ตารางที่ 11) และเดือนธันวาคม (ตารางที่ 12) ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความแตกต่างของประเภทไมโครพลาสติก

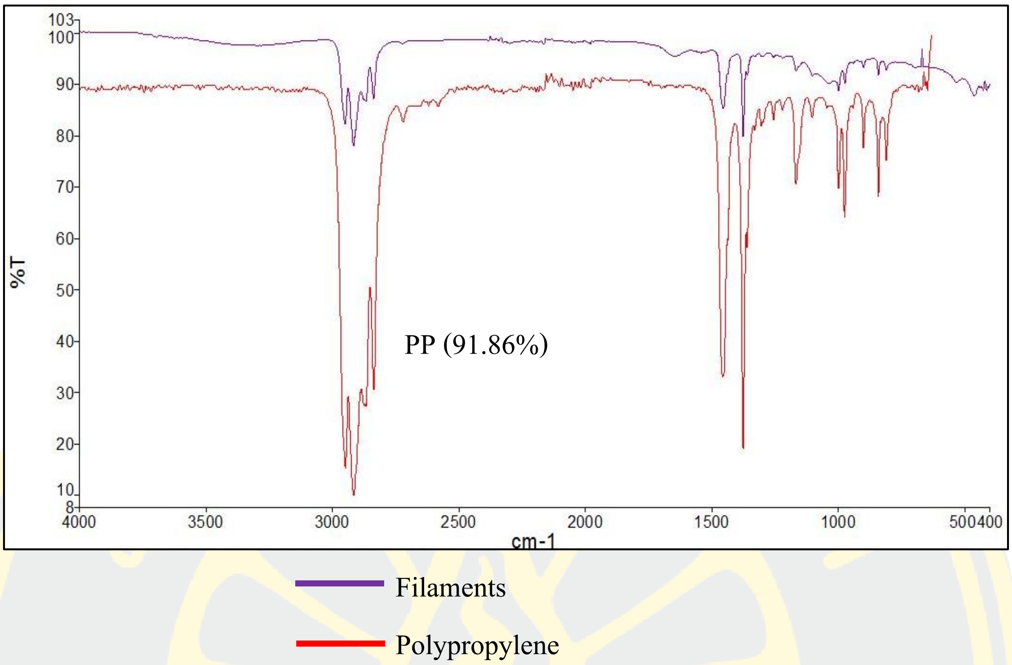
Type	**Months**	**Station**	**Position**
Filament	N.D	N.D	N.D
Fragment	>0.05	>0.05	>0.05
Foam	<0.05*	>0.05	<0.05*
Film	<0.05*	>0.05	>0.05
Granule	<0.05*	>0.05	>0.05
Pellet	>0.05	>0.05	>0.05

หมายเหตุ * หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

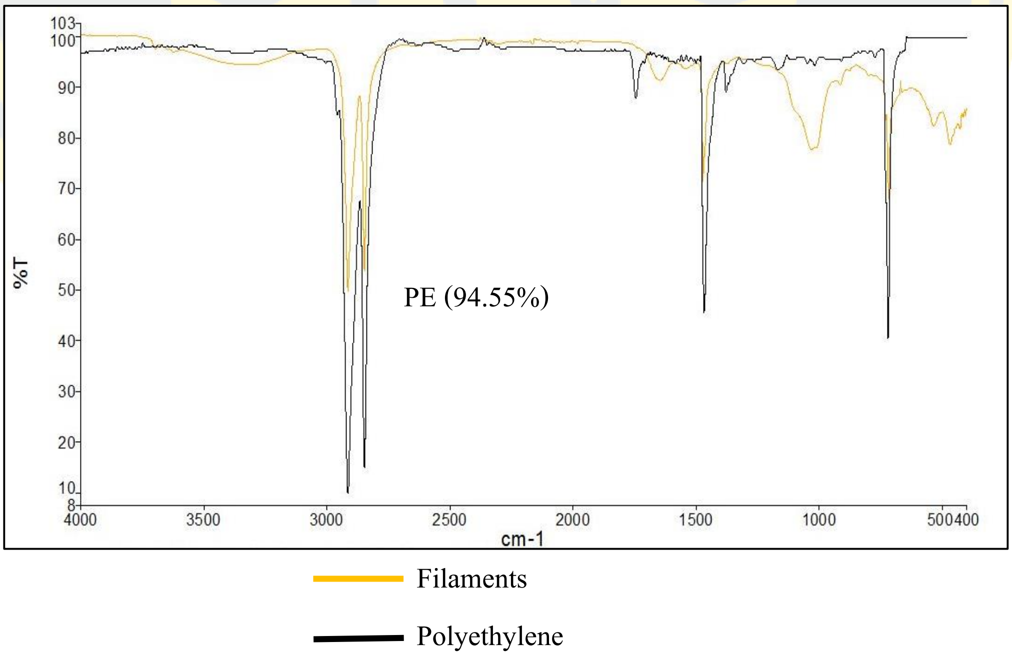
N.D คือ Not detected

1.3 ผลการวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติก

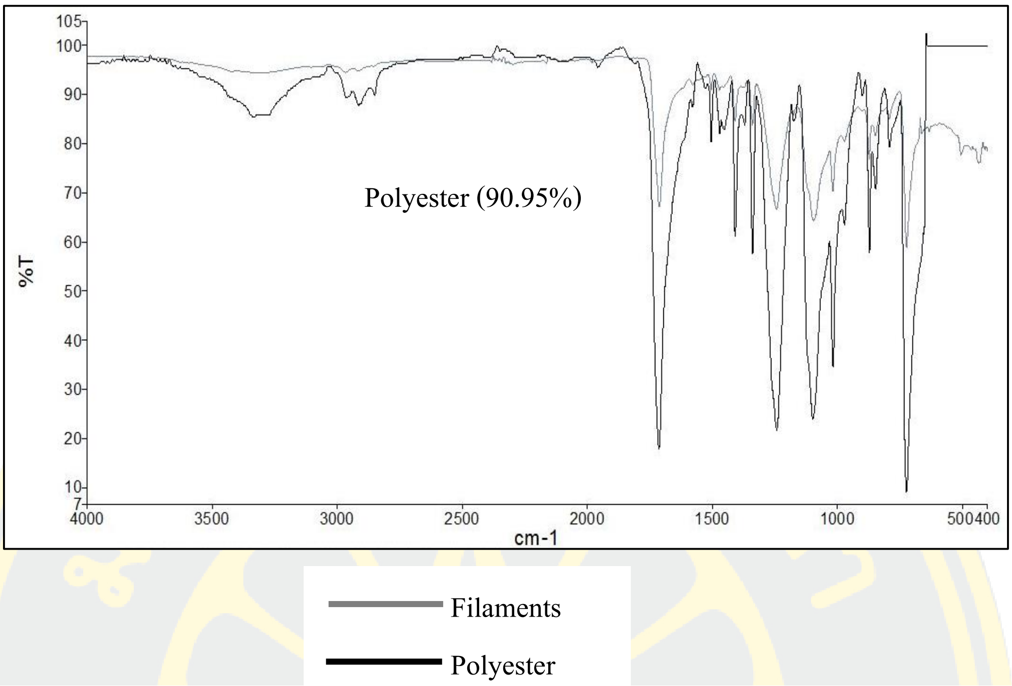
ผลการศึกษาวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค ATR-FTIR ใช้ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลในตัวอย่าง โดยการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared) ทำให้เกิดการสั่นของพันธะในโมเลกุล (สุธีรา ธรรมจง, 2562) พันธะต่างชนิดกันจะเกิดการสั่นในช่วงความถี่ที่ต่างกัน โดยช่วงการดูดกลืน 4000-1300 cm^{-1} เป็นบริเวณหมู่ฟังก์ชัน 900-650 cm^{-1} บอกถึงการมีอยู่ของหมู่อะโรมาติก และ 1500-1400 cm^{-1} บอกถึงการมีอยู่ของหมู่เอสเทอร์ เป็นต้น และ 1300-900 cm^{-1} ช่วยในการยืนยันเมื่อ สเปกตรัมตัวอย่างเปรียบเทียบกับสเปกตรัมมาตรฐาน เป็นพลาสติกชนิดเดียวกันกับพลาสติกอ้างอิงหรือไม่ (เบญจพร พรมลี, 2556) การศึกษาในครั้งนี้พบชนิดของพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พอลิโพรไพลีน (Polypropylene) พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิเอไมด์ (Polyamide) และพอลิเอสเตอร์ (Polyester) เมื่อนำสเปกตรัมของตัวอย่างไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยไปวิเคราะห์เทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานพลาสติกของ ATR-FTIR แต่ละชนิด พบว่าการดูดกลืนคลื่นช่วง 2838 cm^{-1}, 2868 cm^{-1} และ 2950 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ฟังก์ชันก์ไฮโดรคาร์บอน (C-H stretching) และการสั่นแบบไม่สมมาตรในคลื่นช่วง 840 cm^{-1} และ 998 cm^{-1} (Syakti et al., 2018) มีลักษณะยอดคลื่นของสเปกตรัมคล้ายกับพอลิโพรไพลีน (ภาพที่ 16) การดูดกลืนคลื่นช่วง 3307 cm^{-1}, 1646 cm^{-1} และ 533 cm^{-1} เกิดจากการสั่นแบบไม่สมมาตรหรือแบบงอของโมเลกุล (C-H bending) ของหมู่เมทิล ซึ่งสเปกตรัมคล้ายกับพอลิเอทิลีน (ภาพที่ 17) การดูดกลืนคลื่นช่วง 3334 cm^{-1}, 1471 cm^{-1}, 1505 cm^{-1} และ 1408 cm^{-1} เกิดจากการสั่นแบบงอของไฮโดรคาร์บอน (C-H bending) การสั่นแบบยืดของหมู่อัลดีไฮด์ (C-O stretching) และการสั่นแบบยืดหดของหมู่คาร์บอนิลซึ่งเป็นหมู่ของเอสเทอร์ (C=O stretching) (สุธีรา ธรรมจง, 2562) ระบุได้ว่าตัวอย่างเส้นใยตรงกับสเปกตรัมมาตรฐานของพลาสติกพอลิเอสเตอร์ (ภาพที่ 18) การดูดกลืนคลื่นช่วง 1637 cm^{-1}, 1462 cm^{-1}, 1472 cm^{-1} และ 1033 cm^{-1} เกิดจากการสั่นของโมเลกุลแบบงอของหมู่ฟังก์ชันเอมีน (N-H bending) และการสั่นแบบยืดของหมู่อัลดีไฮด์ (C-O stretching) (เบญจพร พรมลี, 2556) ซึ่งตรงกับพลาสติกพอลิเอไมด์ (ภาพที่ 19) เมื่อนำสเปกตรัมของตัวอย่างไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกไปวิเคราะห์เทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานของ FTIR พบว่าการดูดกลืนคลื่นช่วง 1647 cm^{-1}, 2838 cm^{-1}, 3350 cm^{-1} และ 2951 cm^{-1} การสั่นไม่สมมาตรแบบยืดของหมู่แอลคีน (CH_2) (Cordova et al., 2019) ระบุได้ว่าตรงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน (ภาพที่ 20) และเมื่อนำสเปกตรัมของตัวอย่าง ไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกไปวิเคราะห์เทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานของ FTIR พบว่าการดูดกลืนคลื่นช่วง 3394 cm^{-1}, 2854 cm^{-1}, 2925 cm^{-1}, 1659 cm^{-1}, 1512 cm^{-1} และ 1551 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นแบบยืดของสารประกอบไฮดรอคาร์บอน (C-H, CH_2, CH_3) และการสั่นไม่สมมาตรแบบงอของหมู่เมทิล (Cordova, Purwiyanto, & Suteja, 2019) ซึ่งตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (ภาพที่ 21)



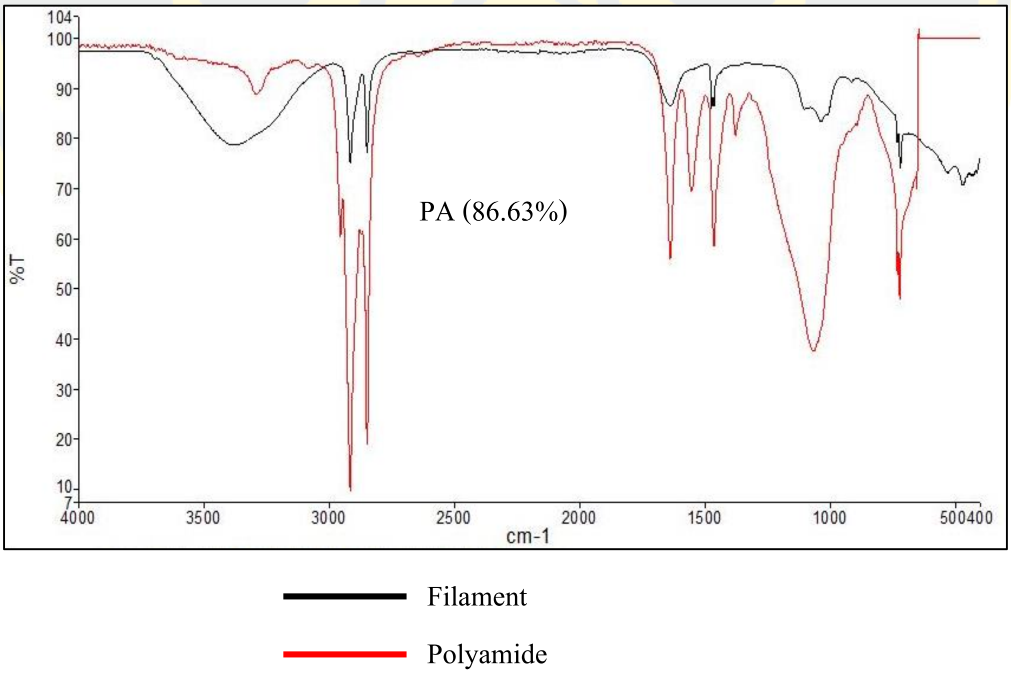
ภาพที่ 16 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน



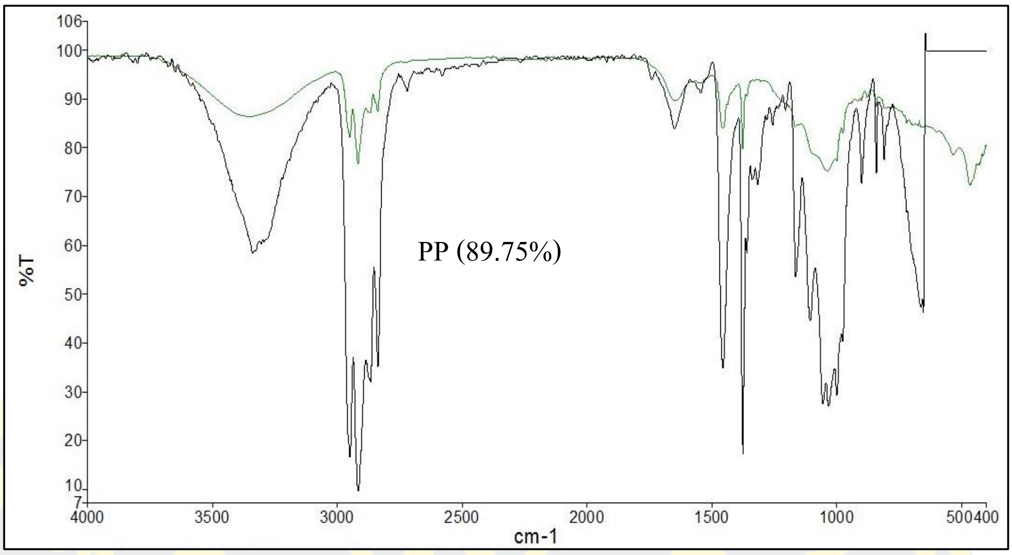
ภาพที่ 17 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน



ภาพที่ 18 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่ตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอสเตอร์



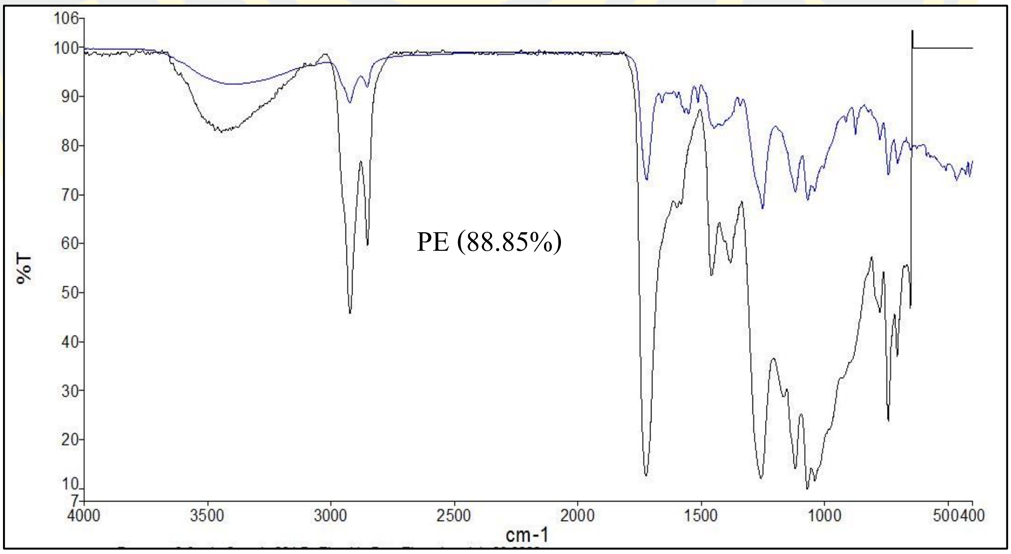
ภาพที่ 19 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยตรงกับพลาสติกภาพที่ชนิดพอลิเอไมด์



Fragment

Polypropylene

ภาพที่ 20 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกตรงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรไพลีน



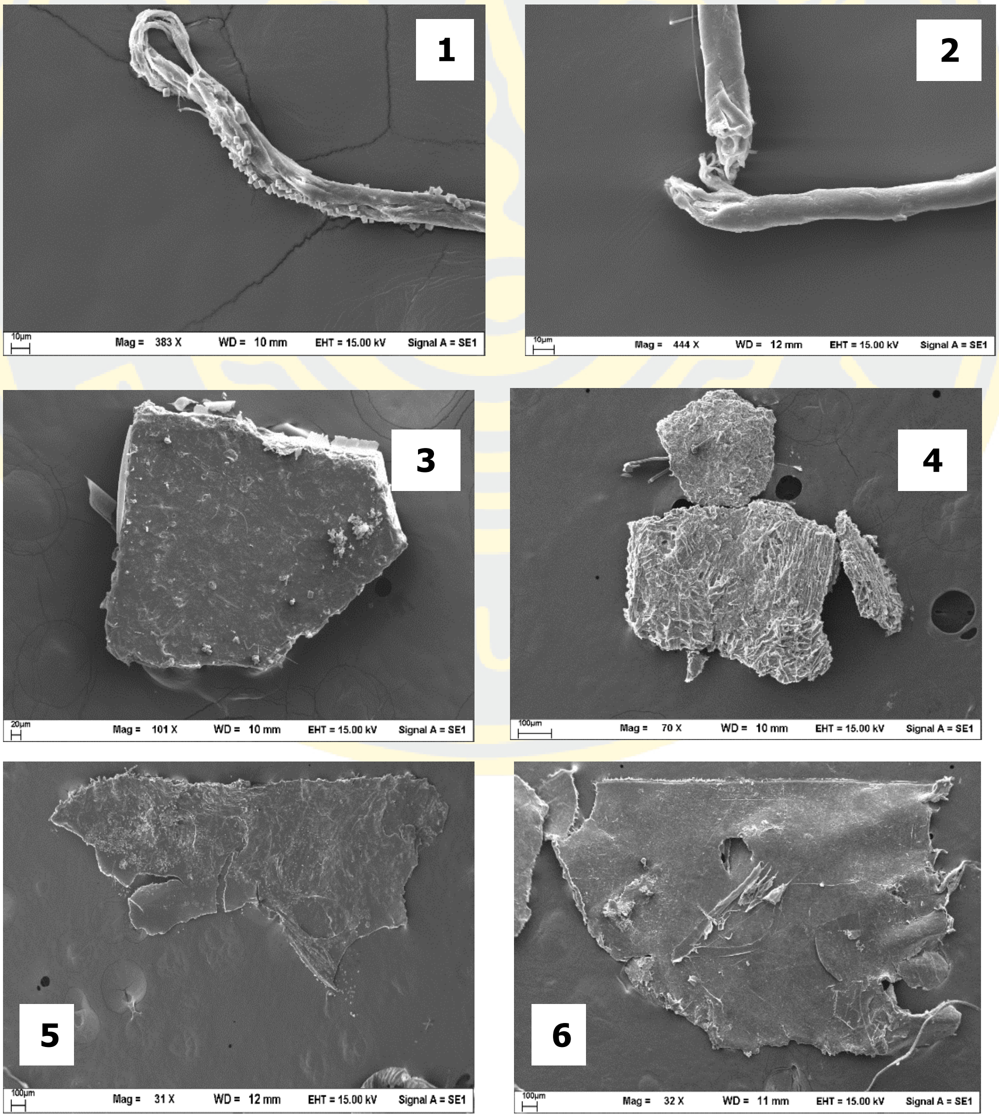
Fragment

Polyethylene

ภาพที่ 21 สเปกตรัมของไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกตรงกับพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน

2. ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติก

ผลการศึกษาวิเคราะห์ชนิดของไมโครพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) พบว่าเทคนิคของ SEM สามารถแสดงพื้นผิวของไมโครพลาสติกได้ชัดเจน พบรูปแบบการเสื่อมสภาพต่างๆ เช่น การผุกร่อน รอยแตกหัก และมีอนุภาคมาเกาะ ที่มองเห็นได้ชัดเจนบนพื้นผิวของไมโครพลาสติก และตัวอย่างไมโครพลาสติกที่นำมาวิเคราะห์แสดงรูปแบบการเสื่อมสภาพมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น การแตกหักและมีอนุภาคมาเกาะ หรือการแตกและมีขอบผิวที่ไม่เรียบ ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาที่อยู่ในมวลน้ำ การกระทำของลม คลื่น หรือการผุกร่อนของสารเคมี เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 พื้นผิวของไมโครพลาสติก : 1-2. เส้นใย, 3-4. ชิ้นส่วนพลาสติก, 5-6. ฟิล์มพลาสติก

3. ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

ผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีพบว่า ไมโครพลาสติกในผิวน้ำ เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta พบความหนาแน่นเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 16.73±10.58 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยความหนาแน่นในแต่ละเดือนพบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนมิถุนายน (21.26±11.95 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่เดือนธันวาคม (16.36±7.49 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) เดือนกันยายน (15.50±12.84 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และเดือนมีนาคม (13.80±8.28 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 และความหนาแน่นในแต่ละสถานีพบสูงสุดในสถานีที่ 6 เกาะสีชัง (22.20±13.22 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 2 อ่างศิลา (18.43±14.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (17.97±5.45 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (16.90±13.34 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (14.98±7.30 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (13.63±8.97 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (13.00±7.54 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 14 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำในแต่ละเดือน (ค่าเฉลี่ย±SD)

Months	**Surface (particles/m^3)**
March	13.80±8.28
June	21.26±11.95
September	15.50±12.84
December	16.36±7.49

ตารางที่ 15 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำในแต่ละสถานี (ค่าเฉลี่ย±SD)

Station	**Surface (particles/m^3)**
St1 Tha Ruea Phli	17.97±5.45
St2 Angsila	18.43±14.33
St3 Laem Thaen	14.98±7.30
St4 Wonnapha beach	13.63±8.97
St5 Koh loi island	13.00±7.54
St6 Koh sichang island	22.20±13.22
St7 Ao Udom	16.90±13.34

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำเก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta ผลการทดสอบทางสถิติพบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำ ในเดือนและสถานี มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 16) และจากการจัดกลุ่มพบว่าในเดือนมิถุนายน สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และเดือนกันยายน สถานีที่ 7 อ่าวอุดม ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในผิวน้ำมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 ความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในผิวน้ำ เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta

Source	**DF**	**Adj SS**	**Adj MS**	**F-Value**	**P-Value**
Month	3	646.0	215.33	2.42	0.076
Station	6	731.6	121.94	1.37	0.243
Month*Station	18	2926.9	162.60	1.83	0.045*
Error	56	4989.3	89.09		
Total	83	9293.8			

หมายเหตุ * หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 17 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในผิวน้ำ เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta

Position	**Months**	**St1**	**St2**	**St3**	**St4**	**St5**	**St6**	**St7**
Surface	March	12.23 ^{ab}	6.62 ^{ab}	9.88 ^{ab}	11.17 ^{ab}	12.74 ^{ab}	18.47 ^{ab}	25.46 ^{ab}
	June	16.87 ^{ab}	21.53 ^{ab}	11.21 ^{ab}	17.86 ^{ab}	17.16 ^{ab}	<u>35.71</u> ^{a}	28.47 ^{ab}
	September	20.20 ^{ab}	27.73 ^{ab}	21.24 ^{ab}	9.28 ^{ab}	11.28 ^{ab}	18.20 ^{ab}	<u>0.58</u> ^{b}
	December	22.57 ^{ab}	17.83 ^{ab}	17.59 ^{ab}	16.21 ^{ab}	10.83 ^{ab}	16.43 ^{ab}	13.08 ^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย
St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

ผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีพบว่าไมโครพลาสติกในมวลน้ำ เก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump พบความหนาแน่นเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 40.96±37.12 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยความหนาแน่นในแต่ละเดือนพบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนธันวาคม (69.00±42.96 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่เดือนมีนาคม (35.81±45.06 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) เดือนกันยายน (34.05±23.04 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และเดือนมิถุนายน (25.00±11.87 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 18 และความหนาแน่นในแต่ละสถานีพบสูงสุดในสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (57.50±53.5 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (51.90±54.6 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (42.10±37.7 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (39.50±32.49 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (35.17±14.30 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 5 เกาะลอย (31.83±28.65 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 4 หาดวอนนภา (28.75±17.93 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 18 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำในแต่ละเดือน (ค่าเฉลี่ย±SD)

Months	**Subsurface (particles/m^3)**
March	35.81±45.06
June	25.00±11.87
September	34.05±23.04
December	69.00±42.96

ตารางที่ 19 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำในแต่ละสถานี (ค่าเฉลี่ย±SD)

Station	**Subsurface (particles/m^3)**
St1 Tha Ruea Phli	57.50±53.5
St2 Angsila	51.90±54.6
St3 Laem Thaen	35.17±14.30
St4 Wonnapha beach	28.75±17.93
St5 Koh loi island	31.83±28.65
St6 Koh sichang island	39.50±32.49
St7 Ao Udom	42.10±37.7

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำเก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump ผลการทดสอบพบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำ ในเดือนและสถานีมีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 20) และจากการจัดกลุ่มพบว่าในเดือนมีนาคม สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 5 เกาะลอย และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม และในเดือนมิถุนายน สถานีที่ 2 อ่างศิลา และสถานีที่ 5 เกาะลอย ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 20 ความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในมวลน้ำ เก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump

Source	**DF**	**Adj SS**	**Adj MS**	**F-Value**	**P-Value**
Month	3	23421	7806.9	9.59	0.000
Station	6	7955	1325.9	1.63	0.156
Month*Station	18	37411	2078.4	2.55	0.004*
Error	56	45567	813.7		
Total	83	114355			

หมายเหตุ * หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 21 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในมวลน้ำ เก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump

Position	**Months**	**St1**	**St2**	**St3**	**St4**	**St5**	**St6**	**St7**
Subsurface	March	125^{a}	22.33^{bc}	28^{bc}	25.67^{bc}	11.67^{c}	22.33^{bc}	15.67^{c}
	June	23.67^{bc}	17^{c}	40.67^{abc}	30.67^{abc}	15.33^{c}	25.67^{bc}	22^{bc}
	September	29.67^{abc}	55^{abc}	28^{bc}	20^{bc}	36.33^{abc}	31^{abc}	38.33^{abc}
	December	51.67^{abc}	113.33^{ab}	44^{abc}	38.67^{abc}	64^{abc}	79^{abc}	92.33^{abc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

ผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีพบว่า ไมโครพลาสติกในดินตะกอน เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบความหนาแน่นเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 118.60±91.5 ชิ้นต่อกิโลกรัม โดยความหนาแน่นในแต่ละเดือนพบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนกันยายน (187.40±80.4 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่เดือนมิถุนายน (130.60±120.9 ชิ้นต่อกิโลกรัม) เดือนธันวาคม (106.60±63.9 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และเดือนมีนาคม (50.00±33.4 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 22 และความหนาแน่นในแต่ละสถานีพบสูงสุดในสถานีที่ 5 เกาะลอย (180.00±152.5 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 2 อ่างศิลา (143.50±122.7 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (131.00±79.8 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (130.60±69.3 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (110.50±50.5 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (85.50±90.9 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (49.50±28.6 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 22 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแต่ละเดือน (ค่าเฉลี่ย±SD)

Months	**Sediment (particles/kg)**
March	50.00±33.4
June	130.60±120.9
September	187.40±80.4
December	106.60±63.9

ตารางที่ 23 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแต่ละสถานี (ค่าเฉลี่ย±SD)

Station	**Sediment (particles/kg)**
St1 Tha Ruea Phli	85.50±90.9
St2 Angsila	143.50±122.7
St3 Laem Thaen	131.00±79.8
St4 Wonnapha beach	110.50±50.5
St5 Koh loi island	180.00±152.5
St6 Koh sichang island	130.60±69.3
St7 Ao Udom	49.50±28.6

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน ผลการทดสอบพบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนในแต่ละเดือนที่ทำการเก็บตัวอย่างมีความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 24) และจากการจัดกลุ่มพบว่าในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนแตกต่างกัน (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 24 ความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในดินตะกอน เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน

Source	**DF**	**Adj SS**	**Adj MS**	**F-Value**	**P-Value**
Month	3	68119	22706	3.55	0.035*
Station	6	42485	7081	1.11	0.397
Error	18	115268	6404		
Total	27	225872			

หมายเหตุ * หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 25 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของความหนาแน่นไมโครพลาสติกในดินตะกอน เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน

Months	**Mean**
March	50^{b}
June	130.57^{ab}
September	187.43^{a}
December	106.57^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน

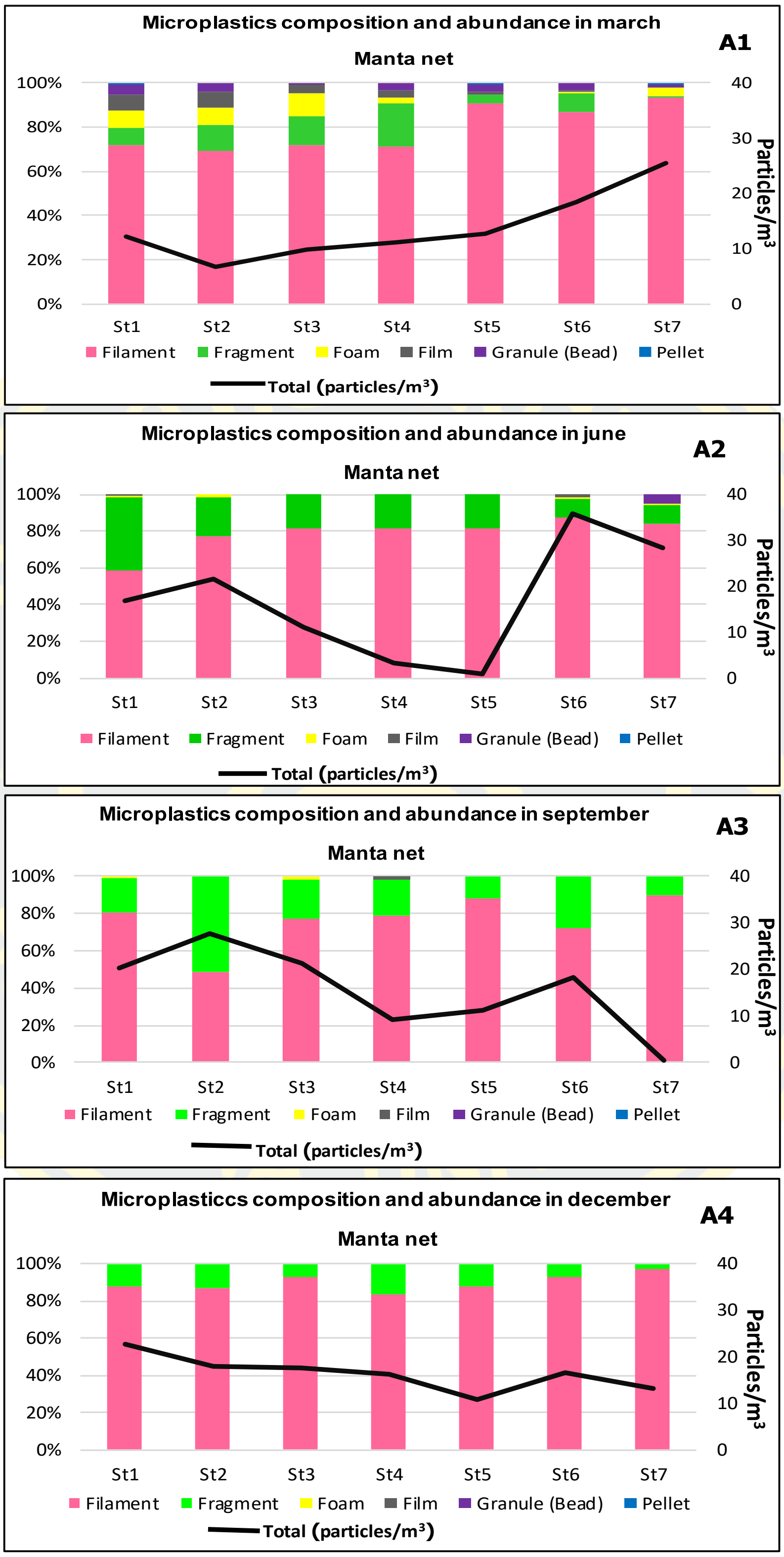
เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน พบว่าในเดือนมีนาคมการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการถุงลาก Manta มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 96.57 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (25.46 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (18.48 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 5 เกาะลอย (12.73 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (12.23 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (11.16 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (9.88 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 2 อ่างศิลา (6.62 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 23) การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการ Submerged pump มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 250 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (125 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 3 แหลมแท่น (28 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (25.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 2 อ่างศิลา (22.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (22.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (15.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (11.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนมีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 350 ชิ้นต่อกิโลกรัม พบความหนาแน่นรวมสูงสุดสถานีที่ 3 แหลมแท่น (100 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (94 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานที่ 5 เกาะลอย (42 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (42 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (30 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 2 อ่างศิลา (26 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (16 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

เดือนมิถุนายนการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการถุงลาก Manta มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 118 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (35.71 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (28.47 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานที่ 2 อ่างศิลา (21.53 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (16.87 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (11.21 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (3.34 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (0.99 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 23) การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการ Submerged pump มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 175 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 3 แหลมแท่น (40.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (30.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (25.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (23.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (22 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 2 อ่างศิลา (17 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (15.33 ชิ้น

ต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนมีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 914 ชิ้นต่อกิโลกรัม พบความหนาแน่นรวมสูงสุดที่สถานีที่ 5 เกาะลอย (376 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (168 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (152 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 2 อ่างศิลา (96 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (52 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (38 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (32 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

เดือนกันยายนการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการถุงลาก Manta มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 109 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (27.70 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 3 แหลมแท่น (21.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (20.18 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (18.24 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 5 เกาะลอย (11.30 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (9.29 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (0.99 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 23) การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการ Submerged pump มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 238 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (55 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (38.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 5 เกาะลอย (36.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (31 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (29.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (28 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 4 หาดวอนนภา (20 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนมีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,332 ชิ้นต่อกิโลกรัม พบความหนาแน่นรวมสูงสุดที่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (334 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 3 แหลมแท่น (230 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 5 เกาะลอย (224 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (216 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (124 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (112 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (92 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

เดือนธันวาคมการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยวิธีการถุงลาก Manta มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 115 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (22.58 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (17.85 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (17.56 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (16.44 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (16.23 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (13.08 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (10.82 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 23) การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วย Submerged pump มีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 483 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานีที่ 2 อ่างศิลา (113.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 7 อ่าวอุดม (92.33 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (79 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 5 เกาะลอย (64 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (51.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (44 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) และสถานีที่ 4 หาดวอนนภา (38.67 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ (ภาพที่ 24) และการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนมีความหนาแน่นรวมทั้งหมดเท่ากับ 746 ชิ้นต่อกิโลกรัม พบความหนาแน่นรวมสูงสุดที่สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (200 ชิ้นต่อกิโลกรัม) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (172 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 2 อ่างศิลา (138 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี (78 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 5 เกาะลอย (78 ชิ้นต่อกิโลกรัม) สถานีที่ 3 แหลมแท่น (42 ชิ้นต่อกิโลกรัม) และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (38 ชิ้นต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 25)

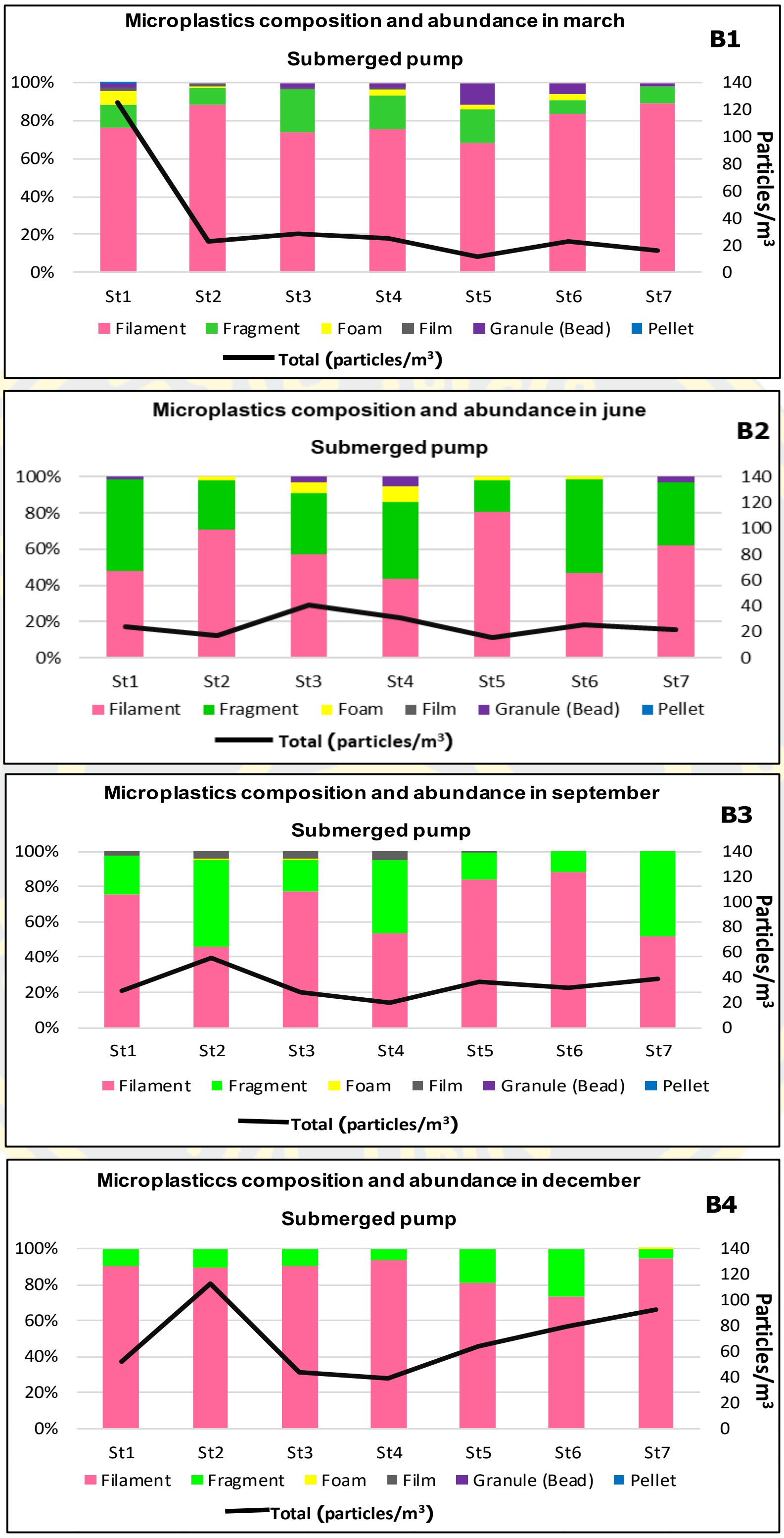


ภาพที่ 23 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลาก Manta

หมายเหตุ : A1, A2, A3, A4 คือ เก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และเดือนธันวาคม ตามลำดับ

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

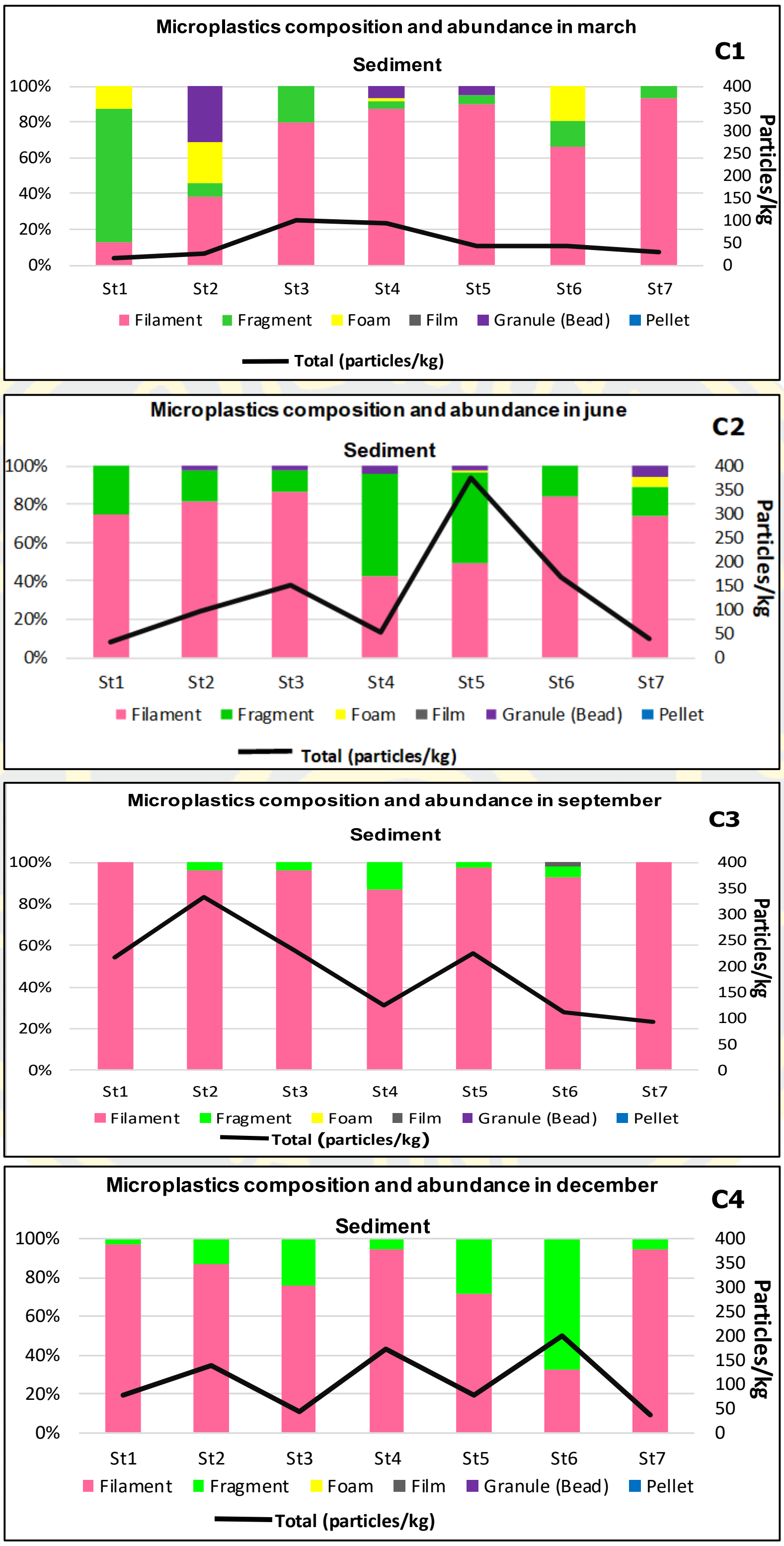


ภาพที่ 24 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ Submerged pump

หมายเหตุ : A1, A2, A3, A4 คือ เก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และเดือนธันวาคม ตามลำดับ

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม



ภาพที่ 25 ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือน เก็บตัวอย่างโดยใช้ Grab sampler

หมายเหตุ : A1, A2, A3, A4 คือ เก็บตัวอย่างในเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และเดือนธันวาคม ตามลำดับ St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

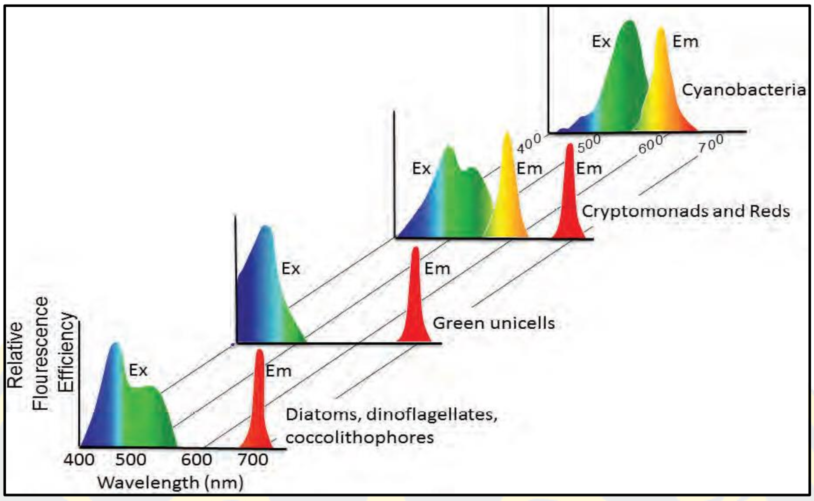
4. ผลการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ

ผลการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ

ผลการศึกษาการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติโดยใช้เทคนิคของกล้องฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งใช้ศึกษาตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเรืองแสงหรือเปล่งแสงเองได้ ตัวอย่างได้รับพลังงานจากแหล่งกำเนิดที่มีพลังงานสูง เช่นแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) โดยแสง UV จะถูกยิงไปกระทบกับตัวอย่างที่สามารถดูดกลืนแสง เกิดการกระตุ้นและจะปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงที่ตาเรามองเห็นได้ (Visible light) ซึ่งอยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร

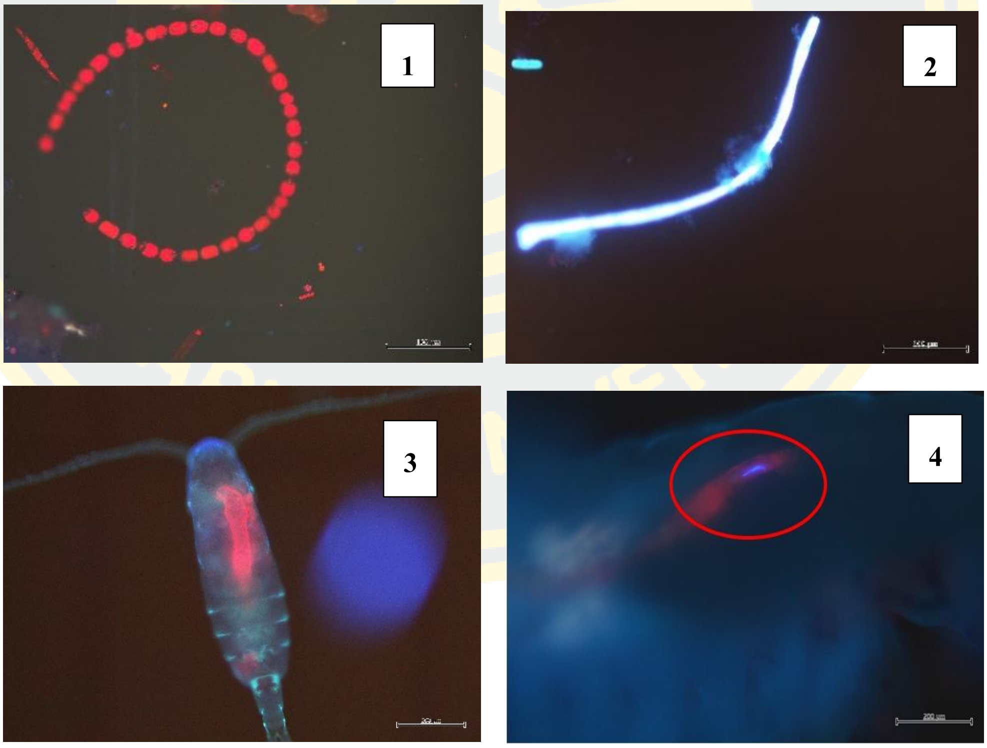
เมื่อตรวจสอบในระบบทางเดินอาหารพบว่า แพลงก์ตอนสัตว์มีการกินอาหารที่เป็นตามธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม (Diatom) ไดโนแฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) และสาหร่ายคริพโตโมแนดส์ (Cryptomonads) เป็นต้น เมื่อถูกกระตุ้นด้วยพลังงานแสงจะเรืองแสงของรงควัตถุสีแดง (680-700 นาโนเมตร) หรือกลุ่มไซยาโนแบคทีเรียจะเรืองแสงของรงควัตถุสีเหลือง (550-650 นาโนเมตร) (ภาพที่ 26) (Aiken et al., 2014) และไม่ใช่อาหารตามธรรมชาติ จะมีการเรืองแสงสีขาว (ภาพที่ 27) การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์โคพีพอดกลุ่มคาลานอยด์ (Calanoid copepod) เป็นกลุ่มเด่น และพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มอื่น เช่น ไมซิด (Mysids) เคย (Lucifer) กุ้ง ตัวอ่อนของเพรียง หนอนธนู ไส้เดือนทะเล (Polychaetes) ตัวอ่อนของปูระยะซูเอีย (Zoea) และระยะเมกาโลปา (Megalopa) ตัวอ่อนของหอยสองฝา ไข่ปลา และ Oikopluera เป็นต้น

จากการสังเกตุตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ภายใต้กล้องฟลูออเรสเซนต์พบการกินไม่ใช่อาหารตามธรรมชาติโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกด้วยถุงลาก Manta พบการกินไม่ใช่อาหารตามธรรมชาติแค่เพียง 2 เดือน คือเดือนกันยายน พบร้อยละ 0.4 ในสถานีที่ 2 อ่างศิลา และเดือนธันวาคม พบร้อยละ 22 ในสถานีที่ 3 แหลมแท่น (ตารางที่ 26) แต่ในวิธีการ Submerged pump พบการกินไม่ใช่อาหารตามธรรมชาติในทุกเดือนแต่พบในปริมาณน้อย ได้แก่ เดือนมีนาคม พบปริมาณการกินมากสุดในสถานีที่ 3 แหลมแท่น (ร้อยละ 0.81) รองลงมาได้แก่สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (ร้อยละ 0.73) สถานีที่ 5 เกาะลอย (ร้อยละ 0.43) และสถานีที่ 2 อ่างศิลา (ร้อยละ 0.33) ตามลำดับ เดือนมิถุนายนพบปริมาณการกินมากสุดในสถานีที่ 6 เกาะสีชัง (ร้อยละ 1.18) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (ร้อยละ 0.27) เดือนกันยายนพบปริมาณการกินมากสุดในสถานีที่ 2 อ่างศิลา (ร้อยละ 15.63) รองลงมาได้แก่ สถานีที่ 4 หาดวอนนภา (ร้อยละ 4.55) สถานีที่ 6 เกาะสีชัง (ร้อยละ 3.85) และสถานีที่ 5 เกาะลอย (ร้อยละ 3.70) ตามลำดับ และในเดือนธันวาคมพบปริมาณการกินมากสุดในสถานีที่ 6 เกาะสีชัง (ร้อยละ 8.33) และสถานีที่ 3 แหลมแท่น (ร้อยละ 2.70) (ตารางที่ 26)



ภาพที่ 26 ลักษณะสเปกตรัมการเรืองแสงของแพลงก์ตอนพืช

ที่มา : Aiken et al. (2014)



ภาพที่ 27 ภาพฟลูออเรนเซนต์ : 1. แพลงก์ตอนพืช, 2. ไมโครพลาสติก, 3. แพลงก์ตอนสัตว์กินอาหารตามธรรมชาติ, 4. แพลงก์ตอนสัตว์กินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ

ตารางที่ 26 ผลพบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละเดือน

Months	**Zooplankton ingestion unnatural food**						
Manta net	**St1**	**St2**	**St3**	**St4**	**St5**	**St6**	**St7**
March	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
June	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
September	✗	✓(0.4%)	✗	✗	✗	✗	✗
December	✗	✗	✓(22%)	✗	✗	✗	✗
Submerged pump	**St1**	**St2**	**St3**	**St4**	**St5**	**St6**	**St7**
March	✗	✓(0.33%)	✓(0.81%)	✓(0.73%)	✓(0.43%)	✗	✗
June	✗	✗	✗	✗	✓(0.27%)	✓(1.18%)	✗
September	✗	✓(15.63%)	✗	✓(4.55%)	✓(3.70%)	✓(3.85%)	✗
December	✗	✗	✓(2.70%)	✗	✗	✓(8.33%)	✗

หมายเหตุ : ✓ พบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์

✗ ไม่พบการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติของแพลงก์ตอนสัตว์

St1 = ท่าเรือพลี St2 = อ่างศิลา St3 = แหลมแท่น St4 = หาดวอนนภา St5 = เกาะลอย

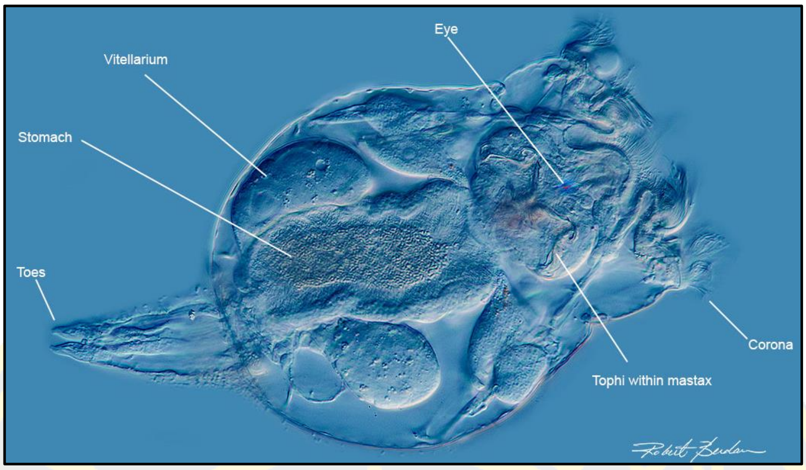
St6 = เกาะสีชัง St7 = อ่าวอุดม

5. ผลการทดลองการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

ผลการรวบรวมข้อมูลการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์จากข้อมูลทุติยภูมิ ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

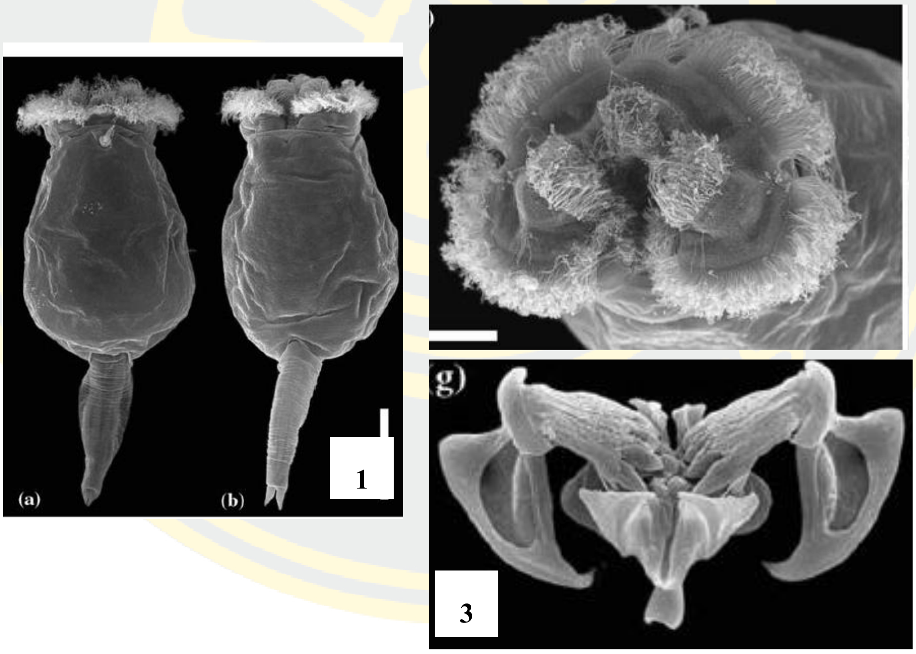
5.1 ลักษณะการกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์

แพลงก์ตอนสัตว์ส่วนใหญ่แล้วมีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกรองกิน (Filter feeding) ซึ่งอาหารหลักจะกินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร มีอวัยวะที่ช่วยในการโบกพัด คัดเลือกและรวบรวมสารอาหารต่างๆ โดยทำให้เกิดกระแสการเคลื่อนที่ของน้ำ (Feeding currents) (Muentarawat & Gunbua, 2016) เช่นในโรติเฟอร์จะใช้วงขน Corona ที่มี Cilia ว่ายและกวาดอาหารเข้ามาและมีอวัยวะคล้ายฟันที่เรียกว่า Mastax ซึ่งมีขนาด 10 ไมโครเมตร (Fontaneto, Giordani, Melone & Serra, 2007) ช่วยในการบดเคี้ยวอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 28 และ 29 หรือการเคลื่อนไหวรยางค์ปาก ทำให้เกิดกระแสเคลื่อนที่ของน้ำ ใช้หนวดกวาดอาหารเข้าสู่ช่องปาก โดยมีอวัยวะที่ช่วยในการบดหรือฉีกอาหารเรียกว่า Mandible (ศุภมัย พรหมแก้ว, 2552) มีขนาดประมาณ 20 ไมโครเมตร (Prusova, Smith & Popova, 2012) เช่นในโคพีพอด ดังแสดงในภาพที่ 30 และ 31 การเคลื่อนไหวรยางค์ที่ใช้ในการว่ายน้ำ พัดอาหารเข้าสู่ช่องปาก และหายใจ มีลักษณะคล้ายใบไม้ เรียกว่า Phyllopods (ภาพที่ 32) โดยจะเคลื่อนที่ว่ายน้ำหงายท้องเพื่อหาอาหาร (สุพัสตรา เหล็กจาน, 2546) หลังจากนั้นใช้ Mandible ที่มีขนาด 10 ไมโครเมตร (Chaoruangrit, Plodsomboon, Rogers, & Sanoamuang, 2017) ประกบบีบหรือฉีกอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 32 และ 33 ที่พบในไรน้ำนางฟ้า เช่นเดียวกันกับอาร์ทีเมียที่มีลักษณะลำตัวแบน คล้ายใบไม้ ว่ายน้ำในลักษณะหงายท้อง มีหนวดคู่ที่ 2 (Second antennae) อยู่ที่ปล้องที่ 3 เพื่อใช้ในการว่ายน้ำและกรองอาหาร เพื่อรวบรวมอาหารเข้าสู่ปาก (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ดังแสดงในภาพที่ 34 และ 35 และแพลงก์ตอนสัตว์บางชนิดที่มีพฤติกรรมการกินอาหารแบบแทะเล็ม (Grazing) เช่น โคพีพอดบางชนิด ไมซิด เคย กุ้ง ปู เป็นต้น จึงทำให้มีการกินอาหารที่ขนาดใหญ่กว่าขนาดตัวได้



ภาพที่ 28 ภายในร่างกายของโรติเฟอร์ (กำลังขยาย 400 เท่า)

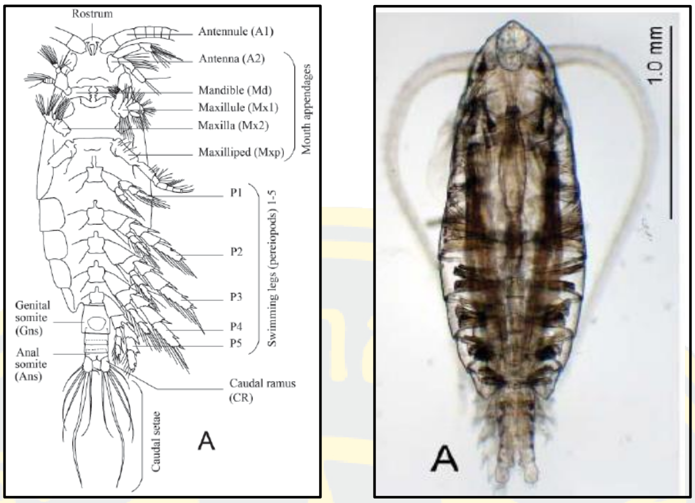
ที่มา : https://www.canadiannaturephotographer.com/rotifers2.html



ภาพที่ 29 ภาพ SEM ของโรติเฟอร์ (*Brachionus manjavacas*)

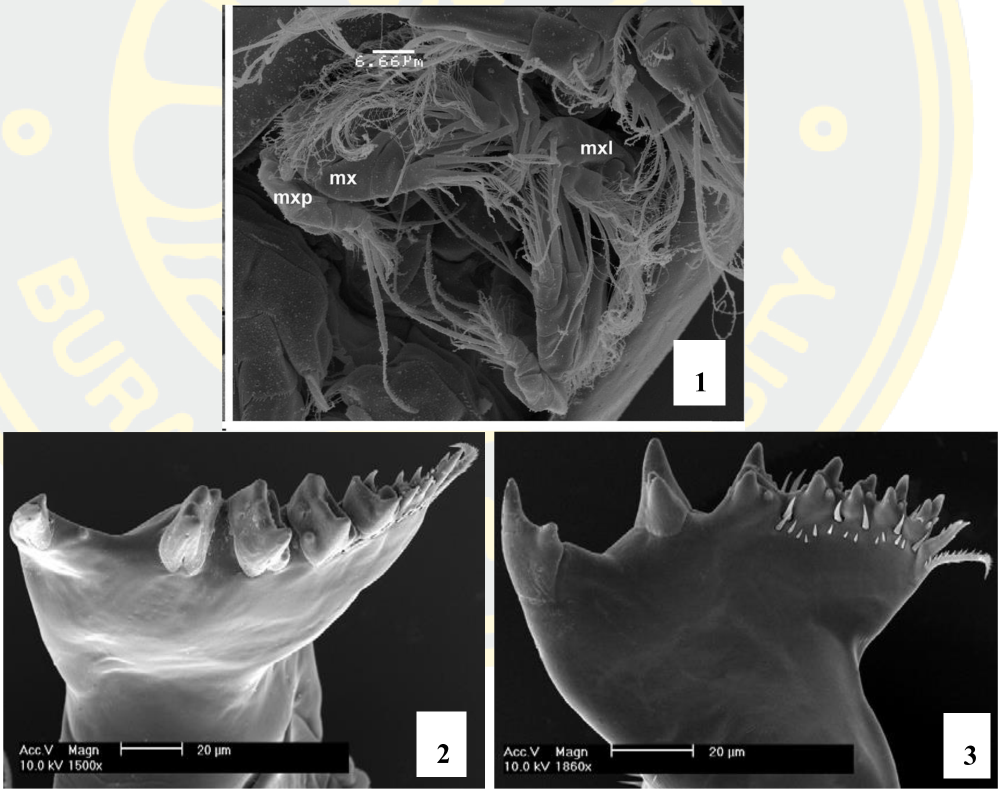
1. ภาพด้านหน้า-ด้านหลัง (50 ไมโครเมตร)
2. บริเวณส่วนหัว (50 ไมโครเมตร)
3. ด้านหน้าของ Trophi (10 ไมโครเมตร)

ที่มา : Fontaneto et al. (2007)



ภาพที่ 30 โครงสร้างของโคพีพอด

ที่มา : Prusova et al. (2012)



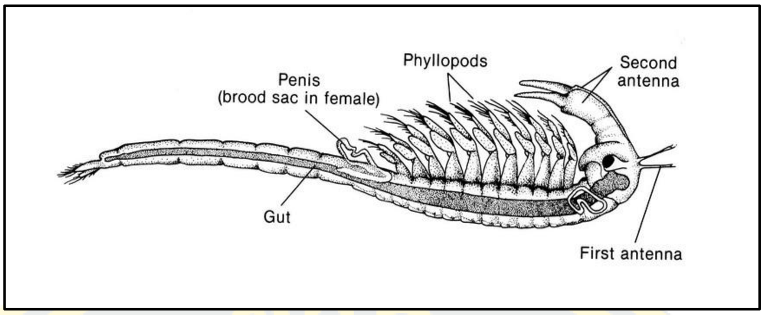
ภาพที่ 31 ภาพ SEM ของโคพีพอด

1. ลักษณะของช่องปาก ประกอบด้วย Maxillule (mxl), Maxilla (mx), Maxilliped (mxp) (6.6 ไมโครเมตร) (Suarez & Almeyda, 2015)

2. ลักษณะของ Mandible โคพีพอดชนิด *Calanus helgolandicus* (20 ไมโครเมตร)

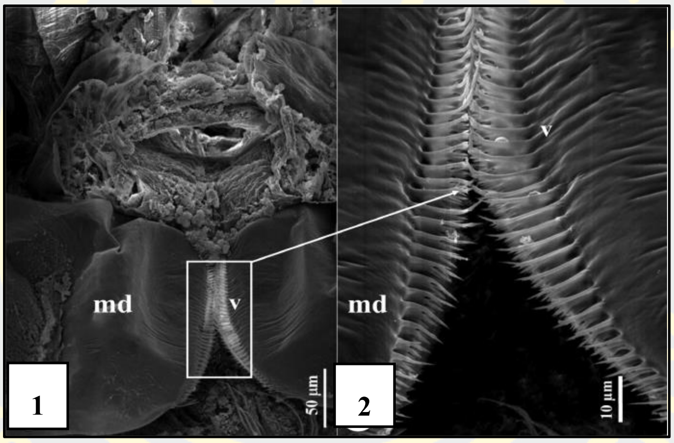
3. ลักษณะของ Mandible โคพีพอดชนิด *Temora longicornis* (20 ไมโครเมตร) (Jansen, 2006)

ที่มา : Suarez & Almeyda (2015); Jansen (2006)



ภาพที่ 32 ลักษณะโครงสร้างของไรน้ำนางฟ้า

ที่มา : https://home.kku.ac.th/pracha/Fairy%20Shrimp%20Culture.html

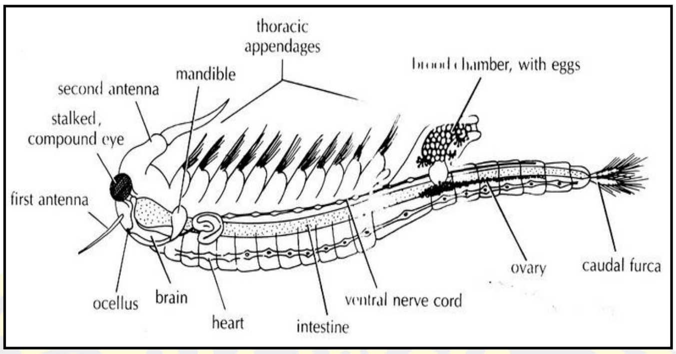


ภาพที่ 33 ภาพ SEM ของไรน้ำนางฟ้า (*Branchinella thailandensis*)

1. ลักษณะระยางค์ปาก (Feeding appendages) (50 ไมโครเมตร)

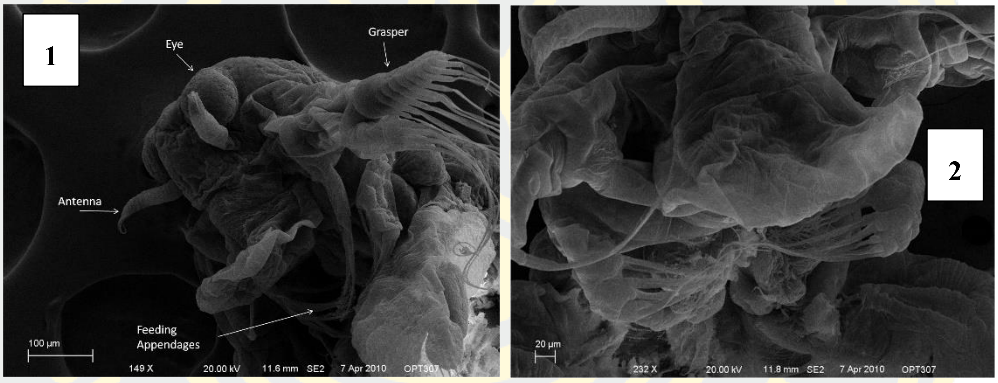
2. Mandible (10 ไมโครเมตร)

ที่มา : Chaoruangrit et al. (2017)



ภาพที่ 34 ลักษณะโครงสร้างของอาร์ทีเมีย

ที่มา : https://home.kku.ac.th/pracha/Food.html



ภาพที่ 35 ภาพ SEM ของอาร์ทีเมีย

1. บริเวณส่วนหัว (100 ไมโครเมตร)

2. รยางค์ปาก (Feeding appendages) (20 ไมโครเมตร)

ที่มา : http://www2.optics.rochester.edu /workgroups/ cml/opt307/spr10/jonathan/

5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

ขนาดของอาหารธรรมชาติ

นอกจากปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิของน้ำ และความเค็ม เป็นต้น ที่มีผลต่อการกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์แล้ว ขนาดของอาหารก็ส่งผลเช่นเดียวกัน โดยแพลงก์ตอนสัตว์จะเลือกกินขนาดอาหารที่มีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับช่องปาก นิยมเป็นพวกไดอะตอม สาหร่ายขนาดเล็กหรือไดโนเฟลกเจลเลต (Dinoflagellates) แพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก เช่น โรติเฟอร์ ที่มีขนาดตัวตั้งแต่ 100 ไมโครเมตร ถึง 400 ไมโครเมตร (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ขนาดปาก 10 ไมโครเมตร (Fontaneto et al., 2007) จะกินอาหารขนาดพิโคแพลงก์ตอน (0.2-2 ไมโครเมตร) โคพีพอดที่มีขนาดตัวตั้งแต่ 500 ไมโครเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร (ศุภมัย พรหมแก้ว, 2552) ขนาดปากประมาณ 20 ถึง 60 ไมโครเมตร (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) อาร์ทีเมียที่มีขนาดตัว 1-2 เซนติเมตร (ธีรภัทร แซ่เตียว, 2552)ไรน้ำนางฟ้าขนาดตัว 1.3-3 เซนติเมตร (โฆษิต ศรีภูธร, 2013) ขนาดปากประมาณ 50 ถึง 100 ไมโครเมตร (สุพัสตรา เหล็กจาน, 2546) เคย ขนาดตัวตั้งแต่ 11-25 มิลลิเมตร ขนาดปาก 1.2 มิลลิเมตร (Desforges et al., 2015) อาจกินอาหารขนาดนาโนแพลงก์ตอน (2-20 ไมโครเมตร) และขนาดไมโครแพลงก์ตอน (20-200 ไมโครเมตร) (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ขนาดของอาหารธรรมชาติ

Phytoplankton	**Size (μm)**	
Picoplankton	0.2-2	Autrothrophic bacteria, Heterotrophic bacteria
Nanoplankton	2-20	Diatom, Dinoflagellates
Microplankton	20-200	Blue green algae

ที่มา : ดัดแปลงข้อมูลจาก วรกานต์ เสถียรวงศ์นุษา (2563)

ขนาดและความเข้มข้นของไมโครพลาสติก

จากการสืบค้นข้อมูลการทดลองการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในห้องปฏิบัติการพบว่าแพลงก์ตอนสัตว์สามารถกินไมโครพลาสติกที่ขนาดและความเข้มข้นแตกต่างกันได้ โดยที่เม็ดพลาสติกสังเคราะห์ที่นิยมใช้เป็นเม็ดพลาสติกสังเคราะห์พอลิสไตรีน ผลิตมากเป็นอันดับสี่ของโลกและการรายงานเรื่องขยะทะเลพบพลาสติกพอลิสไตรีนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างเยอะ (Cole, Lindeque, Fileman, Halsband & Galloway, 2015) ขนาดของเม็ดพลาสติกสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในการทดลอง พบว่ามีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมโครเมตร (ภาพที่ 36) ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับพิโคแพลงก์ตอนและนาโนแพลงก์ตอน เช่น ในโรติเฟอร์ ที่กินเม็ดพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 0.05, 0.5 และ 6 ไมโครเมตร (0.1, 1, 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) เปรียบเทียบขนาดพิโคและนาโนไมโครพลาสติก โดยให้กินสาหร่าย *Chlorella sp.* (6×10^4 เซลล์ต่อลิตร) พบว่าโรติเฟอร์ (*B.koreanus*) กินขนาด 0.05 ไมโครเมตร มากกว่าขนาด 0.5 และ 6 ไมโครเมตร และเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (มากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ขนาด 0.05 ไมโครเมตร ส่งผลต่อการเจริญเติบโตมากที่สุด (ร้อยละ 27.03) (Jeong et al., 2016) โรติเฟอร์ชนิด *B. plicatilis* ขนาด 0.07, 0.7 และ 7 ไมโครเมตร (1, 5, 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) โดยให้กินสาหร่าย *P. globose* (1×10^6 เซลล์ต่อลิตร) กินไมโครพลาสติกขนาด 0.07 ไมโครเมตร มากกว่าขนาด 0.7 และ 7 ไมโครเมตร และอัตราการรอดชีวิตลดลงเมื่อได้รับความเข้มข้นมากกว่า 5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Sun et al., 2019) โรติเฟอร์ชนิด *B. calycifloru* กินไมโครพลาสติกขนาดไมโครพลาสติก 1, 3 และ 6 ไมโครเมตร โดยให้กินสาหร่ายขนาดพิโคและนาโนแพลงก์ตอน *S.elongatus* (1.40 ไมโครเมตร), *C.vulgaris* (2.60 ไมโครเมตร) และสาหร่ายสีเขียว (4.30 ไมโครเมตร) ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์ต่อลิตร พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาหร่ายให้เท่ากับความเข้มข้นของไมโครพลาสติก โรติเฟอร์เลือกกินสาหร่ายมากกว่าการกินไมโครพลาสติก แต่เมื่อเวลาผ่านไป (72 ชั่วโมง) พบว่าจำนวนไมโครพลาสติก ลดลงซึ่งพบไมโครพลาสติกขนาดเล็กในทางเดินอาหารมากกว่าไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ พบอัตราการกินขนาด 1 ไมโครเมตร มากที่สุด (3,155 อนุภาคต่อชั่วโมง) รองลงมาได้แก่ ขนาด 3 ไมโครเมตร (895 เม็ดต่อชั่วโมง) และ 6 ไมโครเมตร (415 อนุภาคต่อชั่วโมง) (Drago, Pawlak, & Weithoff, 2020) ตัวอ่อนของหอยสองฝา (*Crepidula onyx*) ที่กินไมโครพลาสติกขนาด 2-5 ไมโครเมตร โดยใช้ตัวอ่อนระยะ Larva stage และระยะ Juvenile stage โดยให้กินสาหร่ายจำพวกไดอะตอมที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน *I. galbana* ที่ความเข้มข้น 2×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับตัวอ่อนระยะ Larva stage ความเข้มข้น 1.6×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับระยะ Juvenile stage พบว่าอัตราการเจริญ เติบโตในกลุ่มควบคุมเท่ากับ 0.246±0.01 ไมโครเมตร มากกว่ากลุ่มที่สัมผัสกับไมโครพลาสติกที่ความเข้มข้นต่ำ (6×10^4 อนุภาคต่อมิลลิลิตร)

การเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอยสองฝาเท่ากับ 0.207±0.02 ไมโครเมตร และที่ความเข้มข้นสูง (1.4×10^5 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) เท่ากับ 0.191±0.02 ไมโครเมตร และทำให้ตัวอ่อนลงเกาะมากที่สุดเฉลี่ย 3.13 ±0.49 ตัวต่อวัน รองลงมาเท่ากับ 2.77±0.70 ตัวต่อวัน ที่ความเข้มข้นของไมโครพลาสติกต่ำ (6×10^4 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) และในกลุ่มควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 1.67±0.64 ตัวต่อวัน (Lo & Chan, 2018) อาร์ทีเมีย (*Artemia franciscana*) ที่กินไมโครพลาสติกขนาด 1, 3, 6 และ 10 ไมโครเมตร (1, 10, 100 และ 1,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) พบว่าอาร์ทีเมียกินไมโครพลาสติกเข้าไปทุกขนาด โดยความเข้มข้นที่ 1,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร มีผลต่ออัตราการรอดอย่างมีนัยสำคัญ และพบการกินไมโครพลาสติกมากที่สุดที่ขนาด 10 ไมโครเมตร (ร้อยละ 61.42) 3 ไมโครเมตร (ร้อยละ 59.23) 6 ไมโครเมตร (ร้อยละ 55.92) และ 1 ไมโครเมตร (ร้อยละ 54) (Eom, Nam & Rhee, 2020) เช่นเดียวกับ อาร์ทีเมียชนิด *Artemia salina* ที่ให้กินเม็ดพลาสติกสังเคราะห์ขนาด 10 ไมโครเมตร อาร์ทีเมียสามารถกินไมโครพลาสติกเข้าไปได้ทั้งมีอาหารธรรมชาติและไม่มีอาหารธรรมชาติ และพบการกินมากสุด 306 อนุภาคต่อตัว (1,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) โดยความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นลดการกินสาหร่ายถึงร้อยละ 50 (Albano et al., 2021) กลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์โคพีพอด (*Acartia* spp., *E. affinis*, *L. macrurus*) โพลีคีต (*Marenzelleria* spp.) โรติเฟอร์ (*Synchaeta* spp.) ไมซิด (*N. integer*, *M. relicta*, *M. mixta*) คลาเดอเซอรา (*Bosmina coregoni maritima*) และกลุ่มซิลิเอต (*T. lobiancoi*) ให้กินขนาด 10 ไมโครเมตร ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (1,000, 2,000 และ 10,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) โดยที่ความเข้มข้น 2,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร พบการกินของแพลงก์ตอนสัตว์ทุกชนิด โคพีพอดชนิด *E. affinis* กินไมโครพลาสติกที่ความเข้มข้น 2,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร (ร้อยละ 67) โคพีพอดชนิด *Acartia* spp. และ *L. macrurus* กินไมโครพลาสติกทุกความเข้มข้นโดยความเข้มข้นที่ 3,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร พบการกินมากสุด ร้อยละ 62.5 และร้อยละ 36.7 ตามลำดับ และกลุ่มซิลิเอต พบการกินไมโครพลาสติกที่ความเข้มข้น 2,000 และ 3,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร เท่ากัน (ร้อยละ 85) โพลีคีตพบการกินไมโครพลาสติกที่ความเข้มข้น 2,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร (ร้อยละ 82.4) โรติเฟอร์พบการกินไมโครพลาสติกน้อยและพบการกินที่ความเข้มข้นข้น 2,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร (ร้อยละ 8) เท่านั้น และไมซิด พบการกินไมโครพลาสติกความเข้มข้นข้น 2,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร เท่านั้น (ร้อยละ 100) (Setala et al., 2014) กลุ่มโคพีพอด (*A. clause*, *C. helgolandicus*, *C. typicus*, *T. longicornis*) กินไมโครพลาสติกขนาด 7.3 (3,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร), 20.6 (2,240 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) และ 30.6 (635 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) ไมโครเมตร พบว่าโคพีพอดชนิด *A. clause* กินขนาด 7.3 ไมโครเมตร (ร้อยละ 75) และขนาด 30.6 (ร้อยละ 20) โคพีพอด ชนิด *C. helgolandicus* กินไมโครพลาสติกได้ทุกขนาด โดยขนาด 20.6 ไมโครเมตร (ร้อยละ 100) พบการกินมากที่สุด รองลงมาคือขนาด 30.6 ไมโครเมตร (ร้อยละ 40) โคพีพอดชนิด *C. typicus* และ *T. longicornis* กินไมโครพลาสติก

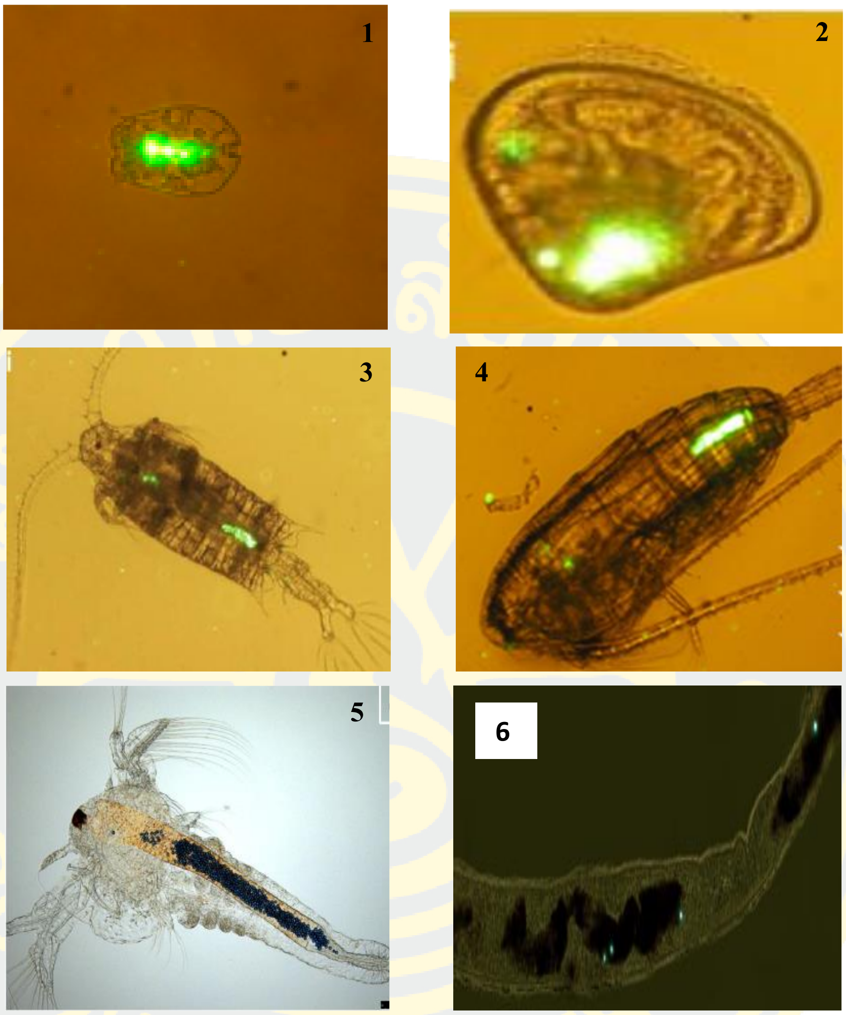
ได้ทุกขนาด ไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นไมโครพลาสติกมากกว่า 4,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร การกินสาหร่ายลดลง (Cole et al., 2013) โคพีพอดชนิด *C. helgolandicus* กินไมโครพลาสติกขนาด 20 ไมโครเมตรโดยให้กินสาหร่ายไดอะตอม ที่มีขนาดใกล้เคียงนาโนแพลงก์ตอน (*T.weissflogii* 11.6-17 ไมโครเมตร) (250 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อมิลลิลิตร) กินไมโครพลาสติกขนาด 20 ไมโครเมตร (75 อนุภาคต่อมิลลิลิตร) โดยกลุ่มควบคุมกินเฉลี่ย 51,500 เซลล์ต่อวัน เมื่อผสมไมโครพลาสติกกับแพลงก์ตอนพืชกิน 45,700 เซลล์ต่อวัน และพบว่าโคพีพอดกินไมโครพลาสติกเฉลี่ย 3,278±306 เม็ดต่อตัวต่อวัน (Cole et al., 2015) การทดลองการกินไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่และหนอนตัวกลม ให้กินเม็ดพลาสติกสามขนาด ได้แก่ 10, 30 และ 90 ไมโครเมตร พบว่าหอยแมลงภู่กินขนาดไมโครพลาสติกขนาดเดียวคือ 10 ไมโครเมตร หนอนตัวกลมกินสองขนาดได้แก่ 10 และ 30 ไมโครเมตร และพบความหนาแน่นเฉลี่ยในเนื้อเยื่อของหอยแมลงภู่เท่ากับ 2.6±0.4 อนุภาคต่อกรัมในเนื้อเยื่อหนอนตัวกลม 9.6±1.8 อนุภาคต่อกรัม 0.8±0.7 ที่ขนาด 10 ไมโครเมตร และ 30 ไมโครเมตร ตามลำดับ (Cauwenberghe, Claessens, Vandegehuchte & Janssen, 2015) ตัวอ่อนของเม่นทะเลที่กินเม็ดพลาสติกขนาด 10 และ 45 ไมโครเมตร เลี้ยงด้วยสาหร่ายไดอะตอม *P. sulcata* (10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) พบไมโครพลาสติกในตัวอ่อน 1.8 ชิ้นต่อตัว และพบมากสุดร้อยละ 31 ที่ความเข้มข้น 300 อนุภาคต่อมิลลิลิตร (Kaposi, Mos, Kelaher & Dworjanyn, 2014) ดังแสดงในตารางที่ 28

รูปร่างของไมโครพลาสติก

Botterell et al. (2020) ได้กล่าวไว้ว่ารูปร่างของไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างคล้ายกับอาหารธรรมชาติ มีผลต่อการเลือกกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์แตกต่างกัน เช่น เม็ดบีดส์คล้ายกับสาหร่ายทรงกลม เส้นใยที่คล้ายกับไดอะตอม หรือชิ้นส่วนพลาสติกที่คล้ายกับเศษอาหาร ในอาร์ทีเมียที่ให้กินเส้นใยสังเคราะห์ PP และ PET และเส้นใยธรรมชาติไลโอเซลล์ (Lyocell) ขนาด 1,000 ไมโครเมตร พบว่าเส้นใยช่วงขนาด 50 และ 100 ไมโครเมตร มีการกินมากที่สุดที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (Kim, Kim, Kim, Kim, & An, 2021) โคพีพอดชนิด *C. finmarchicus* กินไมโครพลาสติกขนาด 15 และ 30 ไมโครเมตร พบว่าโคพีพอดเลือกกินขนาด 15 ไมโครเมตรมากที่สุด โดยเม็ดบีดส์ขนาด 15 ไมโครเมตร (ร้อยละ 89) พบการกินมากกว่าชิ้นส่วนพลาสติก (ร้อยละ 67) (Vroom et al., 2017) โคพีพอด (*C. helgolandicus*, *A. tonsa*) และกุ้งล็อบเตอร์ (*H. gammarus*) ที่ให้กินเส้นใยสังเคราะห์ขนาด 20×10 ไมโครเมตร เม็ดบีดส์ขนาด 20 ไมโครเมตร และชิ้นส่วนพลาสติกขนาด 20 ไมโครเมตร ที่ความเข้มข้น 80 อนุภาคต่อมิลลิลิตร พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์สามารถกินไมโครพลาสติกทั้งสามรูปร่างได้ โดยโคพีพอดชนิด *C. helgolandicus* กินชิ้นส่วน

พลาสติกมากที่สุด (500.3±83.9 ชิ้นต่อชั่วโมง) รองลงมา เม็ดบีดส์ (144.5±38.4 เม็ดต่อชั่วโมง) และเส้นใย (251.9±134 ชิ้นต่อชั่วโมง) โคพีพอดชนิด *A. tonsa* กินเส้นใยมากที่สุด (587±.5243.4 ชิ้นต่อชั่วโมง) เม็ดบีดส์ (204.1±87.3 เม็ดต่อชั่วโมง) และชิ้นส่วนพลาสติก (471.5±196.4 ชิ้นต่อชั่วโมง) กุ้งล๊อบเตอร์จะเลือกกินไมโครพลาสติกรูปร่างเม็ดบีดส์ (1138.7±133.4 เม็ดต่อชั่วโมง) มากกว่าชิ้นส่วนพลาสติก (530.7±281.7 ชิ้นต่อชั่วโมง) และเส้นใย (402.3±45.6 ชิ้นต่อชั่วโมง) (Botterell et al., 2020) ดังแสดงในตารางที่ 28

การกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากขนาดลำตัว ขนาดอวัยวะที่ใช้ในการกิน แพลงก์ตอนสัตว์จะเลือกกินไมโครพลาสติกที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดปากซึ่งอาหารที่แพลงก์ตอนสัตว์เลือกกินส่วนใหญ่แล้วใกล้เคียงกับพิโคแพลงก์ตอนและนาโนแพลงก์ตอน และรูปร่างของไมโครพลาสติกส่งผลต่อการเลือกกินเช่นเดียวกัน เช่น โคพีพอดสามารถเลือกเหยื่อได้เมื่อสัมผัสกับไมโครพลาสติก จะหลีกเลี่ยงการกินสาหร่ายที่มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกับไมโครพลาสติก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเข้มข้นของไมโครพลาสติกเพิ่มสูงขึ้นการกินอาหารตามธรรมชาติลดลง ดังแสดงในตารางที่ 28



ภาพที่ 36 ภาพฟลูออเรนเซนต์

1. ไมโครพลาสติกขนาด 0.5 ไมโครเมตร ในโรติเฟอร์ (*B. koreanus*) (Jeong et al., 2016)

2. ไมโครพลาสติกขนาด 7.3 ไมโครเมตร ในตัวอ่อนหอยสองฝา (Cole et al., 2013)

3, 4 ไมโครพลาสติกขนาด 7.3 และ 20.6 ไมโครเมตร ในโคพีพอดกลุ่มคลานอยด์ (*C. typicus*, *C. helgolandicus*) (Cole et al., 2013)

5. ไมโครพลาสติกขนาด 10 ไมโครเมตร ในอาร์ทีเมีย (*A. salina*) (Albano et al., 2021)

6. ไมโครพลาสติกขนาด 10 ไมโครเมตร ในไมซิด (*M. relicta*) (Setala et al., 2014)

ที่มา : Jeong et al. (2016); Cole et al. (2013); Albano et al. (2021); Setala et al. (2014)

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

Species	Natural food (μm)	Microplastic			References
		Type	Size (μm)	Concentration	
โรติเฟอร์					
Brachionus koreanus	*Chlorella* sp. (2-10)	PS	0.05, 0.5, 6	0.1, 1, 10, 20 μg/mL	Jeong et al. (2016)
Brachionus plicatilis	*P. globose* (6)	PS	0.07, 0.7, 7	0, 1, 5, 10, 20 μg/mL	Sun et al. (2019)
Brachionus calycifloru	*S. elongatus* (1.40), *C. vulgaris* (2.60), Coccal green algae (4.30)	PS	1, 3, 6	$1.3\times10^{6} – 7.7\times10^{3}$ particles/mL	Drago et al. (2020)
หอยสองฝา					
Crepidula onyx (larva, juvenile)	*I. galbana* (2-3)	PS	2-5	6×10^{4}, 1.4×10^{5} particles/mL	Lo et al. (2018)

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

Species	Natural food (µm)	Microplastic			References
		Type	Size (µm)	Concentration	
อาร์ทีเมีย					
Artemia franciscana	*T. suecica* (8-12)	PS	1, 3, 6, 10	1-1,000 particles/mL	Eom et al. (2020)
Artemia salina	*D. salina* (16-24)	PS	10	1,10,10^2,10^3,10^4 mL	Albano et al. (2021)
โคพีพอด					
Acartia spp., *E .affinis, L. macrurus* Cladocera *Bosmina coregoni Maritima*, *E. nordmannii* Mysid *N. integer*, *M. mixta* , *M. relicta*	Flagellates/Uni Cellular (2-20)	PS	10	1,000, 2,000,10,000 particles/mL	Setala et al. (2014)

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

Species	Natural food (µm)	Microplastic			References
		Type	Size (µm)	Concentration	
โรติเฟอร์					
Synchaeta spp.	Flagellates/Uni	PS	10	1,000, 2,000,10,000	Setala et al.
Ciliata	Cellular (2-20)			particles/mL	(2014)
T. Lobiancoi					
Polychaetes					
Marenzelleria spp.					
โคพีพอด					
A. clause,*C. helgolandicus*	Synechococcus	PS	7.3, 20.6,	635-1×10^6 beads/mL	Cole et al.
C. typicus, *T. longicornis*	(0.8-1.5)		30.6		(2013)
	Picoeukaryotes				
	(0.2-3)				

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

Species	Natural food (µm)	Microplastic			References
		Type	Size (µm)	Concentration	
โคพีพอด					
C. helgolandicus	*T. weissflogii* (11.6-17)	PS	20	75 beads/mL	Cole et al. (2015)
หอยแมลงภู่					
Mytilus edulis หนอนตัวกลม *Arenicola marina*	*Isochrysis* sp.(5), *Pavlova* sp. (4-6), *Tetraselmis* sp., *T. weissflogii* (4-30)	PS	10, 30, 90	10-50 particles/mL	Cauwenberghe et al. (2015)
ตัวอ่อนเม่นทะเล					
Tripneustes gratilla	*P. sulcata*	PS	10-45	1, 10, 100, 300 particles/mL	Kaposi et al. (2018)

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

Species	Natural food (µm)	Microplastic			References
		Type	Size (µm)	Concentration	
อาร์ทีเมีย					
Artemia franciscana	-	Synthetic microfiber : PP, PET Natural microfiber : Lyocell	1,000	75, 125, 250, 500, 1000 mg/L	Kim et al. (2021)
โคพีพอด					
C. finmarchicus, *Pseudocalanus* spp., *A. longiremis*	-	PS: beads, frangment	15, 30 , <30	50-200 mL	Vroom et al. (2017)

ตารางที่ 28 ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ (ต่อ)

Species	**Natural food (µm)**	**Microplastic**			**References**
		Type	**Size (µm)**	**Concentration**	
โคพีพอด					
A. tonsa, *C. helgolandicus*	*C. helgolandicus* : *D. tertiolecta*, *P. micans*, *T. rotula* *A. tonsa* : *T. suecica*, *I. galbana*, *C. muelleri* (5-12)	PS : beads, fibers, fragments	20, 20×10, <20	80 particles/mL	Botterell et al. (2020)
ตัวอ่อนกุ้งล๊อบเตอร์					
H. gammarus	Forzen plankton (2,000-4,000)				

ที่มา : ดัดแปลงข้อมูลจาก Botterell et al. (2019); Bai et al. (2021)

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผล

องค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

องค์ประกอบของไมโครพลาสติก

5.1 ประเภทของไมโครพลาสติก

ผลการศึกษาองค์ประกอบของไมโครพลาสติกในครั้งนี้ เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่ง ทั้งหมด 4 ครั้ง คือ เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม ทั้งหมด 7 สถานี โดยเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำใช้วิธีการถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) ในมวลน้ำใช้วิธีการ Submerged pump (300 ไมโครเมตร) และในดินตะกอนใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน พบประเภทไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ เส้นใย (Filament), ชิ้นส่วนพลาสติก (Fragment), โฟม (Foam), ฟิล์มพลาสติก (Film), เม็ดบีดส์ (Granule) และเม็ดพลาสติก (Pellet) องค์ประกอบของไมโครพลาสติกทั้ง 6 ประเภท แหล่งที่มาน่าจะมาจากขยะบนแผ่นดิน ทั้งนี้เนื่องจากมีลักษณะขององค์ประกอบคล้ายกับขยะพลาสติกขนาดใหญ่ เมื่อขยะพลาสติกไม่ได้กำจัดอย่างถูกวิธี ลงสู่ในแหล่งน้ำเกิดการเสื่อมสภาพและแตกออกเป็นชิ้นพลาสติกขนาดเล็ก (Fragmentation) เช่น เส้นใยที่มีลักษณะหลุดจากเสื้อผ้าและเชือก ชิ้นส่วนพลาสติกที่มาจากการแตกของขวดน้ำพลาสติก หลอดพลาสติก โฟมที่แตกจากกล่องโฟมบรรจุอาหาร ฟิล์มพลาสติกที่มาจากการแตกของถุงพลาสติก เม็ดบีดส์ที่มาจากผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ผลิตภัณฑ์ล้างหน้า ขจัดเซลล์ผิว เครื่องสำอาง และเม็ดพลาสติกที่มาจากการอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาที่ทะเลมามาร์รา ประเทศตุรกี (Tuncer, Artuz, Demirkol, & Artuz, 2018) เก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 5 ประเภท ไม่พบประเภทเม็ดพลาสติก เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาแตกต่างกัน เก็บตัวอย่างในทะเลระยะทางห่างจากฝั่งประมาณ 100 กิโลเมตร ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างห่างจากชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่เก็บเพียงครั้งเดียว รวมถึงวิธีการศึกษาเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำเพียงวิธีเดียวคือใช้วิธีการถุงลาก Manta ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 วิธีการ และเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งในน้ำและในดินตะกอน และการศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ประเทศเกาหลีใต้ (Kang, Kwon, Lee, Song, & Shim, 2015) เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำโดย

ใช้ถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) และ Hand net (50 ไมโครเมตร) พบประเภทไมโครพลาสติกทั้งหมด 5 ประเภท ไม่พบประเภทเม็ดบีดส์ ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษา เป็นบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้อยู่ระหว่างทะเลเหลือง ประเทศจีน และทะเลประเทศญี่ปุ่น และเก็บตัวอย่างใกล้ปากแม่น้ำ วิธีการเก็บไมโครพลาสติก และจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 วิธีการ และจำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง การศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดระยอง (พรปรีณัน ดอนสมจิตร, พนิดา ปรารัตน์, ภานุช หงษ์สวัสดิ์, และบพิธ ฉุยฉาย, 2563) เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำโดยใช้บีกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาด 5 ลิตร และในดินตะกอนใช้การวางกรอบเก็บตัวอย่างขนาด 50×50 เซนติเมตร พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 ประเภท ซึ่งพบประเภทไมโครพลาสติกชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ (Irregular) แตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษา เก็บไมโครพลาสติก บริเวณชายหาดทั้งหมด 3 หาด (เขาแหลมหญ้า หาดบ้านเพ และหาดพลา) แต่การศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างห่างจากฝั่ง 1 กิโลเมตร และเก็บทั้งหมด 7 สถานี อีกทั้งวิธีการศึกษาในน้ำที่ใช้บีกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ในดินตะกอนวางกรอบเก็บตัวอย่างในแนวน้ำขึ้น น้ำลง แตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ เก็บตัวอย่างในน้ำ 2 วิธีการ คือใช้ถุงลาก Manta และ Submerged pump และในดินตะกอนใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน และการศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดจันทบุรี (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา, 2557) เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดคุ้งวิมานและหาดเจ้าหลาว โดยการวางกรอบเก็บตัวอย่างและในดินตะกอนใช้ Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 ประเภท โดยประเภทไมโครพลาสติกที่แตกต่างจากครั้งนี้คือชิ้นส่วนไม่มีรูปแบบ อาจจะเนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษาที่เป็นบริเวณชายหาด จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง รวมถึงวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน ใช้กรอบเก็บตัวอย่างและ Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างในดินตะกอนโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน ถึงแม้ว่าวิธีการการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์ จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่าง และบริเวณพื้นที่ศึกษาแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบประเภทของไมโครพลาสติกใกล้เคียงกันเนื่องจากแหล่งที่มาของขยะพลาสติกตั้งต้น (Primary plastic) เป็นประเภทไมโครพลาสติกประเภทเดียวกัน แต่ผลการศึกษาในครั้งนี้พบประเภทของไมโครพลาสติกมากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาดังนี้ การศึกษาในทะเลบอลติกประเทศสวีเดน (Schonlau et al., 2020) เก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) และปั๊มน้ำขนาดช่องตามากกว่าหรือเท่ากับ 300 ไมโครเมตร และ 50 ไมโครเมตร พบไมโครพลาสติก 1 ประเภท คือเส้นใย อาจจะเนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาที่เก็บในทะเลห่างจากฝั่งประมาณ 200 กิโลเมตร อีกทั้งเก็บตัวอย่างจำนวน 12 สถานี ทั้งหมด 1 ครั้ง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างใกล้

ชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร ทั้งหมด 4 ครั้ง จำนวน 7 สถานี และวิธีการศึกษาที่ครอบคลุม ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งในน้ำและในดินตะกอน จึงทำให้พบประเภทของไมโครพลาสติกมากกว่าการศึกษาที่ผ่านมา การศึกษาบริเวณเกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย (Syakti et al., 2018) เก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลาก Manta มี 4 ขนาดช่องตา (1,000-5,000, 500-1,000, 300-500, 100-300 ไมโครเมตร) พบประเภทไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ประเภท ไม่พบประเภทโฟมและเม็ดพลาสติก เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาที่เป็นเกาะขนาดเล็ก วิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 วิธีการ เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งในน้ำและในดินตะกอน อีกทั้งจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่น้อยกว่าการศึกษาครั้งนี้คือเก็บตัวอย่างเพียง 1 ครั้ง จำนวน 11 สถานี และการศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดสงขลา (สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์, สายสิริ ไชยชนะ, ฉัตรฑริกา แซ่อึ้ว, ธัญญารัตน์ คงทอง, และอภิสิทธิ์ อินทภาพ, 2020) เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในแนวน้ำขึ้น น้ำลง บริเวณชายหาดในตำบลเกาะแต้วและตำบลเขารูปช้าง โดยการวางกรอบเก็บตัวอย่าง พบไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ประเภท ไม่พบประเภทฟิล์มพลาสติกและเม็ดบีดส์ เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา เป็นบริเวณชายหาด จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่าง ที่เก็บตัวอย่างเพียง 1 ครั้ง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง รวมถึงวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ที่ใช้กรอบเก็บตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน จึงทำให้พบประเภทของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ (ตารางที่ 29)

จากผลการศึกษาประเภทของไมโครพลาสติกในการศึกษาครั้งนี้พบเส้นใยเป็นประเภทเด่นในทุกเดือน ทั้งตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำและในดินตะกอน ซึ่งเส้นใยที่พบจากการวิเคราะห์ลักษณะเหมือนเส้นด้ายที่ขาด หรือเศษเชือกที่หลุดออกมา และลักษณะเหมือนเส้นเอ็นที่ใช้ในการตกปลา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา แหล่งที่มาของเส้นใยอาจจะมาจากเศษเสื้อผ้าที่หลุดจากการซักล้าง เส้นใย 1,900 ชิ้น สามารถหลุดออกได้จากการซักล้างเสื้อผ้าเพียงชิ้นเดียว (Browne et al., 2011) Napper& Thompson (2016) ได้ทำการทดลองการหลุดออกของเส้นใยประเภทต่างๆ จากเสื้อผ้าโดยการซักด้วยเครื่องซักผ้า พบว่าเส้นใยหลุดออกจากน้ำทิ้งถึงประมาณ 700,000 ชิ้น ได้มีการประมาณการไว้ว่าเส้นใยที่หลุดจากการซักล้าง จากประชากร 100,000 คน จะมีเส้นใยหลุดออกมาสู่สิ่งแวดล้อมประมาณ 1.02 กิโลกรัม ในแต่ละวัน หรือประมาณ 360 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (Hartline et al., 2016) และเศษเชือกที่แตกหรือหลุดออกจากกิจกรรมทางทะเล เช่น การเพาะเลี้ยงหอย อุปกรณ์การทำประมง ท่าเรือ และการท่องเที่ยว เป็นต้น (Schoulau et al., 2020; พรปีฉัน ดอนสมจิตร และคณะ, 2563; สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลนและคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา, 2557; สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และคณะ, 2563)

แต่แตกต่างจากการศึกษาที่เกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย (Syakti et al., 2018) ที่เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta ขนาด 4 ช่องตา (1,000-5,000, 500-1,000, 300-500, 100-300 ไมโครเมตร) การศึกษาที่ทะเลมาร์มารา ประเทศตุรกี (Tuncer et al., 2018) เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) และบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศเกาหลีใต้ (Kang et al., 2015) เก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) และ Hand net (50 ไมโครเมตร) พบชิ้นส่วนพลาสติกเป็นประเภทเด่น เนื่องมาจากแหล่งที่มาของพลาสติกตั้งต้นเช่น ถุงพลาสติก หลอดดื่มน้ำ ขวดพลาสติก และช้อนส้อมพลาสติก เป็นต้น (International coastal cleanup, 2019) เมื่อแตกออกจากขนาดใหญ่มีลักษณะการแตกออกเป็นชิ้นๆ ขนาดเล็ก ไม่ได้แตกออกมาลักษณะเป็นเส้นใย

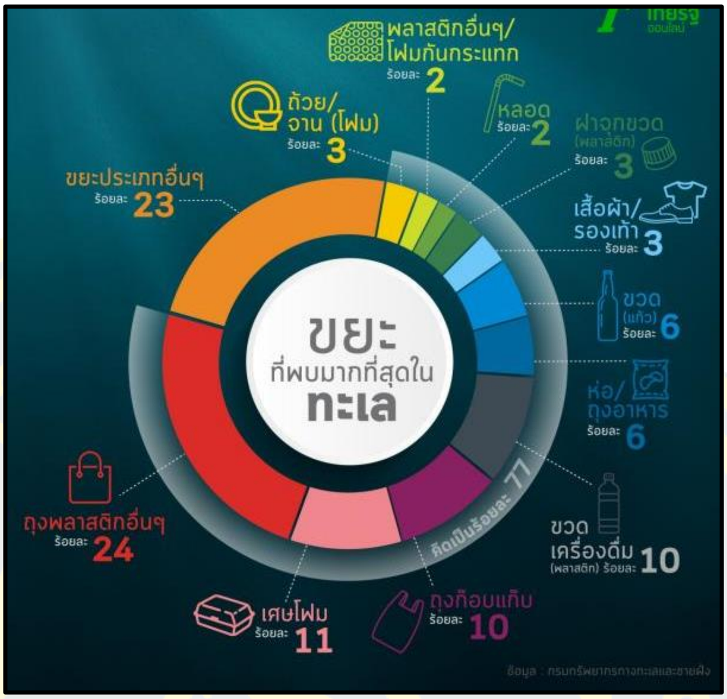
5.2 ขนาดและสีของไมโครพลาสติก

จากการศึกษาในครั้งนี้พบขนาดของไมโครพลาสติกในน้ำและในดินตะกอนมีหลายขนาด โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 300 ไมโครเมตร และ 330 ไมโครเมตร ขนาดของไมโครพลาสติกที่พบจะมีขนาดใหญ่กว่า 300 ไมโครเมตร ขนาดเล็กกว่า 300 ไมโครเมตร จะหลุดออกไปจากถุงกรองแพลงก์ตอน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พบขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 100-2,000 ไมโครเมตร ซึ่งการพบขนาดเล็กคือ 100 ไมโครเมตร อาจจะมาจากการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอน โดยนำน้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมากรองด้วยกระดาษกรอง (GF/C) ซึ่งมีขนาดช่องตา 1.2 ไมโครเมตร จึงอาจทำให้พบขนาด 100 ไมโครเมตรได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาที่เกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย (Syakti et al., 2018) พบตัวอย่างไมโครพลาสติกขนาด 1,000-5,000 ไมโครเมตร เมื่อนำไปวิเคราะห์พบขนาดไมโครพลาสติกมีความใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้คืออยู่ในช่วง 100-1,000 ไมโครเมตร มากที่สุด เก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta ออกแบบให้ มี 4 ขนาดช่องตา เพื่อที่จะสามารถรวบรวมตัวอย่างไมโครพลาสติกได้หลายขนาด (1,000-5,000, 500-1,000, 300-500, 100-300 ไมโครเมตร) การศึกษาในครั้งนี้พบขนาดไมโครพลาสติกขนาดใหญ่กว่าการศึกษาที่ทะเลบอลติก ประเทศสวีเดน (Schoulau et al., 2020) ซึ่งพบขนาดไมโครพลาสติก 50-300 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) และปั๊มน้ำขนาดช่องตามากกว่าหรือเท่ากับ 300 ไมโครเมตร และ 50 ไมโครเมตร ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 วิธีการ และจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่มากกว่า จึงทำให้พบขนาดไมโครพลาสติกขนาดใหญ่กว่า การศึกษาในครั้งนี้พบขนาดไมโครพลาสติกขนาดเล็กกว่าการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้ การศึกษาที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศเกาหลีใต้ (Kang et al., 2015) พบขนาดไมโครพลาสติกขนาด 2,000-5,000, 5,000-25,000, มากกว่า 25,000 ไมโครเมตร ซึ่งพบขนาดน้อยกว่า 2,000 ไมโครเมตร มากที่สุด เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติก

ในน้ำโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) และ Hand net (50 ไมโครเมตร) โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง คือก่อนฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) และหลังฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) เนื่องจากวิธีการศึกษาที่ต่างกันและจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกครอบคลุมทั้งในน้ำและในดินตะกอนทั้งหมด 4 ครั้ง (เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม) การศึกษาที่ทะเลมาร์มารา ประเทศตุรกี (Tuncer et al., 2018) พบขนาดไมโครพลาสติก 1,000-4,000 ไมโครเมตร มากที่สุด เก็บตัวอย่างโดยใช้ถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) เนื่องจากวิธีการศึกษา จำนวนครั้ง และช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกครอบคลุมทั้งในน้ำและในดินตะกอน ใช้วิธีการศึกษา 3 วิธีการและเก็บตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง การศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดจังหวัดระยอง (พรปีฌันดอนสมจิตร และคณะ, 2563) พบขนาดไมโครพลาสติก 100-500 ไมโครเมตร พบมากที่สุดทั้งในน้ำและในดินตะกอน รองลงมาขนาด 1,000-5,000 ไมโครเมตร และขนาด 500-1,000 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำใช้บีกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาด 5 ลิตร และในดินตะกอนใช้การวางกรอบเก็บตัวอย่าง ขนาด 50×50 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณที่ศึกษาที่เป็นบริเวณชายหาด อุปกรณ์และวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน เก็บตัวอย่างในน้ำโดยใช้บีกเกอร์ตักที่ผิวน้ำลึกประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วนำมากรองผ่านตะแกรงขนาดช่องตา 75 ไมโครเมตร และในดินตะกอนวางกรอบเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง (เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน และเดือนตุลาคม) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างห่างออกจากชายฝั่งไปประมาณ 1 กิโลเมตร ใช้ 3 วิธีการในการศึกษา ในน้ำใช้วิธีการถุงลาก Manta ลากผิวน้ำ Submerged pump เก็บในมวลน้ำ ความลึกประมาณ 1 เมตร และมีความลึกสุดประมาณ 10 เมตร ที่สถานีเกาะสีชัง และในดินตะกอนเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน เก็บตัวอย่างทั้งหมด4 ครั้ง การศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดจังหวัดจันทบุรี (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา, 2557) พบขนาดไมโครพลาสติกหลายขนาดตั้งแต่ 20-5,000 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างโดยใช้ Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว และวางกรอบเก็บตัวอย่างในแนวน้ำขึ้น น้ำลง เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่าง จำนวนครั้ง รวมทั้งอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในน้ำด้วย 2 วิธีการ คือ ถุงลาก Manta และ Submerged pump ในดินตะกอนเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกโดยใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน เก็บตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง คือ เดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม ส่งผลให้พบขนาดไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ และการศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดจังหวัดสงขลา (สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และคณะ, 2563) พบขนาด ไมโครพลาสติก 20-5,000 ไมโครเมตร เก็บตัวอย่างไมโครพลาสตกในดินตะกอนโดยวิธีการวางกรอบเก็บตัวอย่างในแนวน้ำ

ขึ้น น้ำลง ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา วิธีการเก็บตัวอย่าง และจำนวนครั้ง ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาในครั้งนี้ เก็บตัวอย่างห่างจากชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร และใช้วิธีการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้งหมด 3 วิธีการ คือถุงลาก Manta Submerged pump และเครื่องมือเก็บดินตะกอน อีกทั้งจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันส่งผลให้พบขนาดของไมโครพลาสติก แตกต่างกันได้ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง มากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาที่เก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว (ตารางที่ 29)

และการศึกษาในครั้งนี้จำแนกสีของไมโครพลาสติกใน 3 วิธีการ ได้ทั้งหมด 8 สี คือ สีใส สีแดง สีดำ สีขาว สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล และสีเหลือง โดยส่วนมากพบสีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว ซึ่งคาดว่าสีของไมโครพลาสติกที่พบในทะเลมาจากขยะบนแผ่นดินที่อาจมาจากการหลุดออกจากเศษเสื้อผ้า เศษเชือก การแตกออกของถุงพลาสติก ขวดเครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานด้านทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งที่พบว่าขยะที่ไหลลงทะเลส่วนใหญ่แล้วเป็นขยะพลาสติกที่มาจากในแผ่นดินถึงร้อยละ 80 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) เช่น ถุงพลาสติก (ร้อยละ 24) เศษโฟม (ร้อยละ 11) ขวดเครื่องดื่ม (ร้อยละ 10) ขวดแก้ว (ร้อยละ 6) ถุงห่ออาหาร (ร้อยละ 6) เสื้อผ้าหรือรองเท้า (ร้อยละ 3) หลอดหรือที่คนเครื่องดื่ม (ร้อยละ 2) (ภาพที่ 37) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาดังนี้ การศึกษาไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดจังหวัดระยอง (พรปีฌัน ดอนสมจิตร และคณะ, 2563) พบทั้งหมด 9 สี สีที่พบเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้คือสีม่วง โดยพบสีขาวและสีน้ำเงินมากที่สุด และการศึกษาที่เกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย (Syakti et al., 2018) พบทั้งหมด 8 สี สีที่พบเพิ่มเติมจากการศึกษาครั้งนี้คือสีม่วง โดยพบสีแดงและสีน้ำเงินมากที่สุด การศึกษาในครั้งนี้พบสีของไมโครพลาสติกมากกว่าการศึกษาที่ทะเลบอลติก ประเทศสวีเดน (Schoulau et al., 2020) ซึ่งพบสีดำ สีขาว และสีน้ำเงิน แต่พบสีของไมโครพลาสติกน้อยกว่าการศึกษาที่บริเวณชายหาดจังหวัดจันทบุรี (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา, 2557) ซึ่งพบทั้งหมด 12 สี สีที่พบเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้คือสีเทา สีชมพู สีส้ม สีม่วง และสีขาวขุ่น โดยพบสีขาวขุ่นและสีใสมากที่สุด การศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดสงขลา (สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และคณะ, 2563) พบทั้งหมด 11 สี สีที่พบเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้คือสีฟ้า สีเทา สีส้ม และสีม่วง โดยพบสีขาวมากที่สุด และการศึกษาที่ทะเลมาร์มารา ประเทศตุรกี (Tuncer et al., 2018) พบทั้งหมด 15 สี สีที่พบเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้คือสีเทา สีชมพู สีส้ม สีครีม สีฟ้า สีม่วง และสีขาวขุ่น โดยพบสีขาวมากที่สุด การพบสีของไมโครพลาสติกที่หลายสีนั้นแสดงว่าแหล่งที่มาของพลาสติกตั้งต้นมีความหลากหลาย เมื่อมีการแตกออกและสะสมในสิ่งแวดล้อมจึงทำให้พบหลายสี (ตารางที่ 29)



ภาพที่ 37 ประเภทขยะที่พบมากที่สุดในทะเล

ที่มา : https://www.thairath.co.th/scoop/theissue/2037841

BURAPHA UNIVERSITY

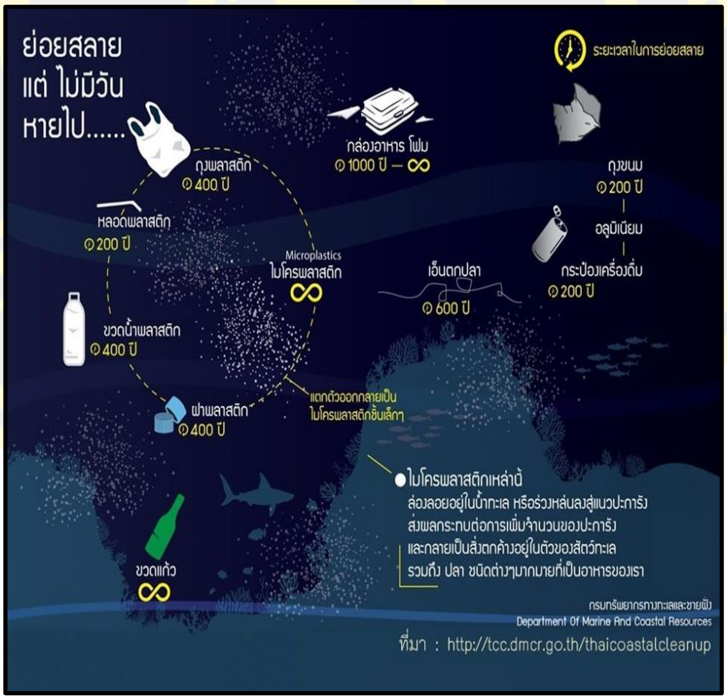
5.3 ชนิดของไมโครพลาสติก

การศึกษาในครั้งนี้พบชนิดพลาสติกทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ พอลิโพรไพลิน พอลิเอทิลีน พอลิเอสเตอร์ และพอลิเอไมด์ ชนิดพลาสติกที่พบเป็นพลาสติกที่ถูกสังเคราะห์ใช้งานในชีวิตประจำวัน เช่น เสื้อผ้าที่ถูกผลิตจากพลาสติกพอลิเอสเตอร์ พอลิโพรไพลีน นำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหาร ฝาขวดน้ำ เชือก พอลิเอทิลีนผลิตเป็นขวดน้ำ ถุงพลาสติก พอลิเอไมด์หรือชื่อในการค้าคือไนลอน นำมาผลิตเป็นเสื้อผ้า ขวดนมเด็ก เป็นต้น (Coyle, Hardiman, & Driscoll, 2020) ซึ่งผลการศึกษาใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้ การศึกษาที่เกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย (Syakti et al., 2018) พบพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลีน และพอลิสไตรีน การศึกษาที่ทะเลบอลติก ประเทศสวีเดน (Schoulau et al., 2020) พบพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พอลิโพรไพลิน พอลิเอทิลีน พอลิสไตรีน และพอลิเอไมด์ การศึกษาที่ทะเลมาร์มาราประเทศตุรกี (Tuncer et al., 2018) พบพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลิน พอลิสไตรีน และพอลิไวนิลคลอไรด์ การศึกษาที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศเกาหลีใต้ (Kang et al., 2015) พบชนิดพลาสติกทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ พอลิเอสเตอร์ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลิน พอลิสไตรีน และอัลคิด (Alkyd) และการศึกษาที่บริเวณชายหาดจังหวัดระยอง (พรปิณัน คอนสมจิตร และคณะ, 2563) พบชนิดพลาสติกทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลิน และพอลิสไตรีน (ตารางที่ 29) เนื่องจากวัสดุตั้งต้นการผลิตพลาสติกสังเคราะห์เป็นรูปแบบเดียวกัน ซึ่งพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลิน และพอลิสไตรีน ถูกผลิตนำมาใช้ถึงร้อยละ 29.7 ร้อยละ 19.3 และร้อยละ 6.4 ตามลำดับ (Soares, Miguel, Venancio, Lopes, & Oliveira, 2020)

ลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติก

โดยสังเกตุได้ว่าลักษณะพื้นผิวของไมโครพลาสติกเมื่อวิเคราะห์ด้วย SEM เห็นการเสื่อมสภาพของพื้นผิวที่มีลักษณะไม่เหมือนกัน เช่น เส้นใย ที่มองเห็นรอยการหักหรือการหลุดออกและขอบผิวที่ไม่เรียบ พื้นผิวมีรอยแตกพบในไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกและฟิล์มพลาสติก (ภาพที่ 22) อาจเกิดจากช่วงเวลาที่อยู่ในธรรมชาติและกระบวนการผุกร่อนจากความร้อน ความเค็ม คลื่นลม และสิ่งมีชีวิตที่ทำให้พลาสติกขนาดใหญ่แตกออกเป็นพลาสติกชิ้นเล็กๆ อีกทั้งพลาสติกใช้ระยะ เวลาในการย่อยสลายนาน เช่น หลอดพลาสติก ถุงขนม กระป๋องเครื่องดื่ม ใช้เวลาในการย่อยสลาย 200 ปี ถุงพลาสติก ขวดน้ำพลาสติก ฝาขวดพลาสติก ที่ใช้เวลาในการย่อยสลายถึง 400 ปี เศษอวน ใช้ระยะเวลาย่อยสลาย ถึง 600 ปี และกล่องโฟม ที่ใช้เวลาในการย่อยสลาย 1,000 ปี

ขึ้นไป (ภาพที่ 38) ซึ่งแสดงได้ว่าการแตกหรือการหลุดออกของไมโครพลาสติกได้อยู่ในมวลน้ำมานานแล้วระยะหนึ่ง นอกจากนี้ไมโครพลาสติกอาจเป็นตัวกลางในการสะสมสารเคมีในสิ่งแวดล้อม เช่น สารพิษอินทรีย์ที่ตกค้างมายาวนาน และสารเติมแต่งที่ใช้ในการผลิตพลาสติก (Andrady, 2011) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในไขมัน Vroom et al. (2017) ได้ทำการทดลองการกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ โดยนำเม็ดพลาสติกแช่ในน้ำทะเลเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าโคพีพอดเลือกกินเม็ดพลาสติกที่แช่ในน้ำทะเลเป็นเวลา 3 สัปดาห์ มากกว่าเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้แช่ในน้ำทะเล การแตกออกของไมโครพลาสติกจากกระบวนการธรรมชาติและสิ่งมีชีวิต ทำให้ไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กลงไปเรื่อยๆ ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตนำเข้าไปในร่างกายได้ง่าย และเมื่อไมโครพลาสติกใช้เวลานานในการย่อยสลายนาน การสะสมสารพิษในสิ่งแวดล้อมอาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต เป็นต้น



ภาพที่ 38 ระยะเวลาย่อยสลายของขยะประเภทต่างๆ

ที่มา : https://www.dmcr.go.th/infoAll/191

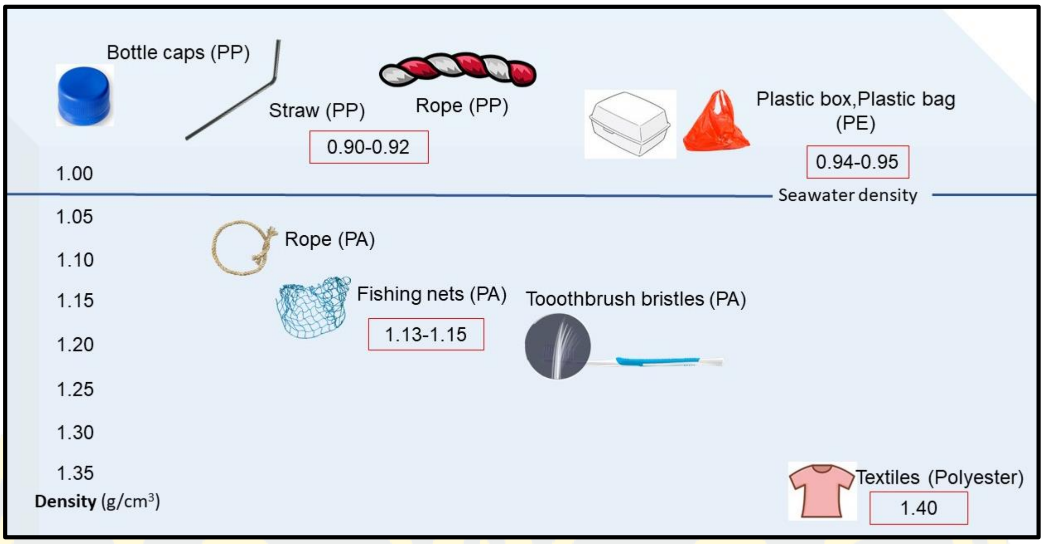
ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

ผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในครั้งนี้ พบความหนาแน่นเฉลี่ยในน้ำอยู่ในช่วง 13.80-69 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในน้ำที่พบมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา โดยพบความหนาแน่นมากในเดือนธันวาคม และพบความหนาแน่นน้อยในเดือนมีนาคม ทั้งนี้ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกสอดคล้องกับแหล่งที่มาจากขยะบนแผ่นดิน ซึ่งในปีพ.ศ. 2563 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 25.37 ล้านตัน ประมาณ 69,322 ตันต่อวัน นำกลับมาใช้ประโยชน์ 8.36 ล้านตัน หรือประมาณ 22,834 ตันต่อวัน (ร้อยละ 33) และขยะที่จำกัดไม่ถูกต้อง 7.88 ล้านตัน ประมาณ 21,526 ตันต่อวัน (ร้อยละ 33) และพบขยะพลาสติกที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเพิ่มมากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยที่ขยะที่ถูกพบในทะเลส่วนใหญ่แล้วเป็นขยะพลาสติกตกค้างประมาณ 340,000 ตัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง เช่น ในฤดูฝน (เดือนกันยายน) ที่มีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก จะพัดพาขยะจากแผ่นดินลงมาในทะเลจำนวนมาก การไหลเวียนของกระแสน้ำที่พัดพาขยะไมโครพลาสติกแพร่กระจายไปสะสมในบริเวณต่างๆ แตกต่างกัน เมื่อเปลี่ยนฤดูกาลเป็นฤดูร้อน (เดือนมีนาคม) ปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ทะเลน้อยลง ส่งผลให้การพัดพาขยะจากแผ่นดินน้อยลงด้วย สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา (2557) ได้กล่าวไว้ว่า อิทธิพลของกระแสน้ำมีผลต่อการสะสมไมโครพลาสติกในบริเวณชายหาดแตกต่างกัน ซึ่งชายหาดคุ้งวิมานพบการสะสมของไมโครพลาสติกมากกว่าบริเวณชายหาดเจ้าหลาว และพบความหนาแน่นในฤดูฝนมากกว่าในฤดูร้อน ลักษณะของพื้นที่ที่ทำการศึกษามีแหล่งกิจกรรมแตกต่างกัน เช่น แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งท่องเที่ยว การทำประมง และการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของไมโครพลาสติกโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta พบความหนาแน่นเท่ากับ 13.80-21.26 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร พบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นในแต่ละเดือนใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 23) เนื่องจากองค์ประกอบของไมโครพลาสติกที่พบเป็นชนิดมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เช่น เส้นใยที่ผลิตจากพลาสติกพอลิโพรไพลีน ชิ้นส่วนพลาสติกที่ผลิตจากพลาสติกพอลิโพรไพลีนและพอลิเอทิลีน แต่วิธีการเก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump พบความหนาแน่นเท่ากับ 25-69 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 24) เนื่องจากองค์ประกอบของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบเป็นพลาสติกชนิดที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ เช่น เส้นใย เส้นเชือก และเส้นเอ็น เป็นต้น (ภาพที่ 39) และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีค่อนข้างใกล้เคียงกันไม่ค่อยพบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นในวิธีการถุงลาก Manta และ Submerged pump

เนื่องจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 สถานี เก็บห่างจากบริเวณชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร โดยที่สถานีเกาะสีชัง เก็บห่างจากบริเวณชายฝั่งมากกว่า 1 กิโลเมตร จึงอาจทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีใกล้เคียงกัน

ซึ่งผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในครั้งนี้พบว่าแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้ Tuncer et al. (2018) ที่ทำการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณทะเลมาร์มารา ประเทศตุรกี พบความหนาแน่นเฉลี่ย 12.63 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้วิธีการถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) Schoulau et al. (2020) ทำการศึกษาที่ทะเลบอลติก ประเทศสวีเดน พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในวิธีการถุงลาก Manta (333 ไมโครเมตร) 0.10 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร และ 3.82 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในปั๊มน้ำขนาดช่องตา 300 ไมโครเมตร และขนาดช่องตา 50 ไมโครเมตร ตามลำดับ Syakti et al. (2018) ศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณเกาะบินตัน ประเทศอินโดนีเซีย พบความหนาแน่นเฉลี่ย 0.13-0.94 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้วิธีการถุงลาก Manta มี 4 ขนาดช่องตา (1,000-5,000, 500-1,000, 300-500, 100-300 ไมโครเมตร) Kang et al. (2015) ทำการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศเกาหลีใต้ พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.62 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร และ 57 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคม ตามลำดับ เก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีการถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) และพบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.64 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร และ 860 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคม ตามลำดับ เก็บตัวอย่างโดยใช้ Hand net (50 ไมโครเมตร) ตักน้ำที่ผิวน้ำลึกประมาณ 20 เซนติเมตร และการศึกษา ของพรปีฌัน ดอนสมจิตร และคณะ (2563) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกที่บริเวณชายหาดจังหวัดระยอง พบความหนาแน่นเฉลี่ย 1,985.19 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้บีกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาด 5 ลิตร ตักน้ำที่ผิวน้ำลึกประมาณ 20 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ทำการศึกษาแตกต่างกัน ส่วนใหญ่แล้วเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกห่างไกลจากบริเวณชายฝั่ง ปริมาณขยะไมโครพลาสติกจะพบบริเวณใกล้ชายฝั่งมากกว่าบริเวณไกลจากชายฝั่ง เนื่องจากห่างไกลจากกิจกรรมบนแผ่นดิน เช่น แหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน และการท่องเที่ยว เป็นต้น (Tuncer et al., 2018; Schoulau et al., 2020) และการเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะ (Syakti et al., 2018) ส่งผลให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ บริเวณเก็บตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นคาบมหาสมุทรถูกกั้นด้วยทะเลเหลือง ประเทศจีน และทะเลประเทศญี่ปุ่น (Kang et al., 2015) ซึ่งมีแหล่งที่มาของขยะไมโครพลาสติกตั้งต้นจากหลายกิจกรรม เช่น อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นต้น หรือการเก็บตัวอย่างบริเวณชายหาดในแนวน้ำขึ้น น้ำลง (พรปีฌัน ดอนสมจิตร และคณะ, 2563) โดยบริเวณชายหาดได้รับอิทธิพลของคลื่น ส่งผลต่อการแตกออกของ

ขยะไมโครพลาสติกได้มากขึ้น จึงทำให้สะสมในบริเวณชายหาดเป็นจำนวนมาก ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างห่างจากบริเวณชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร จึงอาจทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ รวมถึงวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน เช่น การตักน้ำที่ความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วนำมากรองผ่านถุงกรอง Hand net (50 ไมโครเมตร) หรือใช้บีกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ขนาด 5 ลิตร ตักน้ำที่ผิวน้ำลึกประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วนำมากรองผ่านตะแกรงอะลูมิเนียม ช่องตาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 ไมโครเมตร ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างด้วย 2 วิธีการ คือถุงลาก Manta (330 ไมโครเมตร) ลากในผิวน้ำ และเก็บในมวลน้ำใช้วิธีการ Submerged pump ที่มีถุงกรองขนาดช่องตา 300 ไมโครเมตร จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้พบความหนาแน่นแตกต่างกันและจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันส่งผลให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ เช่น การศึกษาของ Tuncer et al. (2018) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 1 ครั้ง จำนวน 18 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 18 ตัวอย่าง การศึกษาของ Schoulau et al. (2020) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 1 ครั้ง จำนวน 12 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 12 ตัวอย่าง การศึกษาของ Syakti et al. (2018) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 1 ครั้ง จำนวน 11 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง จำนวน 7 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 28 ตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่น้อย ทำให้ได้จำนวนตัวอย่างที่น้อยไปด้วย และพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ แต่ในขณะเดียวกันจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่น้อยก็มีโอกาสพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในปริมาณที่มากได้เช่นกัน เช่น การศึกษาของ Kang et al. (2015) ที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง จำนวน 20 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 40 ตัวอย่าง และการศึกษาของพรปิณัน ดอนสมจิตร และคณะ (2563) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง จำนวน 9 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกที่แตกต่างกัน จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างอาจมีผลต่อความหนาแน่นแต่ไม่ได้เสมอไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของขยะพลาสติก บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา อุปกรณ์และวิธีการเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 29) นอกจากนี้ระบบการจัดการขยะบนแผ่นดินที่มีประสิทธิภาพ การจัดการคัดแยกขยะก่อนกำจัดทิ้ง หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปริมาณขยะตกค้างในสิ่งแวดล้อม เช่น ในประเทศสวีเดน มีระบบคัดแยกขยะเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่สามารถคัดแยกขยะจากครัวเรือนเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ถึงร้อยละ 46 (https://sweden.se) และการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ เช่น พลาสติกที่ผลิตจากพลาสติก PET ขวดอะลูมิเนียม นำกลับมาใช้ใหม่ได้ถึงร้อยละ 90 (Rajendran & Taherzadeh, 2013) ซึ่งในประเทศไทยมีการจัดการขยะอย่างถูกวิธีประมาณร้อยละ 39 และการนำกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 33 (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ถ้าประเทศไทยมีระบบการจัดการกำจัดขยะบนแผ่นดินที่มีประสิทธิภาพ อาจจะพบปริมาณขยะตกค้างและถูกพัดพาลงสู่ในทะเลได้น้อยลง



ภาพที่ 39 ความหนาแน่นของพลาสติกแต่ละชนิด

ที่มา : ดัดแปลงข้อมูลจาก Coyle et al. (2020)

ผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในครั้งนี้พบความหนาแน่นเฉลี่ยในดินตะกอนอยู่ในช่วง 50-187.40 ชิ้นต่อกิโลกรัม ซึ่งความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนที่พบสังเกตได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 25) ซึ่งพบความหนาแน่นมากในเดือนกันยายน และพบความหนาแน่นน้อยที่สุดในเดือนมีนาคม โดยผลการศึกษาความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันเนื่องจาก อิทธิพลของการไหลเวียนของกระแสน้ำ การเปลี่ยนฤดูกาล ซึ่งในเดือนกันยายนที่พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมากเป็นช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ทะเล รวมทั้งพัดพาขยะและตะกอน ลงสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก แต่พบความหนาแน่นน้อยในเดือนมีนาคมซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลเป็นฤดูร้อน ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่อ่าวไทยปริมาณน้อย ทำให้การพัดพาขยะลงสู่ทะเลจำนวนน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (2557) พบว่าในช่วงฤดูฝนการสะสมของไมโครพลาสติกมีจำนวนมาก เนื่องจากกระแสน้ำพัดพาขยะพลาสติกจากที่อื่นมาสะสมบริเวณชายหาดมีจำนวนมาก และการเปลี่ยนแปลง

ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีพบความหนาแน่นค่อนข้างใกล้เคียงกัน เนื่องจากสถานีเก็บตัวอย่างอยู่ไม่ห่างกันมาก และเก็บใกล้บริเวณชายฝั่ง จึงทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างไม่ค่อยแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมาพบความหนาแน่นแตกต่างกันจากการศึกษาของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา (2557) ที่ทำการศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดจันทบุรี พบความหนาแน่นเฉลี่ยบนชายหาดเจ้าหลาวเท่ากับ 103 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 272 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ และหาดคุ้งวิมานพบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 174 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 153 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ ในตะกอนดินชายหาดเจ้าหลาวเท่ากับ 54 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 42 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ และในตะกอนดินชายหาดคุ้งวิมาน พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 43 ชิ้นต่อกิโลกรัม และ 40 ชิ้นต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ เก็บตัวอย่างในแนวน้ำขึ้น น้ำลง โดยใช้วิธีการวางกรอบเก็บตัวอย่างและใช้ Core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เก็บตัวอย่างดินลึก 20 เซนติเมตร การศึกษาของพรปีฉัน ดอนสมจิตร และคณะ (2563) ที่ทำการศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดระยอง พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 235.56 ชิ้นต่อกิโลกรัม เก็บตัวอย่างในแนวน้ำขึ้น น้ำลง โดยใช้วิธีการวางกรอบเก็บตัวอย่าง และการศึกษาของสิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และคณะ (2563) ที่ทำการศึกษาบริเวณชายหาดจังหวัดสงขลา พบความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 291 ชิ้นต่อกิโลกรัม โดยใช้วิธีการวางกรอบเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษาเป็นบริเวณชายหาดอยู่ใกล้แหล่งกิจกรรมของการท่องเที่ยวและแหล่งชุมชน ได้รับอิทธิพลของคลื่นพัดพาขยะที่กำจัดไม่ถูกวิธีเข้ามาสะสมในบริเวณชายหาดเป็นจำนวนมาก อีกทั้งการกระทำของคลื่นที่ทำให้ไมโครพลาสติกมีการแตกตัวออกเป็นขนาดเล็กได้มากขึ้น จึงทำให้พบจำนวนไมโครพลาสติกเพิ่มขึ้นมากด้วย รวมทั้งวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน เก็บตัวอย่างในแนวน้ำขึ้น น้ำลง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้เครื่องมือเก็บดินตะกอน เก็บระยะทางห่างจากชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร และเก็บความลึกมากสุด 10 เมตร นอกจากนี้จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ ถึงแม้จำนวนครั้งการเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาแต่พบความหนาแน่นในปริมาณที่แตกต่างกัน การศึกษาของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเลมหาวิทยาลัยบูรพา (2557) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง 6 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 12 ตัวอย่าง การศึกษาของพรปีฉัน ดอนสมจิตร และคณะ (2563) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง จำนวน 9 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง และการศึกษาของสิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และคณะ (2563) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 1 ครั้ง จำนวน 9 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 9 ตัวอย่าง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ครั้ง 7 สถานี ได้ตัวอย่างทั้งหมด 28 ตัวอย่าง ถึงแม้

จำนวนครั้งการเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาแต่พบความหนาแน่นในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในดินตะกอนที่พบแตกต่างกัน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างเพียงอย่างเดียว แต่บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาและวิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้จำนวนครั้งในการเก็บตัวอย่างที่มากมีโอกาสที่จะพบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกที่น้อยได้ (ตารางที่ 29)

ขยะไมโครพลาสติกส่วนใหญ่แล้วเป็นขยะที่มาจากแผ่นดินมากกว่าขยะในทะเล เกิดจากการกำจัดขยะอย่างไม่ถูกต้องประมาณ 7.88 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) และขยะพลาสติกที่ตกค้างในทะเลอีกประมาณ 340,000 ตัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) เมื่อถูกพัดพาลงสู่ทะเลและสะสมในสิ่งแวดล้อม เกิดการเสื่อมสภาพจากคลื่น แสงแดด และสิ่งมีชีวิต จนเกิดการแตกออกเป็นชิ้นพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งสังเกตุได้ว่าองค์ประกอบของไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีหลายประเภท ได้แก่ เส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก รวมถึงการเจอสีของไมโครพลาสติกหลายสี ทำให้ทราบว่าแหล่งที่มาของขยะไมโครพลาสติกมาจากหลายกิจกรรม เช่น การปล่อยน้ำทิ้งของแหล่งชุมชน กิจกรรมการท่องเที่ยว อุตสาหกรรม การทำประมง และการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง โดยที่ไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยมีแนวโน้มพบมากที่สุดในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ไมโครพลาสติกแต่ละประเภทยังสามารถแตกออกเป็นขนาดชิ้นเล็กๆ ได้อีกหลายขนาด เนื่องจากระยะเวลาที่อยู่ในแหล่งน้ำและใช้เวลาในการย่อยสลายนาน พลาสติกบางประเภทไม่ทราบระยะเวลาในการย่อยสลาย เช่น ขวดแก้ว และกล่องโฟม เป็นต้น (ภาพที่ 38) และชนิดของไมโครพลาสติกที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ทำให้พบการอยู่ในแหล่งน้ำแตกต่างกันด้วย เมื่อความหนาแน่นของพลาสติกน้อยกว่าน้ำจะพบในบริเวณผิวน้ำหรือถ้าชนิดของพลาสติกมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ก็อาจพบในมวลน้ำและในดินตะกอนมากกว่าในบริเวณผิวน้ำ (Coyle et al., 2020) รวมทั้งอิทธิพลของมรสุม การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล การไหลเวียนของกระแสน้ำ ที่ทำให้มีการพัดพาไมโครพลาสติกแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อม บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา จำนวนครั้งและช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์และวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน อาจเป็นสาเหตุทำให้พบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา

Study site	Method	Composition				Abundances	References
		Size (µm)	Shape	Color	Type		
Coastal of Chonburi province, Thailand	- Manta net (330 µm) - Submerged pump (300 µm) - Ekman grab sampler	100-2,000	Filament, Fragment, Foam ,Film, Granule, Pellet,	Black, Blue, Red Green,Yellow,White Brown, Transparent	PP, PE, PA, Polyester	- Manta net 13.80-16.87 particles/m^3 -Submerged 25-69 particles/m^3 - Sediment 50-190.3 parcticles/kg	This study
Southeastern coast, Korea	- Manta net (330 µm) - Hand net (50 µm)	- <2,000	Filament, Fragment, Foam, Film, Pellet	-	Polyester, PE, PS, PP, Alkyd	- Manta net 0.62–57 (May), 0.64–860 (July) particles/m^3 - Hand net 260–1,410 (May), 210–15,560 (July) particles/m^3	Kang et al. (2015)

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (ต่อ)

Study site	Method	Composition				Abundances	References
		Size (µm)	Shape	Color	Type		
Marmara sea, Turkey	- Manta net (333 µm)	2,000-4,000	Filament, Fragment, Film, ,Foam Granule	Black,Blue,Gray, Red, Green,Pink Yellow,White,Brown , Purple, Orange, Cream, Opaque, Dark blue, Transparent	PE, PVC PP, PS	- 12.63 particles/m^3	Tuncer et al. (2018)
Bintan island, Indonesia	-Manta net (1,000-5,000, 500-1,000, 300-500, 100-300 µm)	100-5,000	Filament, Fragment, Film, Pellet	Black, Blue, Red, Green, Purple, Yellow,White,Brown	PE, LDPE PP, PS,	- 0.13-0.94 particles/m^3	Syakti et al. (2018)
Baltic sea, Sweden	- Manta net (333 µm) - Pump (300, 50 µm)	50-300	Filament	White, Black, Blue	PP, PE PS, PA	- Manta net 0.04 particles/m^3 - Pump 0.10 particles/m^3 (300 µm), 3.82 particles/m^3 (50 µm)	Schoulau et al. (2020)

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (ต่อ)

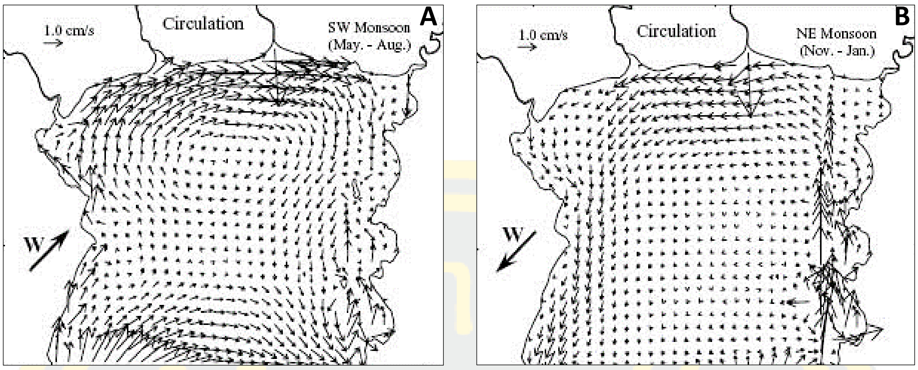
Study site	Method	Composition				Abundances	References
		Size (µm)	Shape	Color	Type		
Coastal of Rayong province, Thailand	- HDPE plastic beaker (5 L) - Quadrat (50×50 cm)	100-500 500-1,000 1,000-5,000	Filament, Fragment, Film,Foam, Pellet Irregular	Black,Blue,Red, Green,Yellow,White Brown, Purple Transparent	PE, PP, PS	- 1,985.19 particles/m^3 - 235 particles/kg	Pornpreenan donsomchit et al. (2020)
Coastal of Songkhla province, Thailand	- Quadrat (20×20 cm)	- 20-5,000	Filament, Fragment, Irregular, Pellet,	Black, Blue, Gray, Red, Green, Orange, Opaque, Dark blue, Brown, Purple, Transparent	-	- 291 parcticles/kg	Siriporn Borrirukwisitsak et al. (2020)

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (ต่อ)

Study site	Method	Composition				Abundances	References
		Size (µm)	Shape	Color	Type		
Coastal of Chanthaburi province, Thailand	- Quadrat (50×50 cm) - Core 3 inch	- 20-5,000	Filament, Fragment, Foam, Film, Pellet, Irregular,	Black,Blue,Gray,Red,Pink Green,Orange,Yellow, White,Brown,Purple, Transparent	-	- Kung wiman beach 43 parcticles/kg (Rainy), 40 parcticles/kg (Summer) - Chao lao beach 54 parcticles/kg (Rainy), 42 parcticles/kg (Summer) (Surface sediment) - Kung wiman beach 174 parcticles/kg (Rainy), 153parcticles/kg (Summer) - Chao lao beach 103 parcticles/kg (Rainy), 272 parcticles/kg (Summer) (Sediment sampler)	Department of Marine and Coastal Resources et al. (2014)

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก

ผลการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีแตกต่างกัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านฤดูกาล เช่น ช่วงฤดูฝน ที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน) ทำให้เกิดฝนตกมีปริมาณน้ำท่าไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเลจำนวนมาก ส่งผลให้มีการพัดพาขยะพลาสติกลงสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก อีกทั้งอิทธิพลของการไหลเวียนกระแสน้ำในอ่าวไทยจากอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเป็นวงทวนเข็มนาฬิกาที่ด้านในสุดของอ่าวไทย ซึ่งจะส่งผลให้มีการพัดพาขยะไมโครพลาสติกจากปากแม่น้ำต่างๆ ในอ่าวไทยมาตามกระแสน้ำดังกล่าว ในทางตรงกันข้ามเมื่อเปลี่ยนฤดูกาลอยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลงลมมรสุมเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนมีนาคมและเดือนธันวาคม) ความเร็วของลมลดลง ส่งผลให้การไหลเวียนกระแสน้ำมีความเร็วลดลง ทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเป็นวงตามเข็มนาฬิกา ซึ่งส่งผลให้การพัดพาขยะไมโครพลาสติกจากปากแม่น้ำต่างๆ ลงสู่ในอ่าวไทยลดลง รวมถึงปริมาณน้ำท่าไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเลน้อยลง (Buranapratheprat, 2008) (ภาพที่ 40) Kang et al. (2015) ได้กล่าวไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านฤดูกาลส่งผลให้พบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ เมื่อเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกหลังฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) พบองค์ประกอบและความหนาแน่นมากกว่าการเก็บตัวอย่างก่อนฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) และอิทธิพลของลมมรสุม คลื่น กระแสน้ำ ที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของขยะไมโครพลาสติกแตกต่างกัน โดยในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมจะพัดเข้าหาชายฝั่งและนำขยะมาสะสมบริเวณชายฝั่งและในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือลมจะพัดออกจากชายฝั่ง ส่งผลให้พัดพาขยะไมโครพลาสติกไปสะสมในบริเวณอื่น (อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, ปราโมทย์ โศจิศุภร, ธยานี สุวรรณราช, และเผชิญโชค จินตเศรณี, 2016)



ภาพที่ 40 การไหลเวียนของกระแสน้ำและอิทธิพลของลมมรสุมในบริเวณอ่าวไทย

หมายเหตุ A : การไหลเวียนของกระแสน้ำจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
B : การไหลเวียนของกระแสน้ำจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา : Buranapratheprat (2008)

ประเภทของไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีลักษณะเหมือนขยะพลาสติกขนาดใหญ่จากขยะบนแผ่นดินที่แตกออกมา เช่น เส้นใย มีลักษณะเป็นเส้นยาว มีหลายสีและหลายขนาด อาจจะหลุดจากเศษเสื้อผ้า ที่มาจากการซักล้าง น้ำทิ้งจากชุมชน หรือเศษเชือกจากอุปกรณ์การทำประมง ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้ง 3 ตำแหน่ง คือในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน พบว่าไมโครพลาสติกประเภทเส้นใย พบจำนวนมากทั้งในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน ซึ่งไม่สามารถตรวจสอบความแตกต่างของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยได้ในทุกเดือน สถานีเก็บตัวอย่าง และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ตำแหน่ง เนื่องจากความแปรปรวนในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างเท่ากัน ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติจึงไม่สามารถวิเคราะห์ผลได้ อีกทั้งเส้นใยผลิตจากพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เช่น พอลิเอทิลีน หรือผลิตจากพลาสติกที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ เช่น พอลิเอสเตอร์ (Colye et al., 2020) จึงอาจทำให้พบทั้งในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน และเมื่ออยู่ในน้ำเป็นระยะเวลานาน เช่น เศษอวน ที่ใช้เวลาย่อยสลายถึง 1,000 ปี ขึ้นไป (ภาพที่ 38) ทำให้การแตกออกของเส้นใย สามารถแตกออกเป็นเส้นขนาดเล็กได้อีกหลายขนาด รวมทั้งพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เส้นใยอาจแตกออกจากการซักล้าง และแตกออกจากอุปกรณ์การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง จึงอาจทำให้ไม่พบความ

แตกต่างของไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยในทุกเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 13) ชิ้นส่วนพลาสติก มีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง ขอบผิวขรุขระ มีหลายสีและหลายขนาด อาจจะมาจากการแตกของขวดน้ำดื่ม กล่องพลาสติก หลอดพลาสติก เป็นต้น ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้ง 3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง พบว่าไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกพบค่อนข้างมากในทุกเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าไมโครพลาสติกประเภทชิ้นส่วนพลาสติกไม่พบความแตกต่างในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13) เนื่องจากชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการผลิต เช่น พอลิโพรไพลิน ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ พอลิเอไมด์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ (Colye et al., 2020) จึงอาจทำให้พบชิ้นส่วนพลาสติกในทุกเดือน สถานี และตำแหน่งเก็บตัวอย่าง โฟมที่มีลักษณะเหมือนแตกออกมากจากโฟมขนาดใหญ่ ที่ใช้ในการบรรจุอาหารหรือกล่องโฟมใส่สิ่งของ เป็นต้น พบว่าไมโครพลาสติกประเภทโฟมพบค่อนข้างแตกต่างในเดือนและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง แต่ไม่พบความแตกต่างในสถานี สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าไมโครพลาสติกประเภทโฟมมีความแตกต่างกันในเดือนและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 13) เนื่องจากในแต่ละเดือนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน) ที่เป็นช่วงฤดูฝน ทำให้มีการพัดพาขยะไมโครพลาสติกจากบนแผ่นดินเข้ามาสะสมในบริเวณชายฝั่งเป็นจำนวนมาก และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนมีนาคมและเดือนธันวาคม) ปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ทะเลน้อยลง การพัดพาขยะไมโครพลาสติกจึงลดลงด้วย (Buranapratheprat, 2008) อีกทั้งชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการผลิตโฟม อาจมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำหรือน้อยกว่าน้ำ จึงอาจทำให้พบการสะสมในแต่ละตำแหน่งการเก็บตัวอย่างแตกต่างกันได้ ฟิล์มพลาสติก ที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ขอบผิวขุรขระ พื้นผิวไม่เรียบ อาจจะแตกออกจากถุงพลาสติกต่างๆ และเม็ดบีดส์ ที่มีลักษณะเป็นทรงกลม มีขนาดเล็ก อาจจะมาจากผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ซึ่งฟิล์มพลาสติกและเม็ดบีดส์พบค่อนข้างน้อยในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าความแตกต่างของประเภทไมโครพลาสติกฟิล์มพลาสติกและเม็ดบีดส์ มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกันในแต่ละสถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13) เนื่องจากฟิล์มพลาสติกและเม็ดบีดส์ พบจำนวนตัวอย่างในสถานีและตำแหน่งการเก็บตัวอย่างค่อนข้างน้อย ความแปรปรวนในสถานีและตำแหน่งการเก็บตัวอย่างมีน้อยมาก เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติจึงไม่แตกต่างกันในสถานีและตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง เม็ดพลาสติกมีลักษณะเป็นทรงกลม มีขนาดใหญ่กว่าเม็ดบีดส์ การพบเม็ดพลาสติกในสิ่งแวดล้อมอาจจะมาจากการทำอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก ซึ่งเม็ดพลาสติกพบค่อนข้างน้อยในเดือน สถานี และตำแหน่ง

การเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าไมโครพลาสติกประเภทเม็ดพลาสติกไม่พบความแตกต่างในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13) เนื่องจากจำนวนตัวอย่างเม็ดพลาสติกพบน้อยมาก พบเม็ดพลาสติกแค่เดือนเดียวคือเดือนมีนาคม ในผิวน้ำสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี สถานีที่ 5 เกาะลอย และสถานีที่ 7 อ่าวอุดม (ตารางที่ 9) ทำให้พบความแปรปรวนน้อย จึงไม่พบความแตกต่างกันในเดือน สถานี และตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้ง 3 ตำแหน่ง คือ ในผิวน้ำเก็บตัวอย่างด้วยถุงลาก Manta ในมวลน้ำเก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump และไมโครพลาสติกในดินตะกอนเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอน โดยพบว่าองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาทางสถิติที่พบว่าองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่งผลให้พบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาแตกต่างกันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล วิธีการเก็บตัวอย่าง และชนิดของพลาสติกที่พบ

โดยที่วิธีการถุงลาก Manta ออกแบบมาเพื่อเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำพบความหนาแน่นมากสุดในเดือนมิถุนายนและพบความหนาแน่นน้อยสุดในเดือนมีนาคม (ตารางที่ 14) ซึ่งในเดือนมีนาคมเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วลมปานกลาง ปริมาณน้ำท่าไหลลงทะเลจำนวนน้อย อีกทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทิศทางลมพัดขยะออกจากชายฝั่ง จึงทำให้พบปริมาณของไมโครพลาสติกจำนวนน้อยกว่าในเดือนมิถุนายน ซึ่งอยู่ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีปริมาณน้ำท่าไหลจากแผ่นดินสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีพบความหนาแน่นมากสุดในสถานีที่ 6 เกาะสีชัง และพบความหนาแน่นน้อยสุดในสถานีที่ 5 เกาะลอย (ตารางที่ 15) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าความหนาแน่นในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 16) และจากการจัดกลุ่มพบว่าในเดือนมิถุนายน สถานีที่ 6 เกาะสีชัง และเดือนกันยายน สถานีที่ 7 อ่าวอุดม ความหนาแน่นของไมโครพลาสติก ในผิวน้ำมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 17) เนื่องจากแหล่งที่มาของขยะไมโครพลาสติก บริเวณเกาะสีชังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน กิจกรรมการท่องเที่ยว และการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง จึงอาจทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้

วิธีการ Submerged pump เป็นการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำ ซึ่งพบความหนาแน่นมากสุดในเดือนธันวาคมและพบความหนาแน่นน้อยสุดในเดือนมิถุนายน (ตารางที่ 18) เนื่องจากในเดือนธันวาคมเป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วของลมลดลงและความเร็วของการไหลเวียนของกระแสน้ำก็มีความเร็วลดลงด้วย น้ำนิ่ง คลื่นไม่ค่อยสูง (เผชิญโชค จินตเศรณี และคณะ, 2564) ส่งผลให้ขยะไมโครพลาสติกไม่เกิดการฟุ้งกระจาย เมื่อเก็บตัวอย่างด้วย Submerged pump ซึ่งเก็บตัวอย่างในมวลน้ำมีความลึกประมาณ 1 เมตร จึงทำให้พบความหนาแน่นมากกว่าในเดือนมิถุนายนที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีความเร็วของลมสูงและการไหลเวียนของกระแสน้ำมีความแรง ส่งผลให้ขยะไมโครพลาสติกเกิดการฟุ้งกระจายไปทุกบริเวณมาก และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีพบความหนาแน่นมากสุดในสถานีที่ 1 ท่าเรือพลี และพบความหนาแน่นน้อยสุดในสถานีที่ 4 หาดวอนนภา (ตารางที่ 19) เนื่องจากบริเวณท่าเรือพลีซึ่งอยู่ใกล้แหล่งชุมชนมีหมู่บ้านชาวประมง และการเพาะเลี้ยงหอย ขยะพลาสติกจากแหล่งท่องเที่ยวหรือแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนที่กำจัดไม่ถูกต้อง อาจจะถูกพัดพาและไหลลงสู่ทะเล และบริเวณเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ที่อาจถูกกระแสน้ำหรือคลื่น ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น เชือก หลุดหรือแตกออกจากบริเวณเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ถูกพัดพาไปสะสมในสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าความหนาแน่นในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานีมีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 20) และจากการจัดกลุ่มพบว่าในเดือนมีนาคม สถานีที่ 1 ท่าเรือพลี ความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในมวลน้ำแตกต่างจากสถานีที่ 5 เกาะลอย สถานีที่ 7 อ่าวอุดม สถานีที่ 2 อ่างศิลา และสถานีที่ 5 เกาะลอย ในเดือนมิถุนายน (ตารางที่ 21) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในเดือนมีนาคม เป็นช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งความเร็วของลมลดลง ส่งผลให้การไหลเวียนของกระแสน้ำความเร็วลดลง จึงอาจทำให้ไมโครพลาสติกไม่เกิดการฟุ้งกระจาย ทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมากกว่าในเดือนมิถุนายน อีกทั้งบริเวณสถานีท่าเรือพลี เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง และการทำประมง อาจทำให้พบความหนาแน่นของไมโครพลาสติกมีความแตกต่างกันได้

การเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บดินตะกอนพบความหนาแน่นมากสุดในเดือนกันยายนและพบความหนาแน่นน้อยสุดในเดือนมีนาคม (ตารางที่ 22) สอดคล้องกับผลวิเคราะห์ทางสถิติที่พบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ะเดือนที่เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือเก็บตะกอนดิน มีความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันในแต่ะเดือนที่ทำการศึกษา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 23) เนื่องจากในเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีปริมาณน้ำท่าไหลเข้าสู่ทะเลเป็นจำนวนมากและการพัดพาขยะจากที่อื่นเข้าสู่ชายฝั่ง จึงทำให้พบความหนาแน่นมากกว่าในเดือนมีนาคม

และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานี พบว่าความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละสถานีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 23) ทั้งนี้เนื่องจากสถานีเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานีมีระยะทางไม่ห่างกันมาก ขยะไมโครพลาสติกที่ถูกกระแสน้ำพัดพาไป แพร่กระจายไม่ต่างกันในแต่ละสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่าง และพบประเภทของไมโครพลาสติกส่วนใหญ่แล้วเป็นเส้นใยถึงร้อยละ 90 (ภาพที่ 25) โดยพบความหนาแน่นมากสุดในสถานีที่ 5 เกาะลอย และพบความหนาแน่นน้อยสุดในสถานีที่ 7 อ่าวอุดม เนื่องจากบริเวณเกาะลอยมีแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกหลายแหล่ง เช่น กิจกรรมการท่องเที่ยว แหล่งที่อยู่อาศัย การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง และท่าเรือข้ามฝาก การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และกิจกรรมต่างๆ ในสถานีเก็บตัวอย่างอาจทำให้พบความหนาแน่นแตกต่างกันได้

รวมถึงชนิดของพลาสติกที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันส่งผลถึงการสะสมใน สิ่งแวดล้อม เช่น เส้นใยและชิ้นส่วนพลาสติก ซึ่งอาจจะผลิตจากพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ เช่น พอลิโพรไพลิน (0.90-0.92 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) พอลิเอทิลีน (0.94-0.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (Coyle et al., 2020) ทำให้พบความหนาแน่นสะสมในผิวหน้าน้ำมากกว่าในมวลน้ำหรือในดินตะกอน เส้นใย ที่ผลิตจากพลาสติกพอลิเอสเตอร์ (1.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และพอลิเอไมด์ (1.13-1.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) (Coyle et al., 2020) มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ซึ่งอาจทำให้พบความหนาแน่นสะสมในมวลน้ำและในตะกอนดินมาก (ภาพที่ 39)

การกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์

การกินไมโครพลาสติกของแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ เมื่อนำตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ไปวิเคราะห์ด้วยกล้องฟลูออเรสเซนต์ พบการเรืองแสงสีขาวในระบบทางเดินอาหาร แสดงว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีการกินอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ (ภาพที่ 27) แต่พบในปริมาณน้อย เนื่องจากปริมาณอาหารตามธรรมชาติมีความหนาแน่นมาก แพลงก์ตอนสัตว์จึงเลือกกินอาหารตามธรรมชาติมากกว่าอาหารที่ไม่ใช่ตามธรรมชาติ (Setala et al., 2014) ซึ่งพบการกินในวิธีการ Submerged pump มากกว่าในวิธีการถุงลาก Manta เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง โดยการอาศัยอยู่บริเวณที่มีปริมาณแสงน้อยในช่วงเวลากลางวัน เพื่อหลบหนีการมองเห็นของผู้ล่า (อลงกรณ์ พุดหอม, 2556)

ลักษณะการกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ส่วนใหญ่จะสร้างกระแสน้ำเพื่อกรองกินอาหาร เช่น การใช้วงขนที่เรียกว่า Colona โบกพัดอาหาร ที่พบในโรติเฟอร์ (อลงกรณ์ พุดหอม, 2556) การใช้หนวดสร้างกระแสน้ำและกวาดอาหาร พบในโคพีพอด (Muentarawat & Gunbua, 2016) และการใช้ขาว่ายน้ำสร้างกระแสน้ำเพื่อรวบรวมอาหาร (Desforges et al., 2015; Chaoruangrit et al., 2017; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) พบในไรน้ำนางฟ้า อาร์ทีเมีย กุ้ง และเคย เป็นต้น ซึ่งอาหารที่ได้จากการกรองกินนั้นคือแพลงก์ตอนพืช แต่ก็มีแพลงก์ตอนสัตว์บางชนิดที่สามารถกินอาหารได้ทั้งแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ หรือเศษซากอินทรีย์ แพลงก์ตอนสัตว์จะมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างปากเพื่อเลือกอาหาร การพัฒนา Mandible เพื่อบดอาหาร มีฟันหลายซี่ (ศุภมัย พรหมแก้ว, 2552) จึงทำให้แพลงก์ตอนสัตว์บางชนิดมีการกินแบบแทะเล็มได้ เช่นในโคพีพอดกลุ่ม Calanoid copepod กุ้ง ปู เคย และไมซิด เป็นต้น ทำให้สามารถกินอาหารที่ขนาดใหญ่กว่าขนาดตัว หาอาหารแบบผู้ล่าเหยื่อ และดักซุ่มโจมตีเหยื่อได้ (Muentarawat & Gunbua, 2016)

จากการสำรวจเอกสารศึกษาการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของไมโครพลาสติก ขนาดตัวและขนาดช่องปาก รวมไปถึงปริมาณอาหารตามธรรมชาติ โดยที่ขนาดของไมโครพลาสติกมีผลต่อการเลือกกิน ขนาดของไมโครพลาสติกที่ใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ คือ อยู่ในช่วงขนาดพิโคแพลงก์ตอน (0.2-2 ไมโครเมตร) และขนาดนาโนแพลงก์ตอน (2-20 ไมโครเมตร) มีผลกระทบต่อแพลงก์ตอนสัตว์ มากกว่าขนาดไมโครแพลงก์ตอน (20-200 ไมโครเมตร) ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์จะเลือกกินขนาดไมโครพลาสติกตามขนาดตัวและขนาดปาก ในกลุ่มแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก เช่น โรติเฟอร์ กินไมโครพลาสติกขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ คือ เลือกกินไม่เกินขนาดพิโคแพลงก์ตอน (Jeong et al., 2016) เนื่องจากขนาดตัวและขนาดปากที่เล็ก (10 ไมโครเมตร) (Fontaneto et al., 2007) โคพีพอด อาร์ทีเมีย เลือกกินไมโครพลาสติกขนาดนาโนแพลงก์ตอนมากกว่าขนาดพิโคแพลงก์ตอน

(Eom et al., 2020) ด้วยขนาดตัวที่ใหญ่และขนาดปากมีขนาด 20 ไมโครเมตร (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) เคยมีขนาดปาก 1.2 มิลลิเมตร (Desforges et al., 2015) กินไมโครพลาสติกขนาดไมโครแพลงก์ตอน นอกจากขนาดของไมโครพลาสติกที่มีผลต่อการกินในแพลงก์ตอนสัตว์แล้วความเข้มข้นของไมโครพลาสติกก็เป็นส่วนหนึ่งในการเลือกกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์เช่นกัน โดยเมื่อแพลงก์ตอนสัตว์สัมผัสกับไมโครพลาสติกที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในโรติเฟอร์และโคพีพอด อัตราการกินอาหารธรรมชาติลดลง (Jeong et al., 2016; Jeong et al., 2017) ความเข้มข้น 4,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร ส่งผลให้การกินสาหร่ายลดลง และเริ่มอิ่มตัวเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 5,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร เช่นในโคพีพอด (Cole et al., 2013) สอดคล้องกับการศึกษาของ Setala et al. (2014) ที่พบว่าความเข้มข้นมากกว่า 3,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร ลดการกินอาหารตามธรรมชาติลงอย่างมากในโพลีคีต ไมซิด โรติเฟอร์ และโคพีพอด และ Desforges et al. (2015) ที่พบว่าการกินไมโครพลาสติกของเคยและโคพีพอด จะเริ่มคงที่เมื่อความเข้มข้นของไมโครพลาสติกมากกว่า 3,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร แต่ก็มีงานวิจัยบางส่วนที่พบว่าความเข้มข้นของไมโครพลาสติกมากกว่า 1,000 อนุภาคต่อมิลลิลิตร ส่งผลให้การกินอาหารธรรมชาติในแพลงก์ตอนสัตว์เริ่มลดลง (Suwaki et al., 2020; Eom et al., 2020) ในหอยแมลงภู่ ที่สัมผัสความเข้มข้นของไมโครพลาสติก 110 อนุภาคต่อกรัม (Cauwenberghe et al., 2015) ตัวอ่อนของหอยสองฝา (*Crepidula onyx*) ความเข้มข้น 1.4×10^{5} อนุภาคต่อมิลลิลิตร (Lo et al., 2018) และตัวอ่อนของเม่นทะเล 300 อนุภาคต่อมิลลิลิตร (Kaposi et al., 2014) ทำให้กินอาหารตามธรรมชาติลดลง รวมทั้งรูปร่างของไมโครพลาสติกที่ส่งผลต่อการเลือกกินในแพลงก์ตอนสัตว์ โดยแพลงก์ตอนสัตว์จะอาศัยการสั่นสะเทือนและรับสัมผัสทางเคมีในการหาอาหาร (ศุภมัย พรหมแก้ว, 2552) เมื่อสัมผัสกับไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ สามารถหลีกเลี่ยงการกินไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติได้ (Botterell et al., 2020) แต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงขนาดของไมโครพลาสติกที่ใกล้เคียงกับขนาดของอาหารธรรมชาติได้ (Cole et al., 2013)

ผลกระทบของการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ นอกจากทำให้การกินอาหารลดลงแล้วยังส่งผลกระทบถึงระบบสืบพันธุ์ ส่งผลให้ความดกของไข่ลดลง ใช้เวลาในการสืบพันธุ์นานขึ้น ที่พบในโรติเฟอร์ (Jeong et al., 2016) ลดขนาดตัว ใช้เวลาในการลอกคราบที่นานขึ้น ความดกของไข่ลดลง และลดอัตราการรอด พบในโคพีพอด (Jeong et al., 2017; Sun et al., 2019) และพบการติดอยู่ของไมโครพลาสติกบริเวณอวัยวะภายนอกของแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น เปลือก หนวด ขน ขาว่ายน้ำ (Cole et al., 2013) และนอกจากนี้ยังส่งผลถึงพฤติกรรมการว่ายน้ำของโคพีพอด มีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความเร็วในการว่ายน้ำลดลงถึงร้อยละ 40 (Suwaki et al., 2020) เมื่อตรวจสอบเนื้อเยื่อเซลล์ในทางเดินอาหารของอาร์ทีเมียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

แบบทรานส์มิสชัน (Transmission electron microscope : TEM) พบว่าเมื่ออาร์ทีเมียสัมผัสกับเม็ดพลาสติก เยื่อหุ้มเซลล์ที่ยื่นออกมาเพื่อเพิ่มพื้นที่การดูดซึมในลำไส้เล็ก (Microvilli) ลดลง (Wang et al., 2018) เพิ่มการใช้พลังงานในการย่อยมากขึ้นถึงร้อยละ 25 ในหอยแมลงภู่ (Cauwenberghe et al., 2015) ส่งผลต่อการลงเกาะที่ไวขึ้นและขนาดของตัวอ่อนเล็กลงในตัวอ่อนหอยสองฝา (*Crepidula onyx*) (Lo et al., 2018) และยังส่งผลถึงระยะตัวอ่อนของเม่นทะเล เมื่อกินอาหารตามธรรมชาติลดลง จึงทำให้ขนาดตัวเล็กลงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้สัมผัสกับไมโครพลาสติก (Kaposi et al., 2014)

แพลงก์ตอนสัตว์มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ เชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตเบื้องต้นคือแพลงก์ตอนพืชกับผู้บริโภคลำดับถัดไป เป็นอาหารที่สำคัญต่อสัตว์น้ำชนิดอื่น เช่น โรติเฟอร์ โคพีพอด อาร์ทีเมีย ไรน้ำนางฟ้า เป็นต้น เมื่อแพลงก์ตอนสัตว์มีการกินไมโครพลาสติก อาจทำหน้าที่เป็นตัวกลางถ่ายโอนไมโครพลาสติกไปยังสิ่งมีชีวิตในระดับผู้บริโภคที่สูงขึ้น (Setala et al., 2014) เช่นในแมงกะพรุนที่กินโคพีพอด (Costa et al., 2020) ปูทะเลที่กินหอยแมลงภู่ (Farrell et al., 2013) ไมซิดที่กินโคพีพอด (Setala et al., 2014) และสารพิษที่เกิดจากสารเติมแต่งในพลาสติกอาจถูกถ่ายโอนผ่านไปในห่วงโซ่อาหารได้ (Cole et al., 2013)

จากการศึกษาการกินไมโครพลาสติกในธรรมชาติและการสำรวจเอกสาร ทำให้ทราบว่าแพลงก์ตอนสัตว์มีการกินไมโครพลาสติกในธรรมชาติ แต่ยังพบการกินจำนวนน้อย อาจจะเพราะด้วยความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชยังมีจำนวนมาก และการทดลองการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์ พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์เลือกกินขนาดไมโครพลาสติกมีความสัมพันธ์กับขนาดปาก โดยจะเลือกกินขนาดไมโครพลาสติกที่เล็กกว่าขนาดปาก เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไมโครพลาสติกเท่ากับความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์จะเลือกกินแพลงก์ตอนพืชก่อนอันดับแรก เมื่อความเข้มข้นของแพลงก์ตอนพืชลดลง แพลงก์ตอนสัตว์สามารถเปลี่ยนมากินไมโครพลาสติกได้ และการกินอาหารตามธรรมชาติลดลงเมื่อไมโครพลาสติกมีขนาดใกล้เคียงกับอาหารตามธรรมชาติ ซึ่งการกินไมโครพลาสติกส่งผลกระทบด้านลบต่อแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ขนาดตัวเล็กลง ความดกของไข่น้อยลง จำนวนนอเพลียสลดลง อัตราการรอดลงลด และการถ่ายทอดไปยังห่วงโซ่อาหารในลำดับผู้บริโภคที่สูงขึ้นได้ เป็นต้น แต่ผลกระทบด้านลบในมนุษย์ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ยังไม่ทราบถึงความเป็นอันตรายและความเสี่ยงจากการสัมผัสไมโครพลาสติก

สรุปผล

จากการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างบริเวณท่าเรือพลี อ่างศิลา แหลมแท่น หาดวอนนภา เกาะลอย เกาะสีชัง และอ่าวอุดม ในเดือนมีนาคม เดือนมิถุนายน เดือนกันยายน และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่าง 3 วิธีการ คือ ถุงลาก Manta เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในผิวน้ำ Submerged pump เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในมวลน้ำ และเครื่องมือเก็บดินตะกอน เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกในดินตะกอน พบองค์ประกอบของไมโครพลาสติกทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ เส้นใย ชิ้นส่วนพลาสติก โฟม ฟิล์มพลาสติก เม็ดบีดส์ และเม็ดพลาสติก ซึ่งเส้นใยเป็นประเภทเด่นพบมากในทุกเดือน สถานี และวิธีการเก็บตัวอย่าง ซึ่งอาจจะมาจากการหลุดออกจากเศษเสื้อผ้า และวัสดุชิ้นส่วนของเชือก เป็นต้น และพบสีของไมโครพลาสติกทั้งหมด 8 สี สีที่พบมากสุดคือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีขาว นอกจากนี้ยังพบขนาดของไมโครพลาสติกอยู่ในช่วง 100-2,000 ไมโครเมตร ที่เกิดจากอิทธิพลของลม คลื่น แสงแดด ทำให้เสื่อมสภาพและแตกออก สะสมในสิ่งแวดล้อมบริเวณต่างๆ ทั้งในผิวน้ำ ในมวลน้ำ และในดินตะกอน เนื่องจากไมโครพลาสติกแต่ละชนิดมีความหนาแน่นแตกต่างกัน จึงทำให้พบการสะสมในแต่ละบริเวณแตกต่างกันด้วย โดยพบชนิดของไมโครพลาสติกทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิโพรไพลิน พอลิเอสเตอร์ และพอลิเอไมด์ และความหนาแน่นของไมโครพลาสติกที่พบในแต่ละวิธีการศึกษา วิธีการถุงลาก Manta พบความหนาแน่นเท่ากับ 13.80-16.36 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร Submerged pump พบความหนาแน่นเท่ากับ 25-69 ชิ้นต่อลูกบาศก์เมตร และเครื่องมือเก็บดินตะกอน พบความหนาแน่นเท่ากับ 50-187.40 ชิ้นต่อกิโลกรัม รวมทั้งตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาพบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก โดยการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติก เกิดจากการได้รับอิทธิพลของลมมรสุม ที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของกระแสน้ำและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล โดยการเก็บตัวอย่างก่อนฤดูฝน (เดือนมีนาคมและเดือนธันวาคม) ซึ่งได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณน้ำท่าไหลจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเลปริมาณน้อย การพัดพาขยะพลาสติกจากปากแม่น้ำลงสู่ทะเลจึงลดลง แตกต่างจากการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน คือเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายน ที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีปริมาณน้ำท่าไหลลงสู่ทะเลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการพัดพาขยะพลาสติกจากบริเวณปากแม่น้ำมาสะสมในทะเลเป็นจำนวนมาก และพบว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกในแต่ละเดือนและในแต่ละสถานี มีอิทธิพลร่วมกัน ทำให้พบองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันได้

เมื่อขยะพลาสติกมีการแตกออกเป็นขนาดเล็กมากขึ้น ระยะเวลาในการย่อยสลายใช้เวลานานนอกจากสะสมในสิ่งแวดล้อมแล้วยังส่งผลต่อการสะสมในแพลงก์ตอนสัตว์ได้ เนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์ส่วนใหญ่แล้วกินอาหารแบบกรองกิน จะกินอาหารที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดปากและลักษณะของไมโครพลาสติกที่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ จึงทำให้แพลงก์ตอนสัตว์สามารถกินเข้าไปได้ ส่งผลกระทบด้านลบในระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต แล้วนอกจากนี้ยังสามารถถ่ายทอดไปในห่วงโซ่อาหารได้

จากข้อมูลผลการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของไมโครพลาสติกบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยผลการศึกษาทำให้ทราบว่าไมโครพลาสติกที่พบในบริเวณที่ทำการศึกษา มาจากขยะบนแผ่นดินมากกว่าขยะในทะเล โดยขยะพลาสติกที่กำจัดไม่ถูกต้องและตกค้างในทะเลเป็นจำนวนมาก จากแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน การท่องเที่ยว และการทำประมง เป็นต้น เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพแตกออกเป็นขนาดเล็กๆ มากขึ้น ใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลาย อาจเป็นตัวกลางในการสะสมสารพิษที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม และแพลงก์ตอนสัตว์สามารนำเข้าไปในร่างกายได้ผ่านการกิน รวมทั้งสามารถถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหารในระดับผู้บริโภคที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้วิธีการที่ใช้เก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกทั้ง 3 วิธีการ คือ ถุงลาก Manta Submerged pump และเครื่องมือเก็บดินตะกอน สามารถเป็นวิธีการเก็บไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเก็บตัวอย่างบริเวณกลางชายฝั่งเพิ่มเติม เพื่อให้เห็นความหนาแน่นของไมโครพลาสติกแตกต่างกันในแต่ละสถานีที่ทำการศึกษา

2. การศึกษาการกินแพลงก์ตอนสัตว์ในธรรมชาติ ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการศึกษาอาหารในกระเพาะด้วยการย่อย เพื่อให้ทราบการกินไมโครพลาสติกในแพลงก์ตอนสัตว์อย่างชัดเจน

บรรณานุกรม

Aiken, J., Alvain, S., Barlow, R., Bouman, H., Bracher, A., Brewin, B., Bricaud, A., Brown, C., Ciotti, A., Claustre, H., Clementson, L., Craig, S., Devred, E., Hardman-Mountford, N., Hirata, T., Hu, C., Kostadinov, T., Lavender, S., Le Qurere, C. Uitz, J. (2014). *Phytoplankton functional types from Space*.

Albano, M., Panarello, G., Paola, D., Capparucci, F., Crupi, R., Gugliandolo, E., Spanò, N., Capillo, G. & Savoca, S. (2021). The Influence of Polystyrene Microspheres Abundance on Development and Feeding Behavior of *Artemia salina* (Linnaeus, 1758). *Applied Sciences,* 11. doi:10.3390/app11083352

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin,* 62(8), 1596-1605. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Asadi, M. & Feni, I. (2019). Microplastics in the sediment of intertidal areas of Lamongan, Indonesia. *AACL Bioflux,* 12, 1065-1073.

Auta, H., Emenike, C. Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment international,* 102. doi:10.1016/j.envint.2017.02.013

Besseling, E., Wegner, A., Foekema, E. M., van den Heuvel-Greve, M. J., & Koelmans, A. A. (2013). Effects of Microplastic on Fitness and PCB Bioaccumulation by the Lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environmental Science & Technology,* 47(1), 593-600. doi:10.1021/es302763x

Botterell, Z. L. R., Beaumont, N., Cole, M., Hopkins, F. E., Steinke, M., Thompson, R. C. Lindeque, P. K. (2020). Bioavailability of Microplastics to Marine Zooplankton: Effect of Shape and Infochemicals. *Environ Sci Technol,* 54(19), 12024-12033. doi:10.1021/acs.est.0c02715

Botterell, Z. L. R., Beaumont, N., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R. C. Lindeque, P. K. (2019). Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environmental Pollution,* 245, 98-110. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.065

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology,* 45(21), 9175-9179. doi:10.1021/es201811s

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M. Thompson, R. C. (2008). Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L.). *Environmental Science & Technology,* 42(13), 5026-5031. doi:10.1021/es800249a

Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S. Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2013). Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology,* 23(23), 2388-2392. doi:https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.012

Buranapratheprat, A. (2008). Circulation in the upper gulf of Thailand: A review. *Burapha Science,* 13(1), 75-83.

Chaoruangrit, L., Plodsomboon, S., Rogers, D. C. & Sanoamuang, L. (2017). Morphology of mandibles and food size in two fairy shrimps (Branchiopoda: Anostraca) from Thailand. *Journal of Crustacean Biology,* 37(5), 579-587. doi:10.1093/jcbiol/rux058

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. & Galloway, T. S. (2015). The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod Calanus helgolandicus. *Environmental Science & Technology,* 49(2), 1130-1137. doi:10.1021/es504525u

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. & Galloway, T. S. (2013). Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environmental Science & Technology,* 47(12), 6646-6655. doi:10.1021/es400663f

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin,* 62(12), 2588-2597. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Cordova, M. R., Purwiyanto, A. I. S. & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin,* 142, 183-188. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.040

Coyle, R., Hardiman, G. & Driscoll, K., O. (2020). Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering,* 2, 100010. doi:https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010

Desforges, J. P. W. Galbraith, M., & Ross, P.S. (2015). Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology,* 69(3), 320-330. doi:10.1007/s00244-015-0172-5

Desforges, J. P. W., Galbraith, M., Dangerfield, N. & Ross, P. S. (2014). Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin,* 79(1-2), 94-99.

Drago, C., Pawlak, J. & Weithoff, G. (2020). Biogenic Aggregation of Small Microplastics Alters Their Ingestion by a Common Freshwater Micro-Invertebrate. *Frontiers in Environmental Science,* 8(264). doi:10.3389/fenvs.2020.574274

Eom, H. J., Nam, S. E. & Rhee, J. S. (2020). Polystyrene microplastics induce mortality through acute cell stress and inhibition of cholinergic activity in a brine shrimp. *Molecular & Cellular Toxicology,* 16(3), 233-243. doi:10.1007/s13273-020-00088-4

Fontaneto, D., Giordani, I., Melone, G. Serra, M. (2007). Disentangling the morphological stasis in two rotifer species of the *Brachionus plicatilis* species complex. *Hydrobiologia,* 583, 297-307. doi:10.1007/s10750-007-0573-1

Gunbua, V. (2014). การศึกษาโครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนในแม่น้ำบางปะกงปีพ. ศ. 2553. *Burapha Science Journal,* 19(Special), 87-96.

Hartline, N. L., Bruce, N. J., Karba, S. N., Ruff, E. O., Sonar, S. U. Holden, P. A. (2016). Microfiber Masses Recovered from Conventional Machine Washing of New or Aged Garments. *Environmental Science & Technology,* 50(21), 11532-11538. doi:10.1021/acs.est.6b03045

Hoornweg, D. & Perinaz, B., T. (2012). *What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management* (Vol. 2012). World Bank, Washington, DC.: Urban development series;knowledge papers no. 15.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science,* 347(6223), 768-771. doi:10.1126/science.1260352

Jansen, S. (2006). *Feeding of calanoid copepods and analyses of their faecal pellets.* Doctor of Philosophy, Bremen.

Jeong, C. B., Won, E. J., Kang, H. M., Lee, M. C., Hwang, D. S., Hwang, U. K., Zhou, B., Souissi, S., Lee, S. J. & Lee, J. S. (2016). Microplastic Size-Dependent Toxicity, Oxidative Stress

Induction, and p-JNK and p-p38 Activation in the Monogonont Rotifer (*Brachionus koreanus*). *Environ Sci Technol,* 50(16), 8849-8857. doi:10.1021/acs.est.6b01441

Kang, J. H., Kwon, O. Y., Lee, K. W., Song, Y. K. & Shim, W. J. (2015). Marine neustonic microplastics around the southeastern coast of Korea. *Marine Pollution Bulletin,* 96(1), 304-312. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.054

Kaposi, K. L., Mos, B., Kelaher, B. P. Dworjanyn, S. A. (2014). Ingestion of Microplastic Has Limited Impact on a Marine Larva. *Environmental Science & Technology,* 48(3), 1638-1645. doi:10.1021/es404295e

Karlsson, T. M., Krrman, A., Rotander, A. & Hassellv, M. (2020). Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters. *Environmental Science and Pollution Research,* 27(5), 5559-5571. doi:10.1007/s11356-019-07274-5

Kim, L., Kim, S. A., Kim, T. H., Kim, J. & An, Y. J. (2021). Synthetic and natural microfibers induce gut damage in the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Aquatic Toxicology,* 232, 105748. doi:https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105748

Klein, S., Dimzon, I. K., Eubeler, J. P., & Knepper, T. (2018). Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. (51-67).

Kovac Virsek, M., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, P., & Krzan, A. (2016). Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of visualized experiments : JoVE*(118), 55161. doi:10.3791/55161

Lee, K. W., Shim, W. J., Kwon, O. Y. & Kang, J. H. (2013). Size-Dependent Effects of Micro Polystyrene Particles in the Marine Copepod *Tigriopus japonicus*. *Environmental Science & Technology,* 47(19), 11278-11283. doi:10.1021/es401932b

Lo, H. K. A. & Chan, K. Y. K. (2018). Negative effects of microplastic exposure on growth and development of *Crepidula onyx*. *Environ Pollut,* 233, 588-595. doi:10.1016/j.envpol.2017.10.095

Mohamed, N., N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin,* 79(1), 278-283. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025

Muentarawat, N. & Gunbua, V. (2016). Planktonic Copepods in the Bang Pakong Estuary: Seasonal Changes in the Abundance of Adults, Copepodites and Female with Egg Sacs. *Burapha Science Journal,* 21(1), 1-13.

Napper, I. E. & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin,* 112(1), 39-45. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025

Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin,* 99(1), 178-185. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029

Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution,* 238, 999-1007. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016

Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin,* 101(1), 119-126. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008

Prusova, I., Smith, S. Popova, E. (2012). *Calanoid Copepods of the Arabian Sea Region*.

Rajendran, K. & Taherzadeh, M., J. (2013). Borås, a Zero Waste City in Sweden. *Journal of Development Management,* 1, 3-8.

Rochman, C., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific reports,* 3, 3263. doi:10.1038/srep03263

Schonlau, C., Karlsson, T. M., Rotander, A., Nilsson, H., Engwall, M., van Bavel, B. & Karrman, A. (2020). Microplastics in sea-surface waters surrounding Sweden sampled by manta trawl and in-situ pump. *Marine Pollution Bulletin,* 153, 111019. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111019

Setala, O., Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution,* 185, 77-83. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013

Setala, O., Magnusson, K. Lehtiniemi, M., & Noren, F. (2016). Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: A comparison of two sampling methods. *Marine Pollution Bulletin,* 110(1), 177-183. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.065

Soares, J., Miguel, I., Venancio, C., Lopes, I. & Oliveira, M. (2020). Perspectives on Micro(Nano)Plastics in the Marine Environment: Biological and Societal Considerations. *Water,* 12(11), 3208.

Suarez, M., E., & Almeyda, A., R., J. (2015). A new genus and species of cyclopoid (Crustacea, Copepoda, Cyclopinidae) from a coastal system in the Gulf of Mexico. *ZooKeys,* 534, 17-34. doi:10.3897/zookeys.534.6019

Sun, X., Li, Q., Zhu, M., Liang, J., Zheng, S., & Zhao, Y. (2017). Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea. *Marine Pollution Bulletin,* 115(1), 217-224. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.004

Syakti, A. D., Hidayati, N. V., Jaya, Y. V., Siregar, S. H., Yude, R., Suhendy, Asia, L., Wong Wah Chung, P. & Doumenq, P. (2018). Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin,* 137, 593-600. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.005

Thushari, G. G. N., Senevirathna, J. D., 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.

Tuncer, S., Artuz, O. B., Demirkol, M. & Artuz, M. L. (2018). First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin,* 135, 283-289. doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.054

Urbanek, A. K., Rymowicz, W. M., A. M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats. *Applied Microbiology and Biotechnology,* 102(18), 7669-7678. doi:10.1007/s00253-018-9195-y

Van Cauwenberghe, L., Claessens, M., Vandegehuchte, M. B. & Janssen, C. R. (2015). Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environmental Pollution,* 199, 10-17. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.008

von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., & Kohler, A. (2012). Uptake and Effects of Microplastics on Cells and Tissue of the Blue Mussel *Mytilus edulis* L. after an Experimental Exposure. *Environmental Science & Technology,* 46(20), 11327-11335. doi:10.1021/es302332w

Watts, A. J. R., Lewis, C., Goodhead, R. M., Beckett, S. J., Moger, J. Tyler, C. R., & Galloway, T.S. (2014). Uptake and Retention of Microplastics by the Shore Crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology,* 48(15), 8823-8830. doi:10.1021/es501090e

Wenfeng, W., Ndungu, A., Li, Z., & Wang, J. (2016). Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Science of The Total Environment,* 575. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.09.213

Wright, S. L., Thompson, R. C. Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution,* 178, 483-492. doi:https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

กรมควบคุมมลพิษ. (2552). คู่มือแนวทางและข้อกำหนดเบื้องต้น การลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย. 2 กันยายน 2562, เข้าถึงได้จาก http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_Guideline3R.pdf?CFID=2385605&CFTOKEN=53293159

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). รายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. 6 กันยายน 2562, เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/file/Thailand%20Pollution%20Report%202018_Thai.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยปีพ.ศ. 2563. 17 กันยายน 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.pcd.go.th/pub_type/

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2560). สถานการณ์ด้านทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งและการกัดเซาะชายฝั่งของประเทศไทย พ.ศ. 2560. 6 กันยายน 2562, เข้าถึงได้จาก https://www.dmcr.go.th/detailLib/4050

กระทรวงสาธารณสุข. (2528). กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุ และการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร. 4 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P92.pdf

กระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). โรคจากแคดเมียม. 4 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/61

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2552). คู่มือการจัดการสารเคมีอันตรายสูงสไตรลีนโมโนเมอร์ (Styrene monomer). 4 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/01/Stirinmonomer.pdf

กาญจนา ประเสริฐ. (2558). ประวัติศาสตร์เกาะสีชัง:วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การเมือง. รัฐศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การเมืองและการบริหารจัดการ คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

โฉมพิต ศรีภูธร. (2013). ศึกษาการเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าไทยโดยอาหารผงสำหรับทดแทนสาหร่ายคลอเรลลา. *RMUTI JOURNAL Science and Technology,* 6(1), 66-80.

BURAPHA UNIVERSITY

ณัฐชา นนทารักษ์. (2561). การแพร่กระจายของตะกอนน้ำทะเลหลายช่วงเวลาในอ่าวไทย กรณีศึกษาทะเลชายฝั่งบริเวณจังหวัดชลบุรี. วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธีรภัทร แซ่เตียว. (2552). การเปรียบเทียบอัตราการเพาะฟักอาร์ทีเมียในระดับคลอรีนที่แตกต่างกันเพื่อเป็นอาหารให้กับลูกกุ้งขาวแวนาไม วิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชุมพร.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. (2561). ความหลากหลายทางชีวภาพและความผันแปรตามฤดูกาลของ กุ้ง กั้ง ปู บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ต่อชุมชนท้องถิ่นอย่างยั่งยืน.

เบญจพร พรมลี. (2556). การศึกษาถุงซิปพลาสติกที่ใช้บรรจุยาเสพติดด้วยเทคนิค *ATR-FTIR* และ *TGA*. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานฑ์กุล และนภาพร เลียดประถม. (2559). การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. แก่นเกษตร, 44(1), 1-7.

พรปรีณัน ดอนสมจิตร, พนิดา ปรารัตน์, ภานุช หงษ์สวัสดิ์ และบพิธ ฉุยฉาย. (2563). การแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในน้ำทะเลและตะกอนดินตามแนวชายหาดจังหวัดระยอง. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน, 2563(2), 1-9.

เพ็ญศิริ เอกจิตต์ และ สิริวรรณ รวมแก้ว. (2562). ขยะไมโครพลาสติกบริเวณชายหาดฝั่งตะวันตก จังหวัดภูเก็ต. วารสารสิ่งแวดล้อม, 23(2).

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2539). คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน (*Handbook on Plankton Culture*): มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรกานต์ เสถียรวงศ์นุษา. (2563). โครงสร้างประชาคมแพลงก์ตอนบริเวณอ่าวตราด จังหวัดตราด. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

วรงค์ศิริ เข็มสวัสดิ์. (2559). ไมโครพลาสติก: จากเครื่องสำอางสู่สารปนเปื้อนในอาหาร. วารสารพิษวิทยาไทย, 2559(31), 12.

ศีลาวุธ ดำรงศิริ และ เพ็ญรดี จันทร์ภิวัฒน์. (2562). ไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค. วารสารสิ่งแวดล้อม, 23(2), 11.

ศุภมัย พรหมแก้ว. (2552). นิเวศวิทยาการกินอาหารของโคพีพอดชนิดเด่นบริเวณอ่าวปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง และปริณดา พรหมหิตาธร. (2556). ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. วารสารพิษวิทยาไทย, 2556(28), 14.

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. (2557). การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก. เข้าถึงได้จาก https://www.dmcr.go.th/upload/dt/file/file-3095-201705161494905397559.pdf

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). พาทาเลต (Pthalate) 4 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก http://fic.nfi.or.th/foodsafety/upload/damage/pdf/pthalate.pdf

สำนักงานจังหวัดชลบุรี. (2555). ข้อมูลพื้นฐานแผนการพัฒนาจังหวัด/กลุ่มจังหวัดและการดำเนินงานตามนโยบายสำคัญ. 6 กันยายน 2562, เข้าถึงได้จาก http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/20000000.pdf

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). EU ปรับลดปริมาณการใช้สาร Bisphenol A (BPA) ในบรรจุภัณฑ์อาหาร. 4 ธันวาคม 2562, เข้าถึงได้จาก https://www.tisi.go.th/data/regulate/regulation/EU/EU_BPA.pdf

สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์, สายสิริ ไชยชนะ, ฉัตรฑริกา แซ่อิ้ว, ธัญญารัตน์ คงทอง และอภิสิทธิ์ อินทภาพ. (2020). ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหาดทรายตามแนวชายฝั่งของตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา *Thailand Research Expo : Symposium* 2020, 2020(15).

สุจิตรา วาสนาดำรงดี. (2562). ภาพรวมมาตรการลดขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งในต่างประเทศ. วารสารสิ่งแวดล้อม, 2562(23), 10.

สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์, เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์ และจงรักษ์ ผลประเสริฐ. (2562). มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย. วารสารสิ่งแวดล้อม, 2562(23), 10.

สุธีรา ธรรมจง. (2562). การใช้วิธี *ATR-FTIR spectrophotometry* ในการวิเคราะห์ผ้าและตัวอย่างผ้าที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุพัสตรา เหล็กจาน. (2546). การแพร่กระจายของไรน้ำนางฟ้าและแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำชั่วคราว ในเขตจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, ปราโมทย์ โศจิศุภร, ธยานี สุวรรณราช และเผชิญโชค จินตเศรณี. (2016). การวิเคราะห์คลื่นบริเวณชายหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 20(2), 131-139.

อรุณี ศุภสินสาธิต. (2556). พลาสติกและภัยจากพลาสติก. วารสารสิ่งแวดล้อม, 17(3), 20.

อลงกรณ์ พุดหอม. (2556). ความชุกชุมและการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดกลางบริเวณอ่าวไทยตอนใน วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

อาทิตยา จิตจำนง. (2559). สารก่อมะเร็งในอุตสาหกรรม. *EAU HERITAGE JOURNAL Science and Technology,* 2016(10), 11.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววัชรภรณ์ สังขพันธ์
วัน เดือน ปี เกิด	12 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดชุมพร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	96 หมู่ 16 ตำบลดอนยาง อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86210
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา