



การสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) จากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ชญญากรณ์ บัวแดง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) จากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก



ธัญญาภรณ์ บัวแดง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ACCUMULATION AND CHARACTERISTIC OF MICROPLASTICS IN CULTURED OYSTERS  
(*Saccostrea cucullata*) AND GREEN MUSSELS (*Perna viridis*) ALONG THE EASTERN  
COAST OF THAILAND



TANYAPORN BUATANG

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

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ธีัญญาภรณ์ บัวแดง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี)

..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร แสงสง่า)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ)

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตตา บุญภักดี)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัย  
บูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอียด)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62910151: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: ชายฝั่งทะเล/ ไมโครพลาสติก/ หอยนางรม/ หอยแมลงภู/  $\mu$ FT-IR

ัญญาภรณ์ บัวแดง : การสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม

(*Saccostrea cucullata*) และหอยแมลงภู (*Perna viridis*) จากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเล

ภาคตะวันออก. (ACCUMULATION AND CHARACTERISTIC OF MICROPLASTICS IN

CULTURED OYSTERS (*Saccostrea cucullata*) AND GREEN MUSSELS (*Perna viridis*)

ALONG THE EASTERN COAST OF THAILAND) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ถนอมศักดิ์

บุญภักดี, สุปราณี แก้วภิรมย์, ชูตา บุญภักดี ปี พ.ศ. 2567.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมและชนิดของไมโครพลาสติกขนาด 60-5000 ไมโครเมตรในหอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) และหอยแมลงภู (*Perna viridis*) จากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลในจังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด จำนวน 7 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่าง ในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 - มกราคม 2563 และ ธันวาคม 2566 พบว่าหอยแมลงภูจากพื้นที่เพาะเลี้ยงใกล้ชุมชน และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี มีปริมาณไมโครพลาสติกสะสมมากกว่าพื้นที่อ้างอิง ( $109.1 \pm 56.4$ ,  $202.4 \pm 107.1$  และ  $14.4 \pm 7.6$  ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝาทั้ง 2 ชนิดนั้นเป็นไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร มากกว่า 80% และมีการสะสมของไมโครพลาสติกในระบบทางเดินอาหารมากกว่าในกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบรูปร่างไมโครพลาสติกแบบแผ่นมากกว่ารูปแบบอื่นๆ การวิเคราะห์ชนิดโพลีเมอร์ของไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy หรือ  $\mu$ FT-IR ระบุได้ว่าไมโครพลาสติกรูปแบบแผ่นที่พบมีความคล้ายคลึงกับ PET, PE และ PS ส่วนรูปร่างเส้นใยมีความคล้ายคลึงกับพลาสติก nylon ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเชือกที่ใช้แขวนเลี้ยงหอยสองฝา ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการรับสัมผัสไมโครพลาสติกจากการบริโภคหอยสองฝา และนำไปสู่การลดปริมาณไมโครพลาสติกในหอยสองฝาจากการเพาะเลี้ยงอีกด้วย

62910151: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: COASTAL/ MICROPLASTICS/ OYSTER/ MUSSEL/  $\mu$ FT-IR

TANYAPORN BUATANG : ACCUMULATION AND CHARACTERISTIC OF MICROPLASTICS IN CULTURED OYSTERS (*SACCOSTREA CUCULLATA*) AND GREEN MUSSELS (*PERNA VIRIDIS*) ALONG THE EASTERN COAST OF THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: THANOMSAK BOONPHAKDEE, D.Agr.Sc. SUPRANEE KAEWPIROM, Ph.D. CHUTA BOONPHAKDEE, Ph.D. 2024.

This research aims to investigate the accumulation and types of microplastic (60-5000 micrometre) in two commercial bivalves: oysters (*Saccostrea cucullata*) and green mussels (*Perna viridis*) from mariculture farms along the eastern coast of Thailand. Samplings were performed in 7 stations from August 2019 to January 2020 and in December 2023. Green mussels taken from the coast of urban and petrochemical industry estates showed significantly higher microplastic quantity ( $109.1 \pm 56.4$ ,  $202.4 \pm 107.1$  items/g wet weight, respectively) than that of the reference station ( $14.4 \pm 7.6$  items/g wet weight). Microplastic size of 60-300 micrometres was dominant > 80% and significantly accumulated in the digestive tract rather than in other tissues. The principal shape of microplastic in oysters and green mussels was sheet. The  $\mu$ FT-IR was used to identify polymers of microplastics. We found PET, PE, and PS were polymers of sheet microplastic, whereas fibre shape was nylon, a main component of seed ropes for oysters and green mussels raft culture. The results from this research can be helpful for health risk assessment on bivalve consumption and lead to the minimization of microplastic in bivalve culture.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ บุญภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบบังคับเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตินันท์ บุญภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในส่วนของคุณสมบัติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้มอบทุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ ภาควิชาเคมี ภาควิชาชีววิทยา และหลักสูตรบัณฑิตศึกษาศาสาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณ นางสาวจิรนนท์ ธรรมณวโสฬส นางสาวพรวิภา กันเกตุ นางสาววิศรดา วัฒนวิโรจน์กุล และนางสาววิลาวัลย์ บุญปก ที่ช่วยเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และมิตรสหายทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยชื่อนามทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือ จนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตเวทิตาแด่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบทุกวันนี้

ธัญญาภรณ์ บัวแดง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
สมมติฐานของงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 .....	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 พลาสติก .....	4
2.2 ไมโครพลาสติก.....	5
2.3 ชีวิตวิทยาของหอยนางรม (วันทนา อยู่สุข, 2528).....	6
2.5 กลไกการกินอาหารของหอยสองฝา (Gosling, 2015).....	8
2.6 ผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อหอยนางรมและหอยแมลงภู่.....	9
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9

2.7.1 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา .....	9
2.7.2 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝา.....	10
2.7.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝา .....	10
บทที่ 3 .....	13
วิธีดำเนินการวิจัย .....	13
3.1 พื้นที่ทำการศึกษา .....	13
3.2.1 การเก็บตัวอย่างหอยสองฝา.....	15
3.4 การทดสอบทางสถิติ.....	16
บทที่ 4 .....	17
ผลการวิจัย .....	17
4.1 การสะสมไมโครพลาสติกในหอยสองฝา .....	17
4.1.2 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรม .....	17
4.1.2 ขนาดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม .....	19
4.1.3 รูปร่างและที่มาของไมโครพลาสติกในหอยนางรม .....	19
4.1.4 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ .....	20
4.1.5 ขนาดของไมโครพลาสติกหอยแมลงภู่.....	22
4.1.6 รูปร่างและที่มาของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่.....	22
4.2 การวิเคราะห์ชนิดโพลิเมอร์ด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy (μFT-IR).....	23
บทที่ 5 .....	27
อภิปรายและสรุปผล.....	27
5.1 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยสองฝาแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน.....	27
5.2 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา.....	28

5.3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อ.....29

5.4 ขนาดของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา .....30

5.5 รูปร่างไมโครพลาสติกในหอยสองฝา.....31

5.3 การวิเคราะห์ชนิดโพลิเมอร์ด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy (μFT-IR).....32

5.4 สรุปผลการศึกษา .....32

บรรณานุกรม .....34

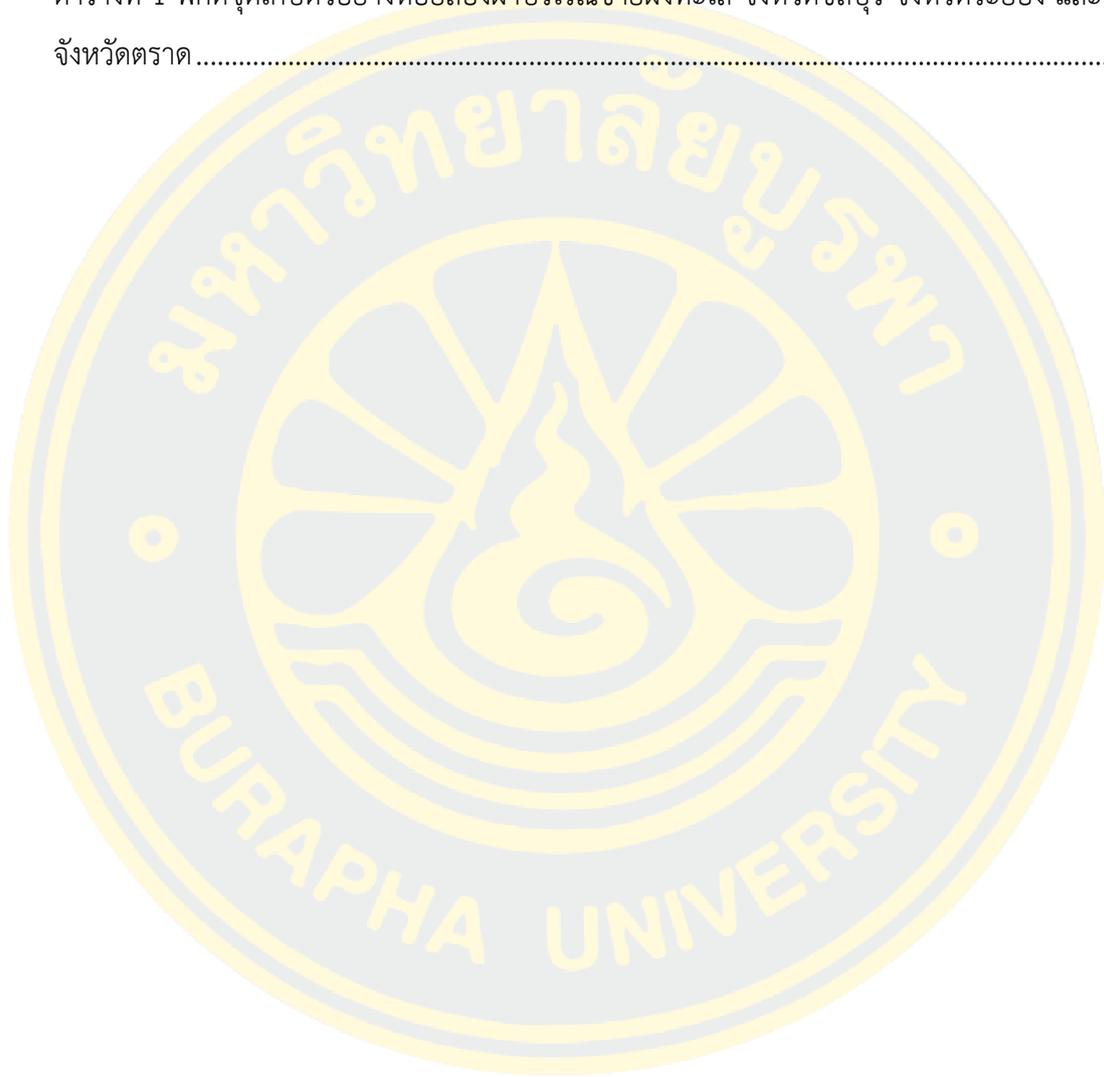
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....42



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างหอยสองฝาบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และ จังหวัดตราด.....	14
---	----



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ระบบทางเดินอาหารของหอยนางรม .....	6
ภาพที่ 2 ระบบทางเดินอาหารของหอยแมลงภู่.....	7
ภาพที่ 3 การได้รับและการขับไมโครพลาสติกของหอยสองฝา.....	8
ภาพที่ 4 ตัวอย่างการบ่งชี้พอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมบริเวณชายฝั่งทะเล ประเทศจีน.....	11
ภาพที่ 5 ตัวอย่างพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่บริเวณทะเล Northern Ionian	12
ภาพที่ 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างหอยสองฝาจากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย โดยวงกลมทึบแสดงจุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ และสามเหลี่ยมทึบแสดงจุดเก็บตัวอย่างหอยนางรม .....	15
ภาพที่ 7 ปริมาณไมโครพลาสติกรวมทุกขนาดที่พบในหอยนางรม(อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบาง โปรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ).....	18
ภาพที่ 8 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรม (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโปรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)) ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) .....	18
ภาพที่ 9 เพอร์เซ็นต์ขนาดไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรม (S. cucullata) (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโปรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)).....	19
ภาพที่ 10 รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธีที่ต่างกัน (S. cucullata) (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโปรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)).....	20
ภาพที่ 11 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ จากหาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH).....	21

ภาพที่ 12 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH))..21

ภาพที่ 13 เปรียบเทียบขนาดไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH)).....22

ภาพที่ 14 รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH)).....23

ภาพที่ 15 การบ่งชี้ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมด้วยเทคนิค  $\mu$ FT-IR (ก) เชือกที่ใช้ในการเลี้ยงหอยนางรม และ (ข) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติกชนิด nylon (ค) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นแผ่น สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (PET) .....24

ภาพที่ 16 การบ่งชี้ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ด้วยเทคนิค  $\mu$ FT-IR (ก) โพลีเอทิลีน และ (ข) โพลีสไตรีน.....25

ภาพที่ 17 ตัวอย่างไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้ระบุว่าเป็นชนิดไนรอน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐานในลอนมากกว่า 80% .....26

ภาพที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกในหอยสองฝาระหว่างสถานีใกล้ชายฝั่งชุมชนเมือง (BS, BP, WB, BR และ SR) สถานีใกล้ชายฝั่ง (MT) และสถานีอ้างอิง (CH).....28

ภาพที่ 19 สัดส่วนของขนาดไมโครพลาสติกในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงตามแนวชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย .....31

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หอยสองฝาเป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกกว่าสัตว์น้ำประเภทอื่นและนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นในทุกๆปี (จิตรลดา ศรีตระกูล, 2560) โดยหอยสองฝาที่นิยมเลี้ยง ได้แก่ หอยแครง หอยนางรม และหอยแมลงภู่ โดยส่วนใหญ่แหล่งเพาะเลี้ยงจะอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและมีวิธีการเลี้ยงแตกต่างกันออกไป แต่ในปัจจุบันความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลมีความรุนแรงขึ้น ทำให้ผลผลิตของหอยสองฝามีจำนวนลดน้อยลง (Thomas et al., 2020)

ในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกกันอย่างมาก เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลากหลายด้าน ด้วยคุณสมบัติที่มีความคงทน แข็งแรง น้ำหนักเบา และมีราคาที่ถูก แต่การจัดการกับพลาสติกที่ใช้แล้วยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ ทำให้มีขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นในทุกๆปี (Phuong et al., 2017) โดยประเทศไทยมีปริมาณขยะพลาสติกเกิดขึ้นในปี 2564 ประมาณ 2.76 ล้านตัน (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2566) และขยะพลาสติกเหล่านั้นถูกทิ้งลงทะเลประมาณ 10% (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2566) แปรสภาพเป็นขยะพลาสติกที่ลอยลอยอยู่ในทะเล เมื่อเวลาผ่านไปขยะพลาสติกอาจจะเกิดการแตกหักหรือย่อยสลายโดยกระบวนการต่างๆ ทำให้เกิดเป็นไมโครพลาสติก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร (Arthur et al., 2009) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกยังมาจากพวกเครื่องสำอาง เช่น โฟมที่มีส่วนผสมของไมโครบีดส์ หรือมาจากผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกโดยตรง (Barnes et al., 2009) โดยทั่วไปไมโครพลาสติกทั้งที่มีความหนาแน่นมากกว่าหรือน้อยกว่าน้ำ อาจจมตัวหรือแขวนลอยอยู่ในมวลน้ำได้ สามารถเข้าไปในห่วงโซ่อาหาร (Food chain) โดยผ่านการกรองกินของสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการสะสมไมโครพลาสติกภายในตัวของสัตว์น้ำดิน และหอยสองฝาได้ การที่ไมโครพลาสติกสะสมภายในหอยสองฝา จะทำให้น้ำเยื่อเกิดการอักเสบอย่างรุนแรงหรือการตายของเนื้อเยื่อบริเวณอื่น (Bråte et al., 2018; Moos et al., 2012) และไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในหอยสองฝาจอาจเข้าไปสะสมในร่างกายของมนุษย์ที่บริโภคหอยสองฝา (Cole et al., 2011) ผ่านลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหารได้อีกด้วย

ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี อาจเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการสะสมของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา เนื่องจากจังหวัดชลบุรีมีการขยายตัวของชุมชนเมืองอย่างรวดเร็ว และมีการปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชน ทั้งที่ได้รับการบำบัดและไม่ได้รับการบำบัดลงสู่ชายฝั่งทะเลที่เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงหอยสองฝา จึงควรที่จะมีการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในตัวของหอยนางรมและหอยแมลงภู่ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำทิ้งชุมชน เพื่อให้เกิดมาตรการที่เหมาะสมในการจัดการและควบคุมไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำต่อไป

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณการสะสมไมโครพลาสติกในหอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่ง
2. เพื่อบ่งชี้ชนิดของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่ง

### สมมติฐานของงานวิจัย

1. การสะสมของไมโครพลาสติกมีความแตกต่างของหอยสองฝาในแต่ละแหล่งเพาะเลี้ยง
2. ปริมาณไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารของหอยสองฝามีมากกว่าในกล้ามเนื้อ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นแนวทางพัฒนากระบวนการในการลดปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝาของพื้นที่การศึกษา
2. ใช้เป็นข้อมูลในการประเมินการได้รับไมโครพลาสติกจากการบริโภคหอยสองฝา

### นิยามศัพท์เฉพาะ

ไมโครพลาสติกในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีขนาด 60-5,000 ไมโครเมตร หอยสองฝาในการศึกษาครั้งนี้ หอยนางรม (*Saccostrea cucullata*) และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*)

### ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษารูปแบบและรูปร่างของไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในตัวของหอยสองฝา (หอยนางรมและหอยแมลงภู่) เก็บจากฟาร์มบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเก็บตัวอย่าง 7 พื้นที่ ใน 3 จังหวัด ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี ได้แก่ อ่าวบางทราย ปากคลองบางโปร้ง หาดวอนนภา บางพระ

และศรีราชา ชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ได้แก่ มาบตาพุด และชายฝั่งทะเลจังหวัดตราด ได้แก่ เกาะช้าง (พื้นที่อ้างอิง) โดยการนับจำนวนและวิเคราะห์ชนิดไมโครพลาสติกด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy ( $\mu$ FT-IR) ทำการเก็บตัวอย่างหอยสองฝาที่ตัวเต็มวัยขนาดความยาวเปลือกมากกว่า 35 มิลลิเมตร สถานีละไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือน สิงหาคม 2562 - มกราคม 2563 และเก็บตัวอย่างจากแหล่งอ้างอิงวันที่ 31 ธันวาคม 2566 ทำการศึกษาปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา พร้อมวิเคราะห์ชนิดโพลิเมอร์ด้วยเทคนิค  $\mu$ FT-IR



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พลาสติก

พลาสติก หมายถึง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กที่เกิดจากการกลั่นลำดับส่วนของ น้ำมันดิบมาทำปฏิกิริยากัน ทำให้ได้สายโซ่ที่ยาว เรียกว่า “พอลิเมอร์” ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) และธาตุอื่น ๆ ซึ่งพอลิเมอร์จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบตั้งต้น พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ถูกนำไปขึ้นรูปเป็นเม็ดพลาสติกและทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป พลาสติกที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่

1.1 พอลิเมอร์เอทิลีน (Polyethylene: PE) มีลักษณะขาวขุ่น โปร่งแสง ยืดตัวได้ดี ไม่มีกลิ่น และมีความเหนียว นอกจากนี้ยังทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยพลาสติกชนิดนี้ เช่น ขวดใส่สารเคมี ขวดใส่น้ำ ของเล่นเด็ก ชิ้นส่วนแบตเตอรี่ เป็นต้น

1.2 พอลิโพรไพลีน (Polypropylene: PP) มีลักษณะขาวขุ่น และมีความทึบกว่าพอลิเมอร์เอทิลีน มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.89-0.90 มีความสามารถในการลอยน้ำได้ คุณสมบัตินอกจากนี้จะเหมือนกับพอลิเมอร์เอทิลีน พลาสติกชนิดนี้ใช้ทำผลิตภัณฑ์ เช่น กล่องหรือตลับเครื่องสำอาง อุปกรณ์ทางการแพทย์ ปกแฟ้มเอกสาร เป็นต้น

1.3 พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC) มีความสามารถเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ติดไฟ มีลักษณะขุ่นทึบ เป็นได้ทั้งของแข็งที่คงรูปได้และอ่อนนุ่ม นำไปใช้ได้หลากหลายอย่าง เช่น ผนังเทียม สำหรับหุ้มเบาะ ท่อน้ำ แก้วอู๋ เป็นต้น

1.4 พอลิไวนิลแอสเตต (Polyvinylacetate: PVA) เป็นพอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่น ไม่เป็นผลึก มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด ไม่สามารถใช้แม่พิมพ์ในการหล่อขึ้นรูปได้ ใช้ทำกาวสำหรับติดไม้ กระดาษ ผ้า และผนังเทียม

1.5 พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) มีความแข็ง เปราะแตกง่าย แต่ยังสามารถนำไปทำให้มีความเหนียวขึ้นได้โดยการผสมสารบิวทาไดอีน ทนแรงอัดได้สูง สามารถใช้ประกอบในการปรับปรุงคุณภาพและคุณสมบัติของพลาสติกชนิดอื่น เช่น เพิ่มความเหนียว ความแข็งแรง การทนความร้อน เป็นต้น

1.6 พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) มีความโปร่งใสและแข็งแรง ทนต่อการขีดข่วนได้ดี จึงนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ทนแก้วหรือกระจก

1.7 ไนลอน (Nylon) มีลักษณะขาวขุ่นโปร่งแสงและเป็นฉนวนไฟฟ้า ใช้ในการทำเสื้อผ้า เชือก เฟืองเกียร์ เป็นต้น

1.8 พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene: PTFE) หรือเทฟลอน สามารถทนความร้อนได้ถึง 300 องศาเซลเซียส และยังทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ด้วย

1.9 เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde) พอลิเมอร์ชนิดนี้ได้มาจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชันของเมลามีนและฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นโครงข่ายร่างแหหนาแน่นที่แข็งแรงคล้ายฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติกชนิดนี้ ได้แก่ จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เครื่องใช้ในครัวเรือน

## 2.2 ไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติก หมายถึง พลาสติกที่มีขนาดเล็กมากกว่า 5 มิลลิเมตร (Arthur et al., 2009) ซึ่งอาจจะเกิดจากการแตกหัก หรือเกิดจากกลไกการย่อยสลายของขยะพลาสติกขนาดใหญ่ หรือการสร้างพลาสติกที่มีขนาดเล็กลง เพื่อให้เหมาะกับวัตถุประสงค์การใช้งานบางประการ เช่น เม็ดพลาสติกในโฟมล้างหน้า เม็ดพลาสติกตั้งต้นในการผลิตพลาสติก เป็นต้น (Barnes et al., 2009) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามแหล่งที่มา ดังนี้

ไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (Primary microplastic) คือพลาสติกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาให้มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เพื่อการใช้ประโยชน์เฉพาะด้าน เช่น เม็ดพลาสติกบริสุทธิ์ (Nurdle) กลิตเตอร์ (Glitter) เม็ดบีดส์ (Beads) หรือ ไมโครบีดส์ (Microbeads)

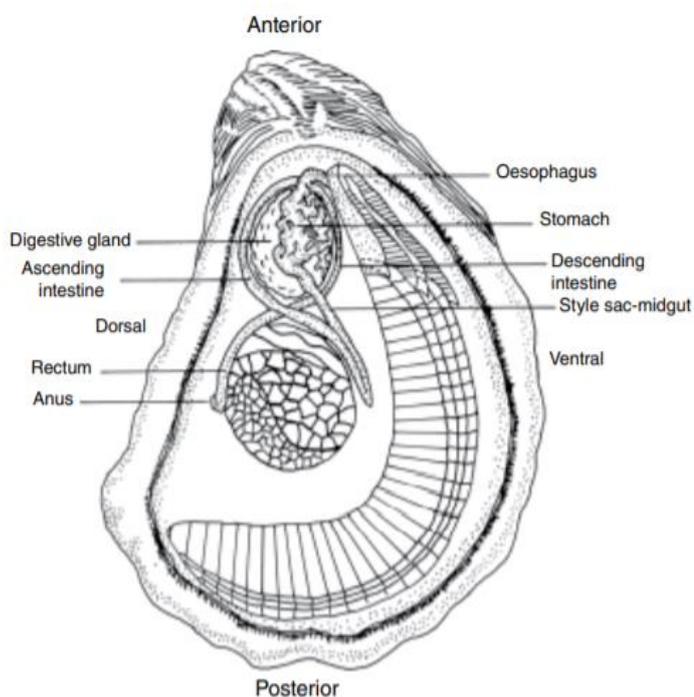
ไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (Secondary microplastic) คือพลาสติกที่เกิดจากกระบวนการสลายตัวของพลาสติกขนาดใหญ่จนกลายเป็นชิ้นส่วน (Fragment) เส้นใย (Fiber) หรือแผ่นฟิล์ม (Film) ของพลาสติกที่มีขนาดเล็กลง

ไมโครพลาสติกเกิดจากการย่อยสลายของมาโครพลาสติก หรือพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ 2 วิธี คือ การย่อยสลายได้โดยแสง (Photo degradation) และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ (Biodegradation by microorganism)

### 2.3 ชีวิตวิทยาของหอยนางรม (วันทนา อยู่สุข, 2528)

หอยในวงศ์หอยนางรมมีหลายชนิดแต่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีการเพาะเลี้ยงกันส่วนใหญ่จัดอยู่ใน 3 สกุล ได้แก่ *Crassostrea*, *Saccostrea* และ *Ostrea* ซึ่งการจัดจำแนกชนิดของหอยนางรมยังมีความสับสนค่อนข้างมาก สำหรับหอยนางรมที่สำคัญทางเศรษฐกิจของไทยมี 3 ชนิด ได้แก่ หอยตะโกรมหรือหอยนางรมกรมขาว (*C. berlicher*) หอยนางรมกรมดำ (*C. irexfaster* หรือ *C. lungutoris*) และหอยนางรมปากจีบ (*S. cucullata*)

หอยนางรมในธรรมชาติพบติดอยู่กับก้อนหิน เสาปูน รากไม้ที่แช่อยู่ในน้ำ หรือวัสดุทุกชนิดที่อยู่ในระดับที่น้ำท่วมถึง โดยใช้ฝาด้านหนึ่งยึดเกาะไว้ ฝาด้านที่ติดกับวัสดุเป็นอุ้งลึกกว่าอีกฝาด้านหนึ่ง 2 จึงมีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งหอยนางรมที่อยู่ในธรรมชาติมักจะมีรูปร่างบิดเบี้ยวไปตามพื้นที่ที่ลงเกาะ เนื่องจากอยู่กันอย่างเบียดเสียด เปลือกหอยมีบานพับหนาและไม่มีฟัน ตัวหอยไม่มีเท้า ไม่มีท่อหายใจและไม่มีเส้นใย มีกล้ามเนื้อยึดเปลือกอันเดียว ซึ่งหอยนางรมอยู่ได้ทั้งในทะเลและบริเวณน้ำกร่อย (วันทนา อยู่สุข, 2528) ส่วนที่เป็นเนื้อหอย มีเนื้อเยื่อบางๆ ห่อหุ้มลำตัวเรียกว่า mantle มีลักษณะเป็นริ้วแผ่ขยายไปถึงช่องปาก มีเหงือก 2 คู่ ทำหน้าที่กลไกการกรองอาหาร (Filter feeding) พร้อมทั้งหายใจและขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย บริเวณกลางลำตัวมีกล้ามเนื้อใหญ่ทำหน้าที่เปิดและปิดเปลือกหอย อาหารผ่านเข้าไปภายในตัวหอยพร้อมกับน้ำและถูกรวบรวมเข้าสู่ปากผ่านระบบย่อยอาหาร เศษอาหารที่เหลือจะผ่านออกทางทวารและถูกกำจัดออกพร้อมการหายใจ (Gosling, 2015) (ภาพที่ 1)



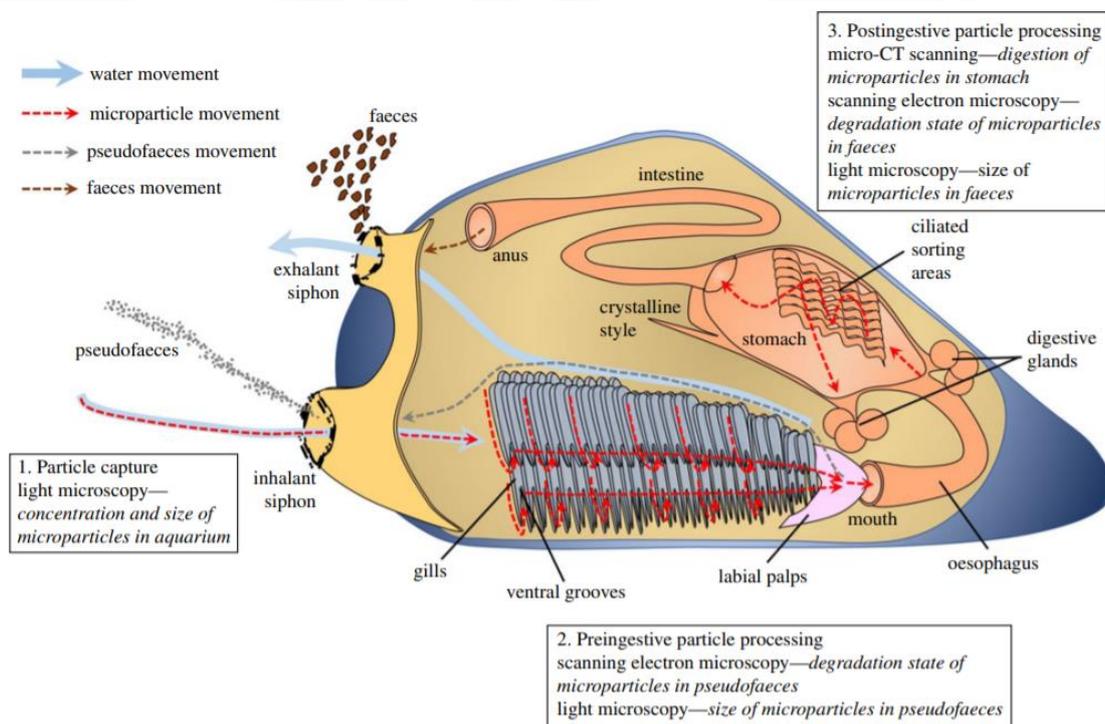
ภาพที่ 1 ระบบทางเดินอาหารของหอยนางรม

ที่มา: Gosling (2015)

## 2.4 ชีวิตวิทยาของหอยแมลงภู (วันทนา อยู่สุข, 2528)

หอยแมลงภูเป็นหอยที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศสำหรับหอยแมลงภูที่พบในเมืองไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Perna viridis* Linneaus มีชื่อสามัญว่า Green mussel จัดไว้ในอนุกรมวิธานดังนี้

หอยแมลงภูเป็นหอยสองฝาที่มีขนาดและลักษณะเหมือนกันทั้ง 2 ฝา ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นส่วนของเปลือกที่ยาวรีรูปไข่ ด้านหน้าแหลม ท้ายป้าน อัมโบอยู่ปลายหน้าสุด ฟันที่บานพับมีขนาดเล็ก 1-2 ซี่ หรือไม่มีเลย เปลือกด้านนอกเรียบมีสีเขียวเข้ม หรือสีน้ำตาลไหม้ ด้านในเป็นสีมุก ขอบของแมนเทิลซ้ายและขวาเชื่อมติดกันที่ท้ายตัว และส่วนที่สอง เป็นเนื้อหอย ประกอบด้วยเยื่อหุ้มลำตัว (mantle) ซึ่งติดกับฝาทั้งสองข้าง ส่วนพุง (visceral mass) ส่วนของเท้า (foot) ซึ่งมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่น และมีรากหรือซัง (byssus) ซึ่งเป็นเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาล เหนียว เกิดจากสารประกอบของควิโนนแทน-โปรตีน (guanine tanned protein) เส้นใยดังกล่าวอยู่บริเวณฐานของเท้าซึ่งหอยใช้ยึดเกาะกับเสาไม้ หิน หรือวัสดุอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังมีเหงือกขนาดใหญ่ (ภาพที่ 2)

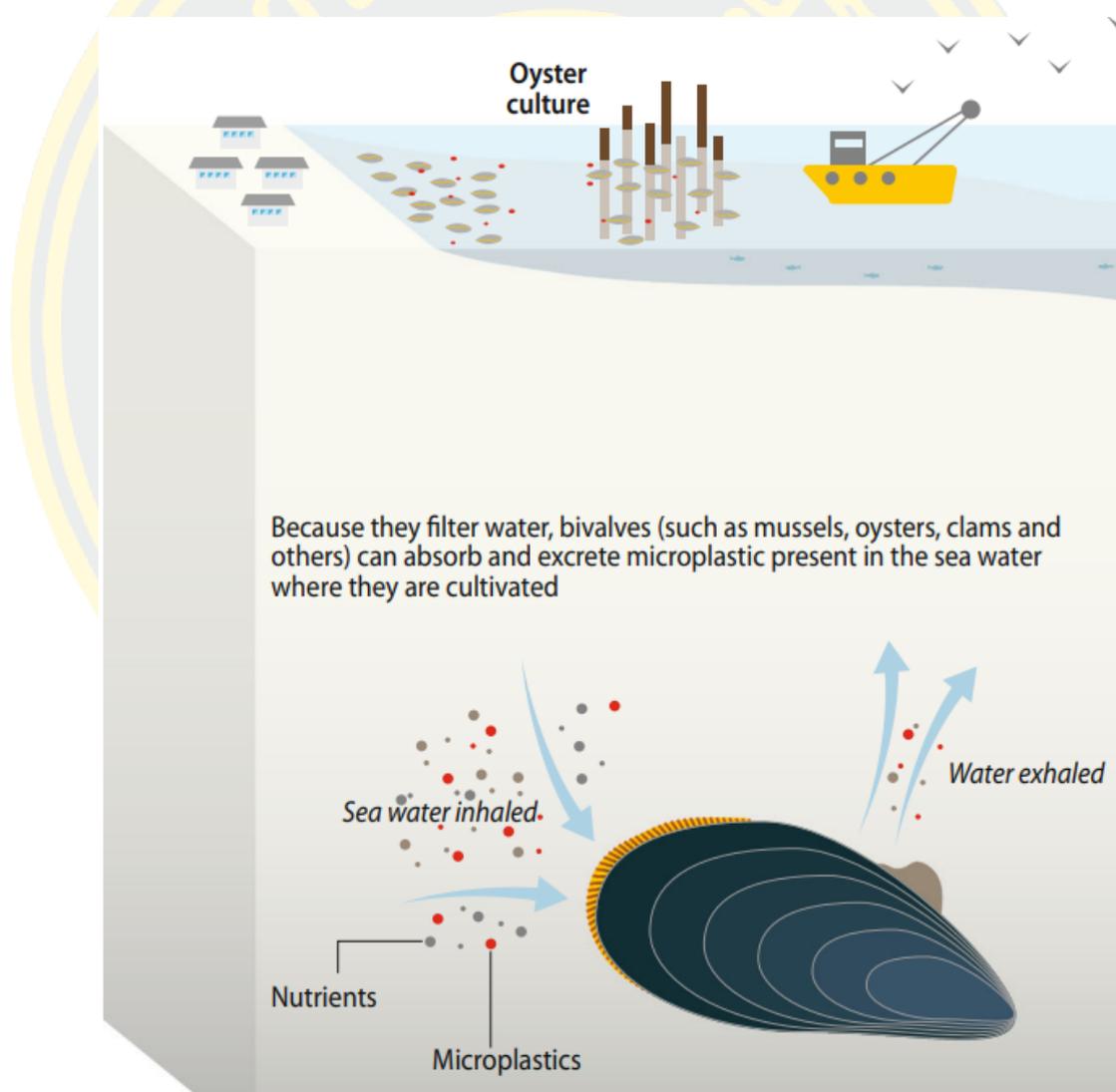


ภาพที่ 2 ระบบทางเดินอาหารของหอยแมลงภู

ที่มา: Willer and Aldridge (2017)

## 2.5 กลไกการกินอาหารของหอยสองฝา (Gosling, 2015)

โดยกลไกการกินของหอยสองฝา คือ การกรองกิน (Filter feeding) เริ่มด้วยหอยจะดูดน้ำ และอาหารเข้าสู่ร่างกายทางท่อน้ำเข้า (Incurrent siphon) (ภาพที่ 3) อาหารจะผ่านการกรองที่เหงือก (External gill) และจะถูกนำลำเลียงไปที่ร่องอาหาร (Ventral food groove) ในบริเวณนี้จะมีการผลิตเมือกทำให้อนุภาคของอาหารเป็นเส้นสายและ ลาเบียลพัล (Labial pale) ทำหน้าที่โบกพัดอาหารเข้าปาก ส่วนอาหารที่มีอนุภาคใหญ่ซึ่งไม่ผ่านการกรองจากซี่เหงือกจะถูกส่งต่อไปในช่องแมนเทิล (Mantle) เพื่อขับออกนอกร่างกาย ซึ่งสิ่งที่ถูกขับออกมา เรียกว่า “มูลเทียม” (Pseudofaeces)



ภาพที่ 3 การได้รับและการขับไมโครพลาสติกของหอยสองฝา

ที่มา: Smith et al. (2018)

## 2.6 ผลกระทบของไมโครพลาสติกต่อหอยนางรมและหอยแมลงภู่

ไมโครพลาสติกมีผลกระทบต่อกระบวนการทางชีวภาพในร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Green, 2016) โดยส่งผลกระทบต่อการทำงานของไลโซโซม (Avio et al., 2015; Moos et al., 2012) ส่งผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน ระบบต้านอนุมูลอิสระ และระบบประสาท (Avio et al., 2015) และยังมีผลกระทบต่อสรีรวิทยาของหอยแมลงภู่โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเหงือกและระบบย่อยอาหาร (Avio et al., 2015; Bråte et al., 2018; Browne et al., 2008; Moos et al., 2012) เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่ออย่างรุนแรงหรือการตายของเนื้อเยื่อบริเวณอื่น (Bråte et al., 2018; Moos et al., 2012) และยังพบการตายของหอยนางรมที่มีการสัมผัสกับไมโครพลาสติกที่มีปริมาณสูงและมีระยะเวลาในการสัมผัสกับไมโครพลาสติกนาน (Thomas et al., 2020) นอกจากนี้ไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยแมลงภู่ และไมโครพลาสติกยังสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดของหอยแมลงภู่ (Browne et al., 2008) ได้อีกด้วย

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะสมของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาในบริเวณชายฝั่งทะเล ได้แก่ การศึกษาของ ปิติพงษ์ ธาระมนต์ และคณะ (2559) พบไมโครพลาสติกขนาด >900 ไมโครเมตร สะสมในหอยสองฝาในบริเวณหาดเจ้าหลาวและหาดคุ้งวิมานมีไมโครพลาสติกเฉลี่ย  $3.13 \pm 4.68$  และ  $2.98 \pm 2.12$  ชิ้น/ตัว ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษา Abidli et al. (2019) พบไมโครพลาสติกขนาด 100-1,000 ไมโครเมตรในหอยสองฝาบริเวณทะเลสาบ Bizerte เฉลี่ย  $1,030.10 \pm 355.69$  ชิ้น/กิโลกรัม เนื่องจากดินตะกอนของทะเลสาบ Bizerte มีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในปริมาณที่สูงมากซึ่งเป็นผลมาจากการปล่อยน้ำเสียรอบทะเลสาบ สอดคล้องกับ H.-X. Li et al. (2018) พบไมโครพลาสติกขนาด 20-5,000 ไมโครเมตร สะสมในหอยนางรมที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำ Pearl ประเทศจีน โดยเฉลี่ย 1.4-7.0 ชิ้น/ตัว หรือ 1.5-7.2 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นที่ตั้งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น รวมถึงเป็นพื้นที่ที่มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Li et al. (2016) พบไมโครพลาสติก >250 ไมโครเมตร สะสมในหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเลของประเทศจีน มีปริมาณเฉลี่ย 1.5-7.6 ชิ้น/ตัว หรือ 0.9-4.6 ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก เนื่องจากบริเวณศึกษามีกิจกรรมของมนุษย์ที่หลากหลาย

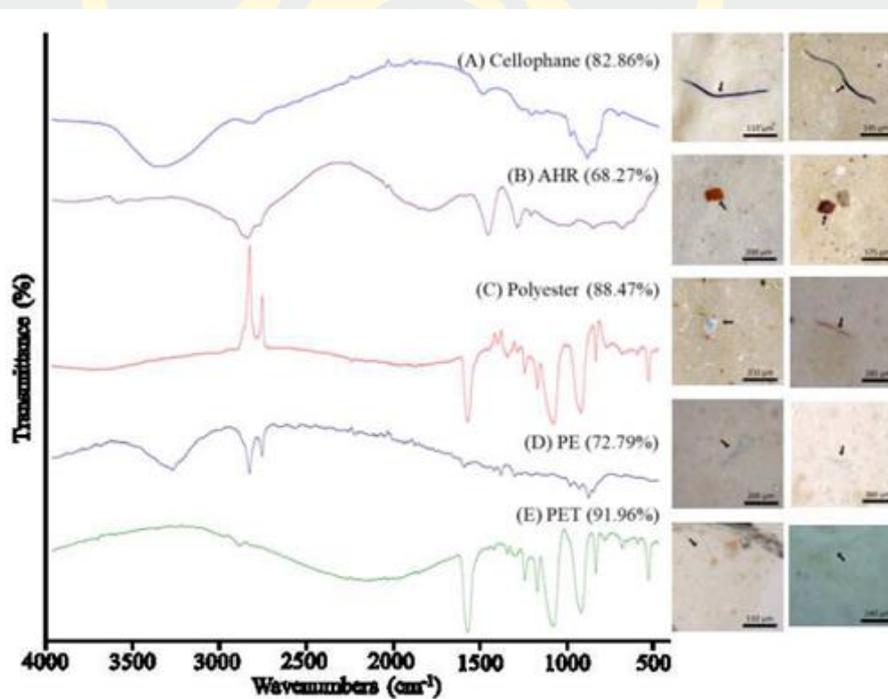
## 2.7.2 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝา

รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝาส่วนใหญ่จำแนกได้ 4 รูปร่าง คือ ทรงกลม เส้นใย แผ่น และกำหนดรูปร่างไม่ได้ งานวิจัยที่ศึกษารูปร่างไมโครพลาสติกขนาด >20 ไมโครเมตร ในหอยนางรม ส่วนใหญ่พบรูปร่างเส้นใยเป็นส่วนมาก และไมโครพลาสติกที่กำหนดรูปร่างไม่ได้รองลงมา (Fernández Severini et al., 2019; H.-X. Li et al., 2018; Patterson et al., 2019; Waite et al., 2018) นอกจากนี้ในหอยนางรมยังมีการพบไมโครพลาสติกขนาด >5 ไมโครเมตร รูปร่างแผ่น (Patterson et al., 2019) และรูปร่างทรงกลมอีกด้วย (Fernández Severini et al., 2019) เช่นเดียวกับไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ ซึ่งส่วนใหญ่พบไมโครพลาสติกขนาด >20 ไมโครเมตร รูปร่างเส้นใยมากที่สุด และพบไมโครพลาสติกที่กำหนดรูปร่างไม่ได้รองลงมา (Birnstiel et al., 2019; Catarino et al., 2018; J. Li et al., 2018; Li et al., 2016) การที่พบไมโครพลาสติก รูปร่างเส้นใยและรูปร่างแผ่นเป็นส่วนมาก เนื่องจากพื้นที่การศึกษาส่วนใหญ่มีการทำอุตสาหกรรมประมง (Catarino et al., 2018; Fernández Severini et al., 2019; H.-X. Li et al., 2018; Patterson et al., 2019; Waite et al., 2018) และการปล่อยสิ่งปฏิกูลออกจากบ้านเรือน (Birnstiel et al., 2019; Fernández Severini et al., 2019; H.-X. Li et al., 2018; Waite et al., 2018) ซึ่งตรงข้ามกับงานวิจัยของ Webb et al. (2019) และ Digka et al. (2018) ที่พบไมโครพลาสติกขนาด >100 ไมโครเมตร ในหอยแมลงภู่เป็นไมโครพลาสติกที่กำหนดรูปร่างไม่ได้เป็นส่วนมากและรูปร่างเส้นใยรองลงมา เนื่องจากพื้นที่การศึกษาได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Keisling et al. (2020) พบมีการสะสมของไมโครพลาสติกขนาด >220 ไมโครเมตร ที่กำหนดรูปร่างไม่ได้และรูปร่างเส้นใยในหอยนางรมที่อาศัยอยู่ปากแม่น้ำ Georgia เนื่องจากไมโครพลาสติกที่กำหนดรูปร่างไม่ได้มักพบบ่อยในมวลน้ำ หรืออาจเกิดจากการขับไมโครพลาสติกที่กำหนดรูปร่างไม่ได้ออกจากตัวหอยนางรมได้ยาก

## 2.7.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝา

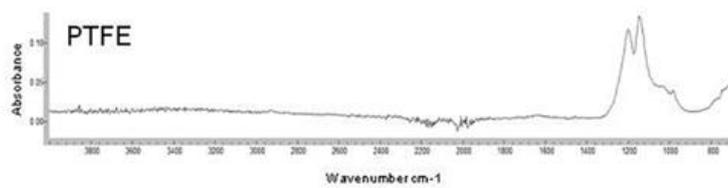
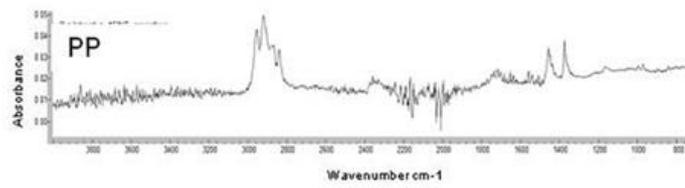
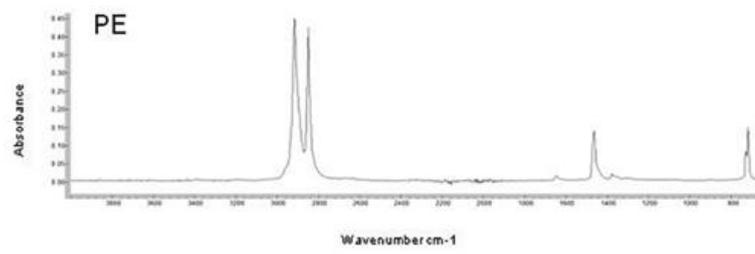
ในด้านการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของไมโครพลาสติกที่พบในหอยสองฝาโดยใช้เครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) งานวิจัยของ Abidli et al. (2019) พบว่าไมโครพลาสติกขนาด 100-1,000 ไมโครเมตร ที่สะสมในหอยสองฝาบริเวณทะเลสาบ Bizerte ประมาณ 70% เป็น polypropylene (PP) และ 30 % เป็น polyethylene (PE) ซึ่งทั้ง 2 ชนิดมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงล่องลอยไปกับมวลน้ำ เมื่อสัตว์ทะเลจำพวกหอยดูดน้ำเพื่อกรองกินอาหาร ทำให้ไมโครพลาสติกทั้ง 2 ชนิด เข้าสู่ร่างกายของหอยเป็นจำนวนมาก ต่างจากงานวิจัยของ H.-X. Li et

al. (2018) ที่พบว่าสัดส่วนชนิดพอลิเมอร์ไมโครพลาสติกขนาด 20-5,000 ไมโครเมตร ที่พบในหอยนางรมบริเวณปากแม่น้ำ Pearl ประเทศจีน เป็น PET, PP, PE, PS, cellophane (CP), PVC, PA, expanded polystyrene (EPS) จำนวน 34, 19, 14, 8, 8, 6, 4 และ 3% ตามลำดับ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบไมโครพลาสติก ในหอยนางรมบริเวณแนวชายฝั่งประเทศจีนโดย Zhu et al. (2021) พบว่าพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกขนาด <200 ไมโครเมตร ที่พบ คือ polyester, cellophane และ aromatic hydrocarbon resin (AHR) 80% ของไมโครพลาสติกทั้งหมด PE และ PET 20% ของไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรม (ภาพที่ 4) ตรงข้ามกับการวิเคราะห์องค์ประกอบไมโครพลาสติก ในหอยแมลงภู่บริเวณทะเล Northern Ionian ของ Digka et al. (2018) ซึ่งพบว่าไมโครพลาสติกขนาด 100-5,000 ไมโครเมตร ที่ตรวจสอบ 75% คือชนิด PE จำนวน 12.5% เป็น PP และ 12.5% เป็น polytetrafluoroethylene (PTFE) (ภาพที่ 5) เนื่องจาก PE และ PP มีความหนาแน่นที่น้อยกว่าน้ำ ทำให้พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่มากเพราะต้องกรองอาหารจากมวลน้ำ และ PTFE หรือเทฟลอน เป็นพอลิเมอร์ที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จึงจมลงไปสะสมในดินตะกอน มีร่องรอยอยู่ในมวลน้ำไม่มากนัก ทำให้พบพอลิเมอร์ประเภทนี้ในตัวอย่างหอยแมลงภู่เพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการบ่งชี้พอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมบริเวณชายฝั่งทะเลประเทศจีน

ที่มา: Zhu et al., (2021)



ภาพที่ 5 ตัวอย่างพอลิเมอร์ของไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่วิเวณทะเล Northern Ionian  
ที่มา: Digka et al., (2018)

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 พื้นที่ทำการศึกษ

ทำการศึกษปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ในพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยทำการเก็บตัวอย่างจากแหล่งเพาะเลี้ยง ใน 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณอ่าวบางทราย ปากคลองบางโปรง บางพระ และศรีราชา และเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่จากแหล่งเพาะเลี้ยง 5 บริเวณ ได้แก่ บริเวณหาดวอนนภา บางพระ ศรีราชา มาบตาพุด และพื้นที่อ่างอิงเกาะช้าง (ตารางที่ 1) สถานที่เหล่านี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีกิจกรรมทางมนุษย์และระดับมลพิษต่างกัน รวมถึงมีการใช้ที่ดินแบบผสมผสานเพื่อที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ และบริการ สถานี บางทราย (BS) คลองบางโปรง (BP) หาดวอนนภา (WB) บางพระ (BR) และศรีราชา (SR) รับน้ำเสียชุมชนจากชุมชนที่มีประชากรหนาแน่นก่อนจะระบายลงสู่ชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน (Boonkwang & Boonphakdee, 2022) พื้นที่ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) เป็นแหล่งรับน้ำเสียอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดซึ่งเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ใหญ่เป็นอันดับ 8 ของโลก (Ocharoen et al., 2018) ส่วนเกาะช้าง จังหวัดตราด (CH) เป็นพื้นที่ที่รับอิทธิพลจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยมาก จึงใช้เป็นพื้นที่อ้างอิง

ตารางที่ 1 พิกัดจุดเก็บตัวอย่างหอยสองฝาบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และ  
จังหวัดตราด

จังหวัด	พื้นที่	สถานี	พิกัด (GPS)	ชนิดหอยสองฝา		
				หอยนางรม	หอยแมลงภู่	
จังหวัดชลบุรี	อ่าวบางทราย	BS	13° 22.728'N 100° 57.417'E	✓		
		ปากคลองบางโพร่ง	BP1	13° 19.070'N 100° 54.890'E	✓	
			BP2	13° 19.205'N 100° 54.595'E	✓	
	หาดวอนนภา	WB1	13° 15.914'N 100° 55.446'E		✓	
	บางพระ	BR1	13° 12.738'N 100° 55.069'E	✓		
		BR2	13° 12.994'N 100° 55.103'E		✓	
		BR3	13° 13.220'N 100° 55.093'E		✓	
		BR4	13° 13.463'N 100° 54.744'E	✓		
		BR5	13° 13.315'N 100° 55.063'E	✓		
	ศรีราชา	SR1	13° 11.043'N 100° 54.454'E		✓	
		SR2	13° 11.304'N 100° 54.721'E	✓	✓	
		SR3	13° 11.409'N 100° 55.356'E	✓	✓	
		SR4	13° 11.482'N 100° 55.498'E	✓	✓	
จังหวัดระยอง	มาบตาพุด	MT1	12° 39.928'N 101° 09.752'E		✓	
		MT2	12° 40.068'N 101° 10.377'E		✓	
		MT3	12° 39.652'N 101° 10.223'E		✓	
จังหวัดตราด	พื้นที่อ่ามอิง (เกาะช้าง)	CH	12° 06.542'N 102° 21.314'E		✓	

### 3.2.1 การเก็บตัวอย่างหอยสองฝา

การเก็บตัวอย่างภาคสนาม ในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 - มกราคม 2563 และเก็บตัวอย่างจากแหล่งอ้างอิงวันที่ 31 ธันวาคม 2566 เก็บตัวอย่างหอยนางรมจากแหล่งเพาะเลี้ยงอ่าวบางทราย ปากคลองบางโปรง และชายฝั่งศรีราชา และเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่มูจากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งหาดวอนนภา บางพระ ศรีราชา มาบตาพุด และเกาะช้าง (ภาพที่ 6) โดยตัวอย่างหอยสองฝา ทั้ง 2 ชนิด เลือกเก็บตัวเต็มวัยที่มีความยาวเปลือกประมาณ 35 มิลลิเมตร และเก็บสถานีละไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง แต่ละสถานีจะอยู่ห่างจากชายฝั่งมากกว่า 100 เมตร ในการศึกษครั้งนี้เลือกเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่มีการเลี้ยงหอยสองฝา 2 แบบคือ การเลี้ยงด้วยหลักไม้ไผ่ (BS, BP และ WB) และแพเชือกแขวน (BR, SR MT และ CH)



ภาพที่ 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างหอยสองฝาจากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย โดยวงกลมทึบแสดงจุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่มู และสามเหลี่ยมทึบแสดงจุดเก็บตัวอย่างหอยนางรม

### 3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างหอยสองฝาวัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ โดยกำหนดให้หอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่ใช้ในการศึกษาต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร ทำการแกะเปลือกและผ่าแยกอวัยวะออกเป็น 2 ส่วน คือ ทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อ จากนั้นนำไปแยกสกัดไมโครพลาสติกออกจากเนื้อเยื่อตัดแปลงวิธีการมาจาก Li et al. (2015) โดยเติมสารละลาย 50 mM NaOH, 20% w/v sodium dodecyl sulphate (SDS) ลงในขวดแก้วแต่ละขวดที่มีตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยในอัตราส่วน 1:1 w/v (ตัวอย่าง เช่น เนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ 1 กรัม สารละลาย 1 มิลลิลิตร) หุ้มขวดบรรจุตัวอย่างด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าสารละลายจะใส จากนั้นเติม Hydrogen peroxide 30% 1 มิลลิลิตร และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C ประมาณ 24 ชั่วโมง และนำมาตกตะกอนในกรวยแก้วด้วยสารละลายโซเดียมไอโอดेट์เข้มข้น (NaI) (4 M) และทิ้งไว้หนึ่งคืน เพื่อให้ชิ้นไมโครพลาสติกลอยตัวขึ้นมาด้านบน แล้วจึงกรองผ่านตะแกรงขนาดรูตะแกรง 1000, 300 และ 60  $\mu\text{m}$  จากนั้นนำชิ้นพลาสติกที่ได้ไปส่องภายใต้กล้องสเตอริโอฟลูออเรสเซนซ์ เพื่อนับจำนวนและแยกไมโครพลาสติกตามลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ทรงกลม รูปแบบแผ่น รูปแบบเส้นใย และกำหนดรูปแบบไม่ได้ (H.-X. Li et al., 2018) และนำตัวอย่างไมโครพลาสติกไปตรวจสอบชนิดด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) (Sparks et al., 2021)

### 3.4 การทดสอบทางสถิติ

ทำการทดสอบทางสถิติโดย One way ANOVA ด้วยโปรแกรม minitab ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อในหอยชนิดเดียวกันและในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ และในแต่ละระหว่างพื้นที่การศึกษา

## บทที่ 4

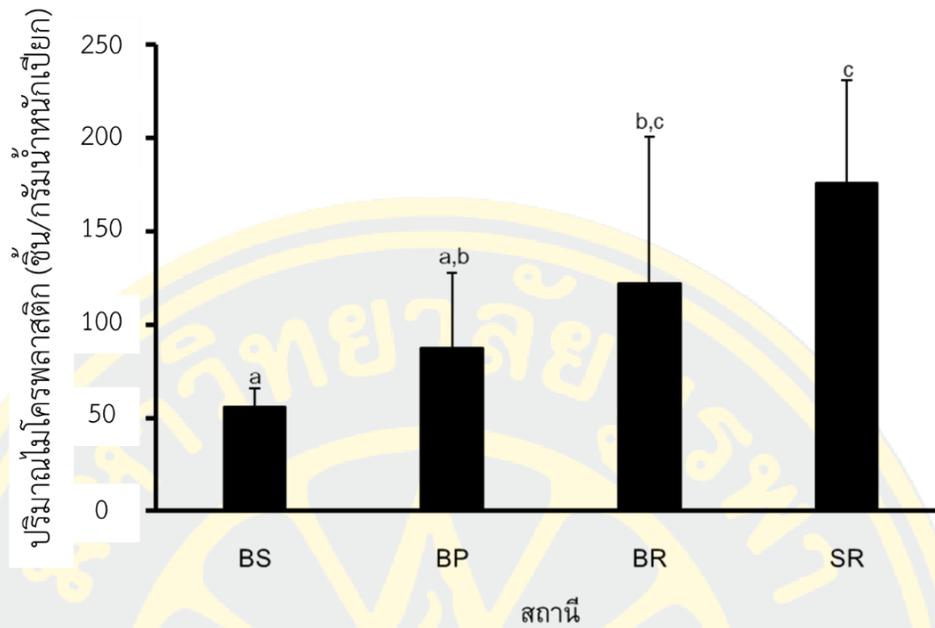
### ผลการวิจัย

ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝาจากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

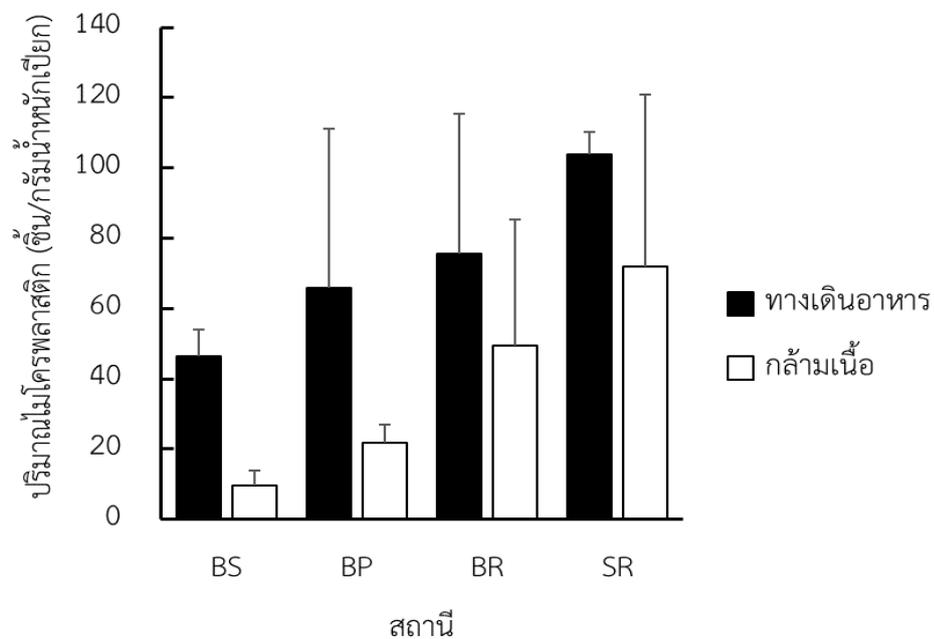
#### 4.1 การสะสมไมโครพลาสติกในหอยสองฝา

##### 4.1.2 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรม

ปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกทุกขนาด (60-5,000 ไมโครเมตร) ในหอยนางรมจากบริเวณอ่าวบางทราย คลองบางโพร้ง บางพระ และศรีราชาเท่ากับ  $55.8 \pm 10.3$ ,  $87.7 \pm 40.0$ ,  $122.2 \pm 78.4$  และ  $175.8 \pm 55.1$  ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยมีปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 7) ซึ่งหอยนางรมจากแหล่งเพาะเลี้ยงแบบหลักไม้ไผ่ (BS,BP) มีปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรมน้อยกว่าหอยนางรมจากแหล่งเพาะเลี้ยงแบบแพเชือกแขวน (BR,SR,) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรมพบว่าการสะสมไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารสูงกว่ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 8)



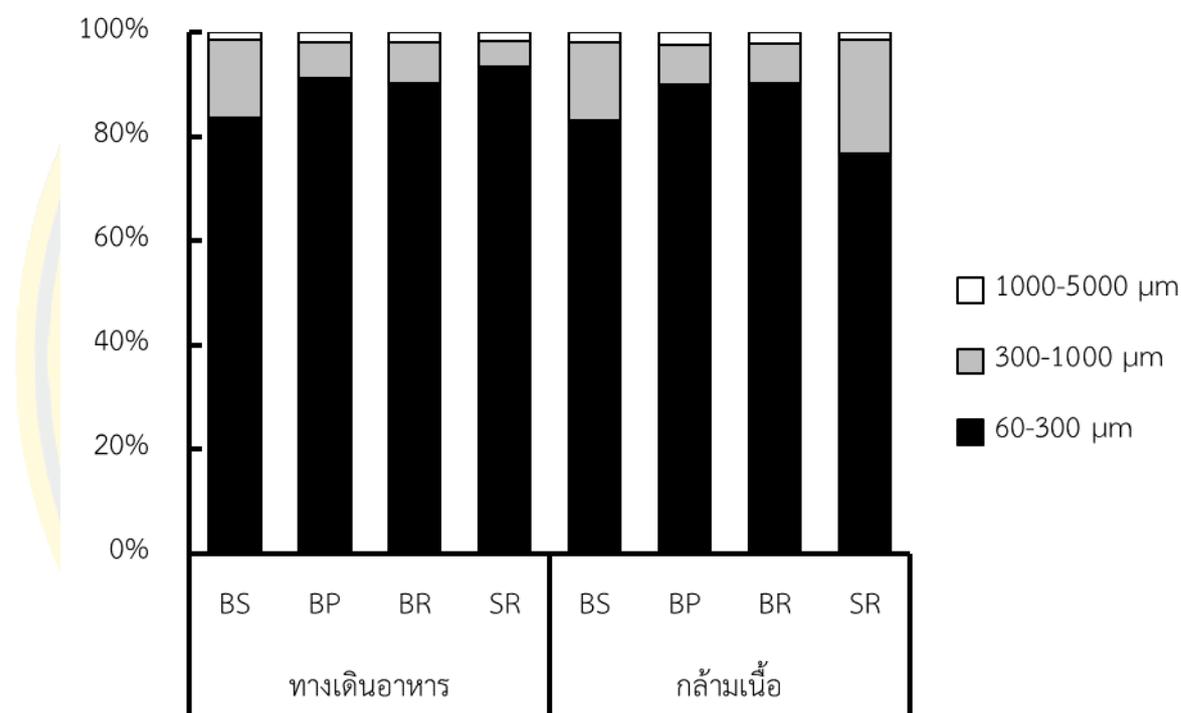
ภาพที่ 7 ปริมาณไมโครพลาสติกรวมทุกขนาดที่พบในหอยนางรม(อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโพรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 8 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรม (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโพรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR)) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.1.2 ขนาดของไมโครพลาสติกในหอยนางรม

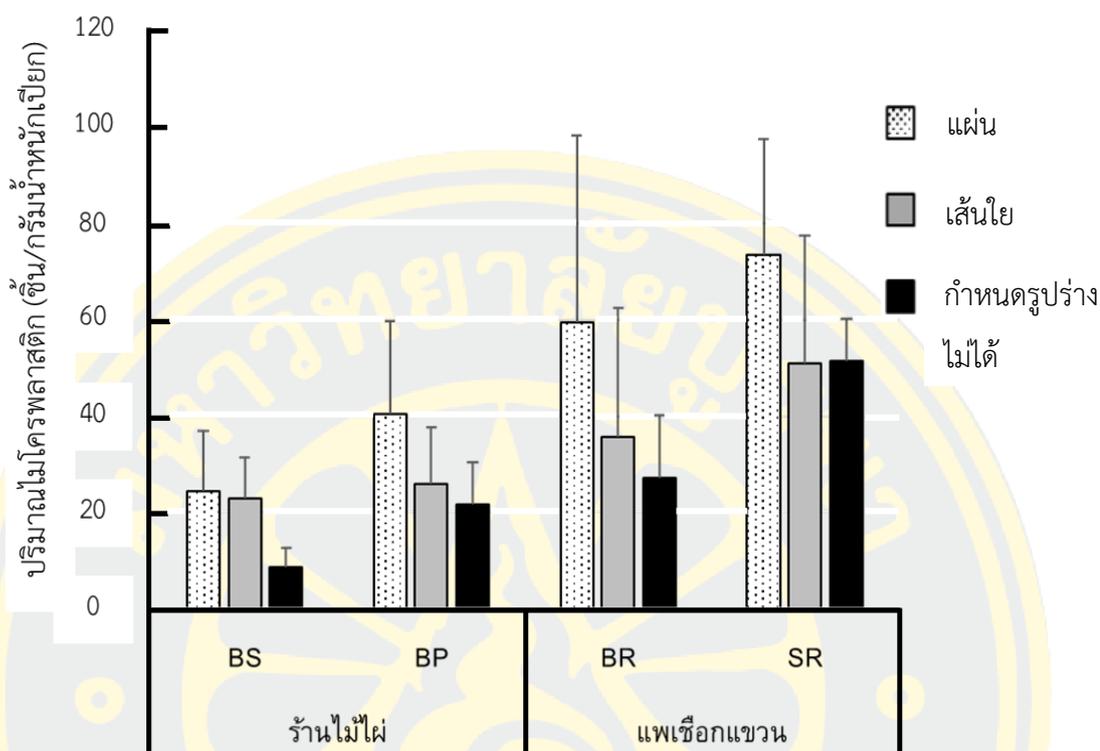
การศึกษานี้จำแนกขนาดไมโครพลาสติกออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 60-300, 300-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร ซึ่งพบว่าหอยนางรมมีการสะสมไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร มากกว่าไมโครพลาสติกขนาด >300 ไมโครเมตร ถึง 75% ทั้งในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของ หอยนางรมทุกสถานี ในขณะที่ไมโครพลาสติกขนาด 300-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร มีการสะสมในทางเดินอาหารน้อยกว่าในกล้ามเนื้อ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์ขนาดไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรม (*S. cucullata*) (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโพรง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR))

#### 4.1.3 รูปร่างและที่มาของไมโครพลาสติกในหอยนางรม

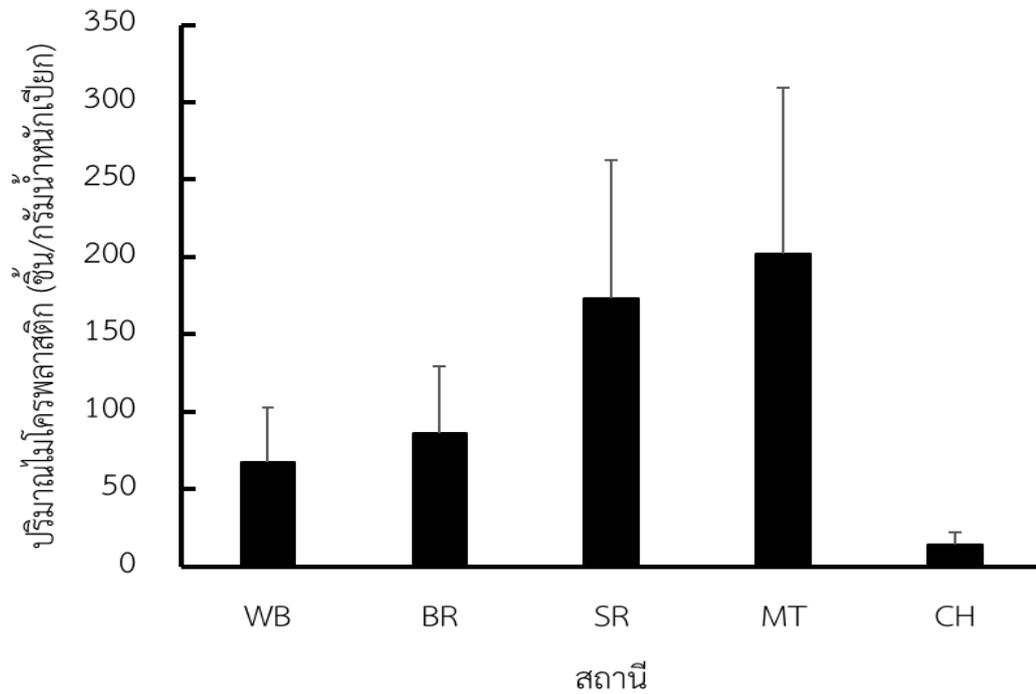
รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมทั้งหมด 4 สถานี ที่เลี้ยงด้วยหลักไม้ไผ่และแพ เชือกแขวน พบไมโครพลาสติกรูปร่างแผ่น และเส้นใย แหล่งเพาะเลี้ยงแบบแพไม้ไผ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 10)



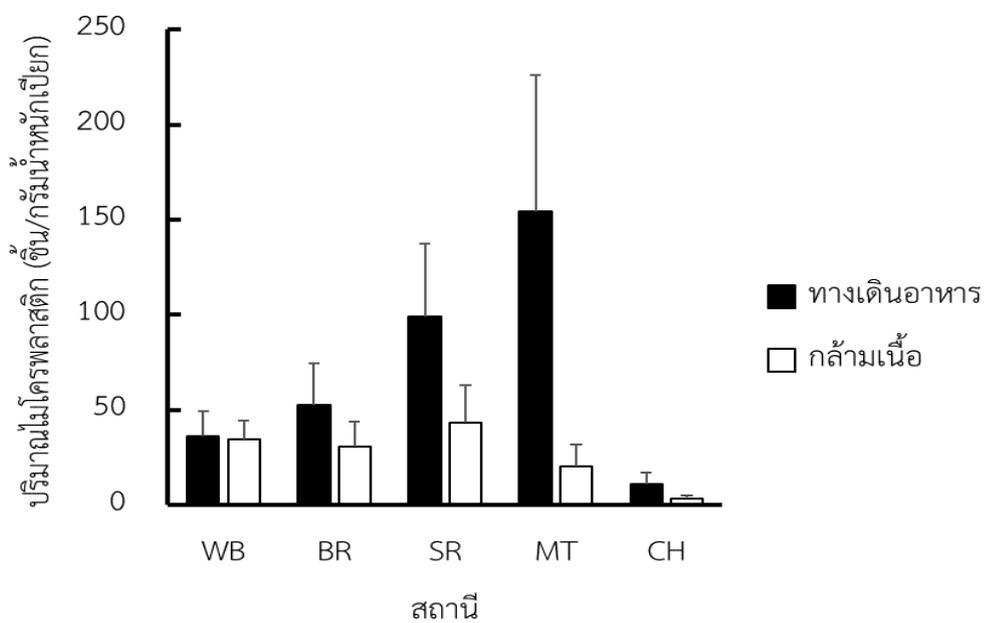
ภาพที่ 10 รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธีที่แตกต่างกัน (*S. cucullata*) (อ่าวบางทราย (BS) ปากคลองบางโพร้ง (BP) ชายฝั่งบางพระ (BR) และชายฝั่งศรีราชา (SR))

#### 4.1.4 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่

พบว่าปริมาณเฉลี่ยของไมโครพลาสติกทุกขนาดในหอยแมลงภู่ที่บริเวณหาดวอนนภา บางพระ ศรีราชา มาบตาพุด และเกาะช้าง เท่ากับ  $67.7 \pm 35.4$ ,  $86.3 \pm 43.3$ ,  $173.3 \pm 89.1$ ,  $202.4 \pm 107.1$  และ  $14.4 \pm 7.6$  ชิ้น/กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยมีปริมาณไมโครพลาสติกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 11) ซึ่งปริมาณไมโครพลาสติกในเนื้อเยื่อทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยนางรมพบว่าการสะสมไมโครพลาสติกในทางเดินอาหารสูงกว่ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 12)



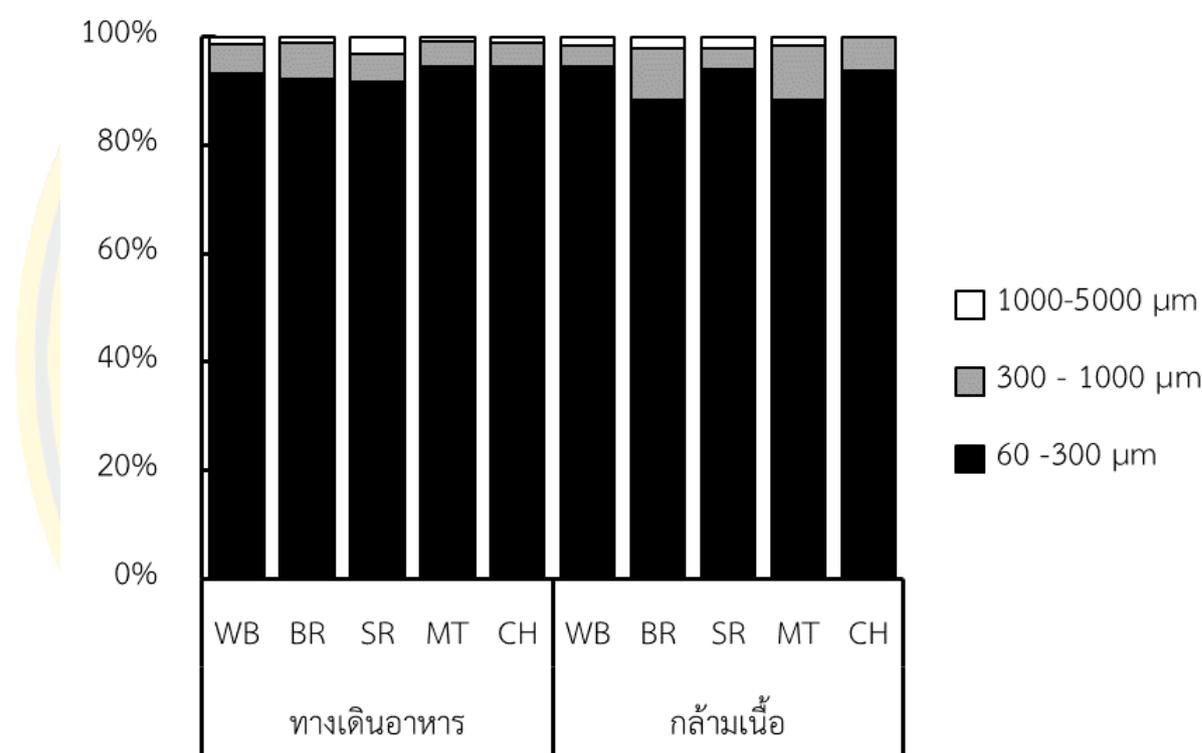
ภาพที่ 11 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ จากหาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH)



ภาพที่ 12 ปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ำมเนื้อของหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH))

#### 4.1.5 ขนาดของไมโครพลาสติกหอยแมลงภู่

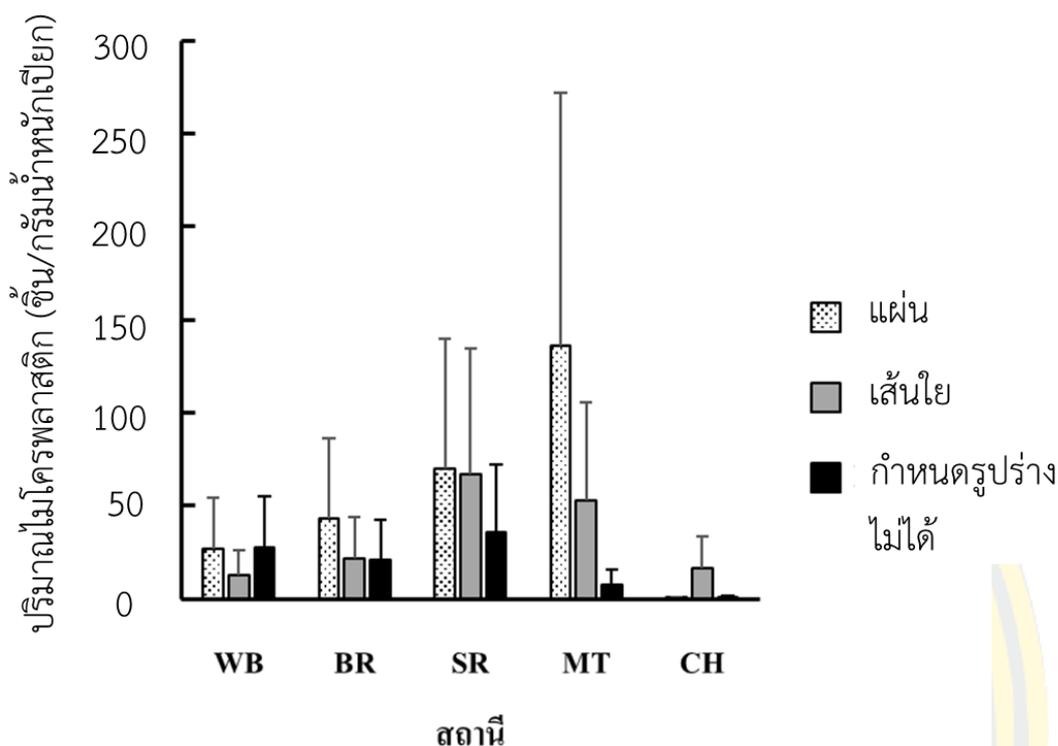
ทำการจำแนกขนาดไมโครพลาสติกออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 60-300, 300-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร ซึ่งพบว่าหอยแมลงภู่มีการสะสมไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร มากกว่าไมโครพลาสติกขนาด >300 ถึง 80% ทั้งในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยแมลงภู่ทุกสถานี ในขณะที่ไมโครพลาสติกขนาด 300-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่มีการสะสมในทางเดินอาหารน้อยกว่าในกล้ามเนื้อ (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 เปอร์เซ็นต์ขนาดไมโครพลาสติกที่พบในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อของหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาบตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH))

#### 4.1.6 รูปร่างและที่มาของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่

ในการศึกษาการจำแนกรูปร่างของไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยแมลงภู่ทั้งหมด 5 สถานี พบไมโครพลาสติกรูปร่างแผ่น และเส้นใยมากที่สุด รองลงคือไร้รูปร่างในสถานีบางพระ ศรีราชา และมาบตาพุด ส่วนสถานีหาดวอนนภาพรูปร่างแผ่นและไร้รูปร่างมากกว่าเส้นใย ในขณะที่สถานีเกาะช้างพบเส้นใยมากกว่ารูปร่างอื่น (ภาพที่ 14)

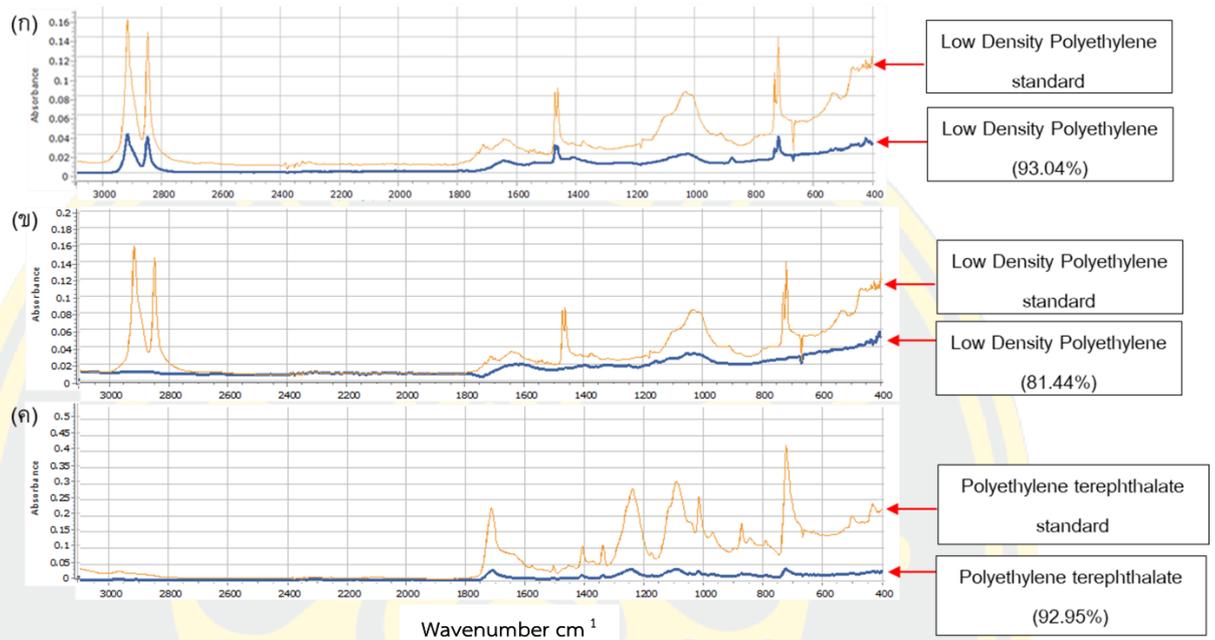


ภาพที่ 14 รูปร่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ (หาดวอนนภา (WB) ชายฝั่งบางพระ (BR) ชายฝั่งศรีราชา (SR) ชายฝั่งมาตาพุด (MT) และเกาะช้าง (CH))

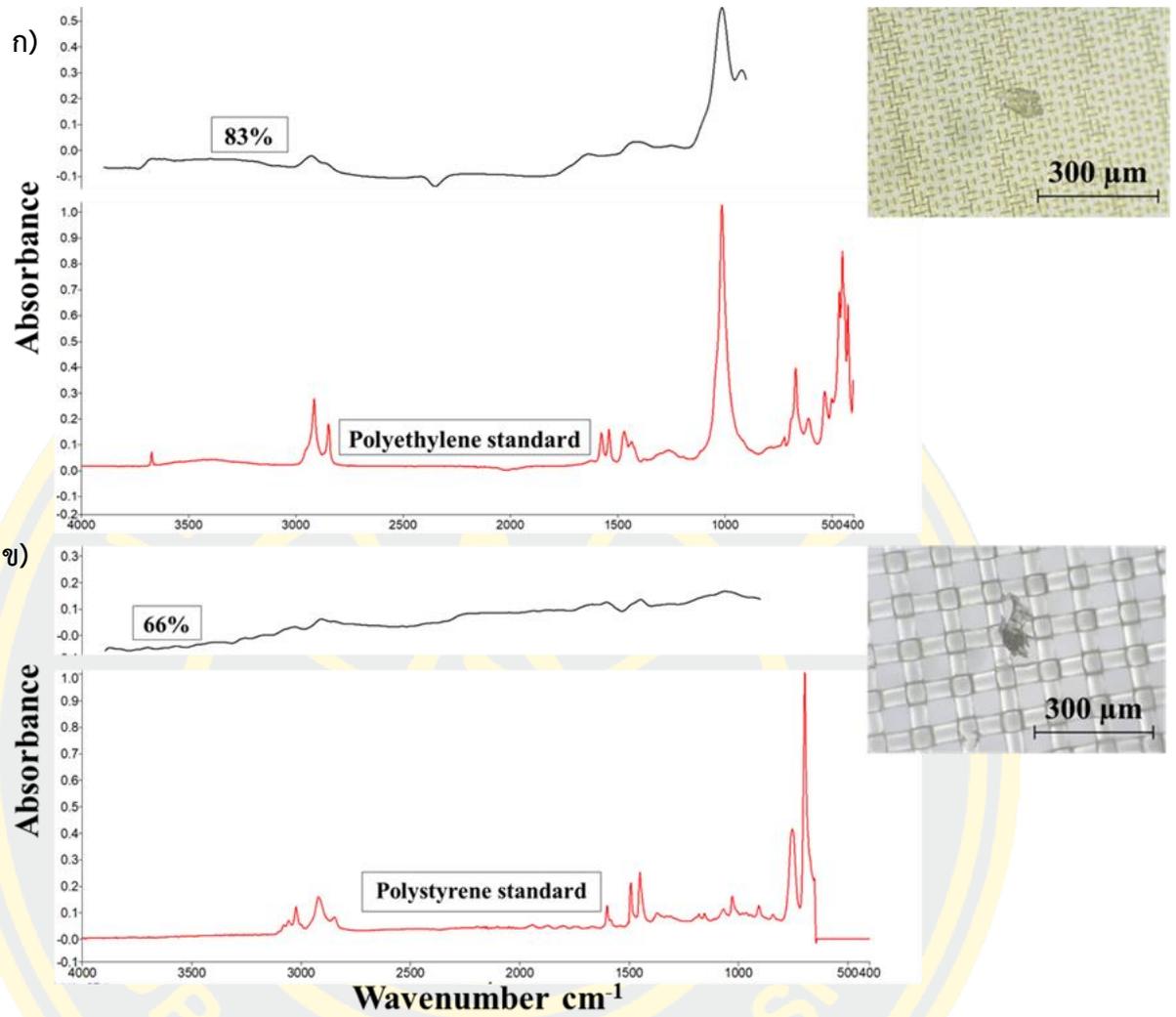
#### 4.2 การวิเคราะห์ชนิดโพลิเมอร์ด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy ( $\mu$ FT-IR)

ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของพลาสติกด้วยเทคนิค  $\mu$ FT-IR เพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติก พบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยมีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง (%similarity) กับ Low Density Polyethylene (LDPE) ถึง 81.44% (ภาพที่ 15ข) ซึ่งตรงกับตัวอย่างเชือกที่ใช้ในการเลี้ยงหอยนางรมในพื้นที่อ่าวบางทราย โดยตัวอย่างเชือกเลี้ยงหอยนางรมมีความคล้ายคลึงกับพลาสติกชนิด LDPE ถึง 93.04% (ภาพที่ 15ก) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยที่พบในหอยนางรมนั้นมาจากเชือกที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง และไมโครพลาสติกรูปร่างแผ่นที่พบก็มีความคล้ายคลึงกับ Polyethylene terephthalate (PET) ถึง 92.95% (ภาพที่ 15ค) และตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ได้ระบุว่าเป็นโพลิเมอร์ชนิดโพลิเอทิลีน (PE) โพลีเอสเทอร์ โพลีสไตรีน (PS) (รูปที่ 16) เรยอน และไนลอน ซึ่งโพลิเอทิลีนเป็นประเภทโพลิเมอร์ที่พบมากที่สุด ในบรรดาไมโครพลาสติกที่ได้รับการยืนยันเหล่านี้ สัดส่วนของเรยอนคิดเป็น 35.3% ตามด้วยโพลิเอทิลีน (PE 23.5%) โพลีเอสเทอร์ (17.6%) โพลีสไตรีน (PS 5.9%) โพลีอะครี

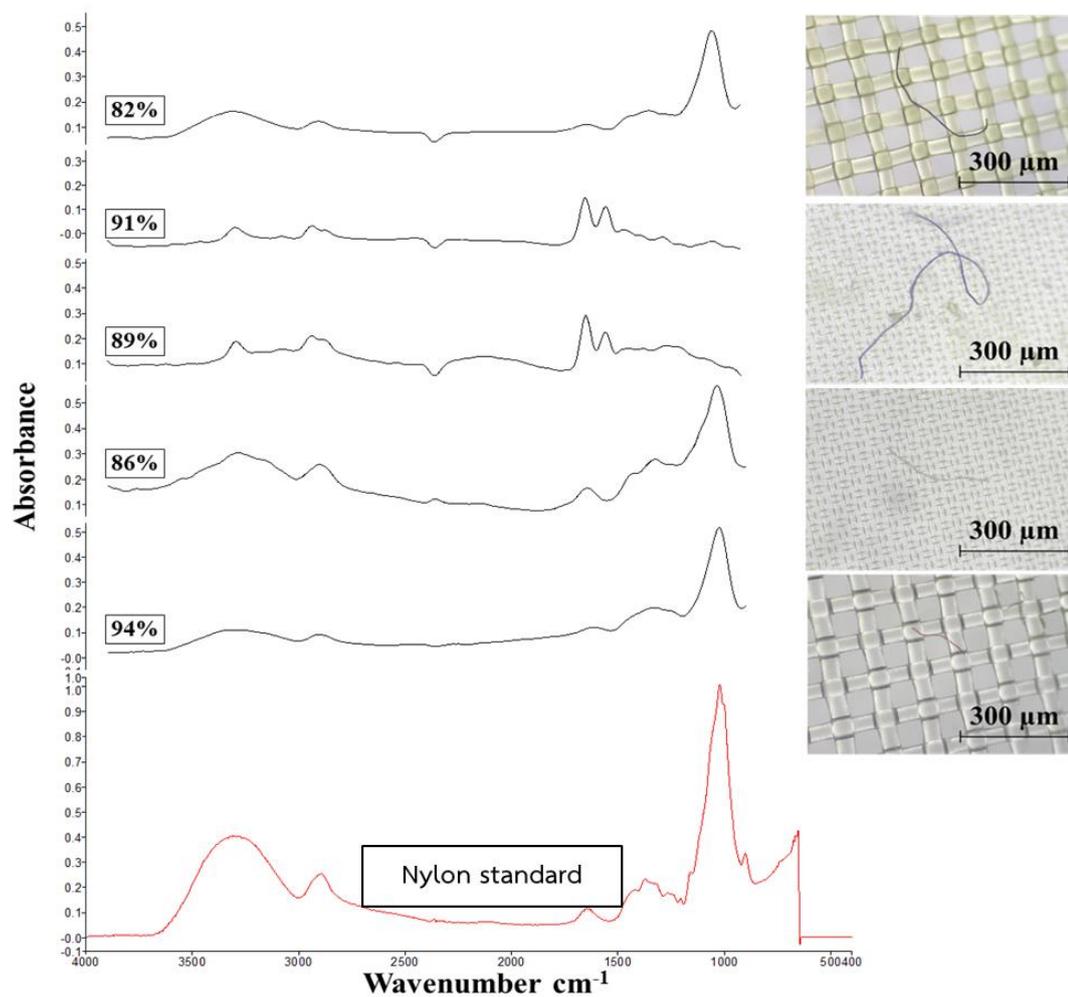
ลาไมด์ (PAM 11.8%) และไนลอน (5.9% ) และไมโครพลาสติกประเภทเส้นใยที่พบในหอยแมลงภู่ได้  
ระบุว่าเป็นพลาสติกประเภทเรยอน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐานเรยอนมากกว่า 80% ดังนั้นไมโคร  
พลาสติกประเภทเส้นใยที่พบคือพลาสติกเรยอน (รูปที่ 17)



ภาพที่ 15 การบ่งชี้ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมด้วยเทคนิค  $\mu\text{FT-IR}$  (ก) เชือกที่ใช้ใน  
การเลี้ยงหอยนางรม และ (ข) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย สามารถระบุได้ว่าเป็น  
พลาสติกชนิด nylon (ค) ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเป็นแผ่น สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติก  
ชนิด Polyethylene terephthalate (PET)



ภาพที่ 16 การบ่งชี้ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่นิวด้วยเทคนิค  $\mu\text{FT-IR}$  (ก) โพลีเอทิลีน และ (ข) โพลีสไตรีน



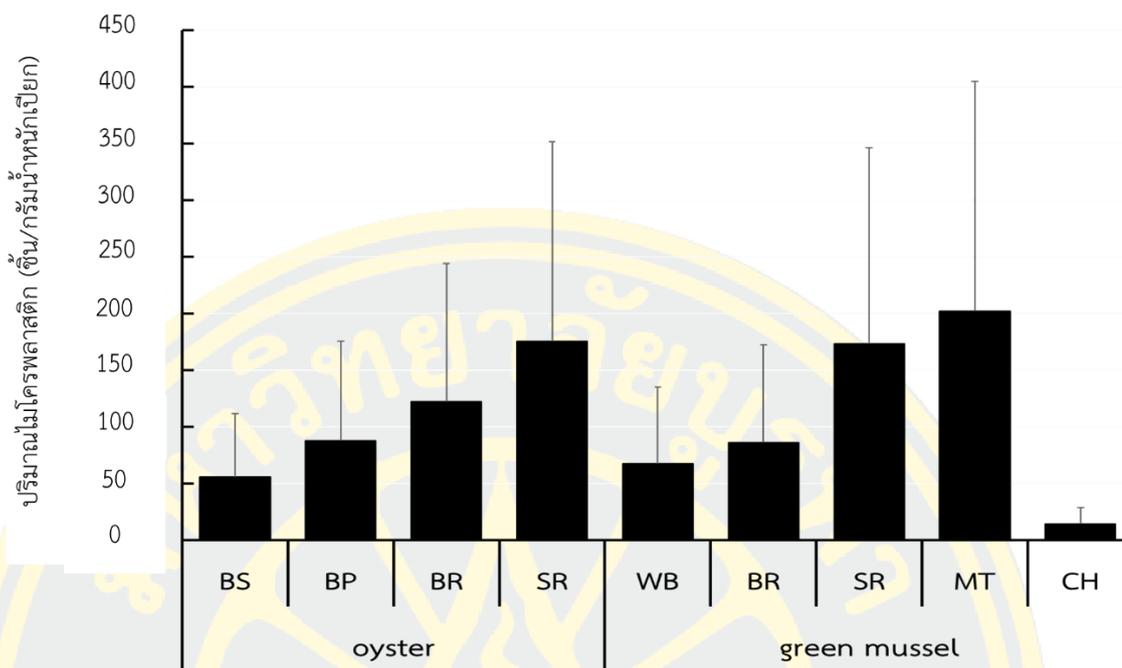
ภาพที่ 17 ตัวอย่างไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ตามแนวชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้ระบุว่าเป็นชนิดไนลอน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐานไนลอนมากกว่า 80%

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

#### 5.1 ปริมาณไมโครพลาสติกในหอยสองฝาแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา จากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่าปริมาณไมโครพลาสติกที่สถานีมาบตาพุด (MT) มีปริมาณไมโครพลาสติกสูงกว่าสถานีอื่นๆ และสถานีอ้างอิง (CH) ซึ่งสถานี MT เป็นสถานีที่อยู่ในอ่าวตากวน ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยองและเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ส่วนสถานี BS BP WB BR และ SR นั้นอยู่ใกล้ชายฝั่งที่รับน้ำเสียชุมชนจากชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น (Wagner et al., 2014) ดังนั้นเป็นไปได้ว่าแหล่งที่มาของไมโครพลาสติก อาจจะมาจากพื้นที่ชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น และแหล่งอุตสาหกรรม (Anderson et al., 2016) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Yonkos et al. (2014) ไมโครพลาสติกถูกพบในบริเวณอ่าว Chesapeake ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งโดยปกติแล้วเขตเมืองจะปล่อยของเสียและสิ่งปนเปื้อนที่ระบายออกจากโรงบำบัดน้ำเสียจำนวนมาก ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนเป็นแหล่งที่มาหลักของไมโครพลาสติกในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่ง (Browne et al., 2011; Eerkes-Medrano et al., 2015) ซึ่งการศึกษานี้มีการปนเปื้อนที่สูงกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับในการศึกษาของ Galyon and Ünver Alçay (2023) และ Gedik and Eryaşar (2020) ซึ่งในพื้นที่ของการศึกษาครั้งนี้ยังมีการจัดการกับน้ำเสียก่อนระบายลงสู่ทะเลของการศึกษานี้ไม่มากนัก (พลอยสิรินทร์ แสงมณี, 2561) ทำให้บริเวณชายฝั่งมีการสะสมสารอินทรีย์ในปริมาณมาก (มุขเวา, 2562) ซึ่งน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์มากโดยเฉพาะน้ำทิ้งชุมชนก็มักจะมีปริมาณไมโครพลาสติกมากด้วยเช่นกัน Santana et al. (2016)



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณไมโครพลาสติกในหอยสองฝาระหว่างสถานีใกล้ชายฝั่งชุมชนเมือง (BS, BP, WB, BR และ SR) สถานีใกล้ชายฝั่ง (MT) และสถานีอ้างอิง (CH)

## 5.2 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝา

หอยนางรมและหอยแมลงภู่ เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีพฤติกรรมการกินอาหารโดยการกรอง (Filter feeder) จึงทำให้หอยทั้งสองชนิดนี้ได้รับไมโครพลาสติกเข้าสู่เนื้อเยื่อผ่านการกรองกิน โดย Gosling, 2015 พบว่าหอยแมลงภู่จะมีอัตราการกรองอาหารสูงกว่าหอยนางรม

### 5.2.1 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยนางรม

จากภาพที่ 18 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรมบริเวณชายฝั่งสถานี SR มีการสะสมไมโครพลาสติกทุกขนาด ( $175.8 \pm 55.1$  ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก) มากกว่าพื้นที่เพาะเลี้ยงหอยนางรมสถานี BS, BP และ BR รวมถึงพื้นที่อ้างอิง (CH) ด้วย หอยนางรมจากแหล่งเพาะเลี้ยงแบบหลักไม้ไผ่ (BS, BP) มีปริมาณไมโครพลาสติกในหอยนางรมน้อยกว่าหอยนางรมจากแหล่งเพาะเลี้ยงแบบแพเชือกแขวน (BR, SR,) ซึ่งเป็นไปได้ว่าไมโครพลาสติกที่สะสมอยู่ในตัวหอยเอง มาจากเชือกที่ใช้เลี้ยงหอยนางรม สอดคล้องกับการศึกษาของ Phuong et al. (2017) ซึ่งพบว่าหอยนางรมที่เพาะเลี้ยงในตาข่ายพลาสติกมีการสะสมของไมโครพลาสติกมากกว่าหอยนางรมในธรรมชาติ รวมถึงความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในน้ำทะเลมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหลายประเทศ (Browne et al., 2011; Karlsson et al., 2017; H.-X. Li et al., 2018; Li et al.,

2016) โดยหอยนางรมที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งมักจะได้รับไมโครพลาสติกเข้าสู่ร่างกายจากการสัมผัสกับน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ทะเล ดังนั้นหอยธรรมชาติและหอยจากพื้นที่เพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งทะเลจึงมีปริมาณไมโครพลาสติกที่แตกต่างกัน (H.-X. Li et al., 2018; Li et al., 2016) ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ H.-X. Li et al. (2018) ระบุว่าหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงมักจะเลี้ยงแบบแพแวนในบริเวณทะเลลึกที่อยู่ห่างฝั่งและมีคุณภาพน้ำทะเลที่ดี จะได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับหอยแมลงภู่ธรรมชาติ

### 5.2 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยแมลงภู่

การที่ปริมาณการสะสมของไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่จากสถานีอ้างอิงมีน้อยกว่าสถานีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการสะสมไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงบริเวณสถานี MT ( $202.4 \pm 107.1$  ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก) รวมถึงพื้นที่เพาะเลี้ยงบริเวณสถานีอื่น (WB, BR และ SR) มากกว่าพื้นที่เพาะเลี้ยงสถานีอ้างอิง CH ( $14.4 \pm 7.6$  ชิ้น/กรัมน้ำหนักเปียก) จากภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่าหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงใกล้ชายฝั่งสถานี MT ซึ่งเป็นนิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Ocharoen et al., 2018) รวมถึงสถานี WB, BR และ SR เป็นพื้นที่ชายฝั่งที่รองรับน้ำเสียจากชุมชนที่มีประชากรหนาแน่น (พลอยสิรินทร์ แสงมณี, 2561) และทุกสถานีที่กล่าวมาข้างต้นมีการจัดการกับระบบบำบัดน้ำเสียได้ไม่ดีนัก จึงอาจจะเป็นสาเหตุของการสะสมไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ เช่นเดียวกับ Santana et al. (2016) พบว่าหอยแมลงภู่ (*Perna perna*) ที่บริเวณปากแม่น้ำ Santos ประเทศบราซิล มีการสะสมของไมโครพลาสติก 75% ของทุกสถานี ซึ่งบริเวณโดยรอบเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ และเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศบราซิล สอดคล้องกับการศึกษาที่บริเวณอ่าว Guanabara ประเทศบราซิล พื้นที่ทำการศึกษามิโครพลาสติกในหอยแมลงภู่ (*P. perna*) ได้รับน้ำเสียจากชุมชนเมืองที่มีประชากรหนาแน่น อุตสาหกรรม และผลกระทบจากการเกษตร (Birnstiel et al., 2019)

### 5.3 ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อ

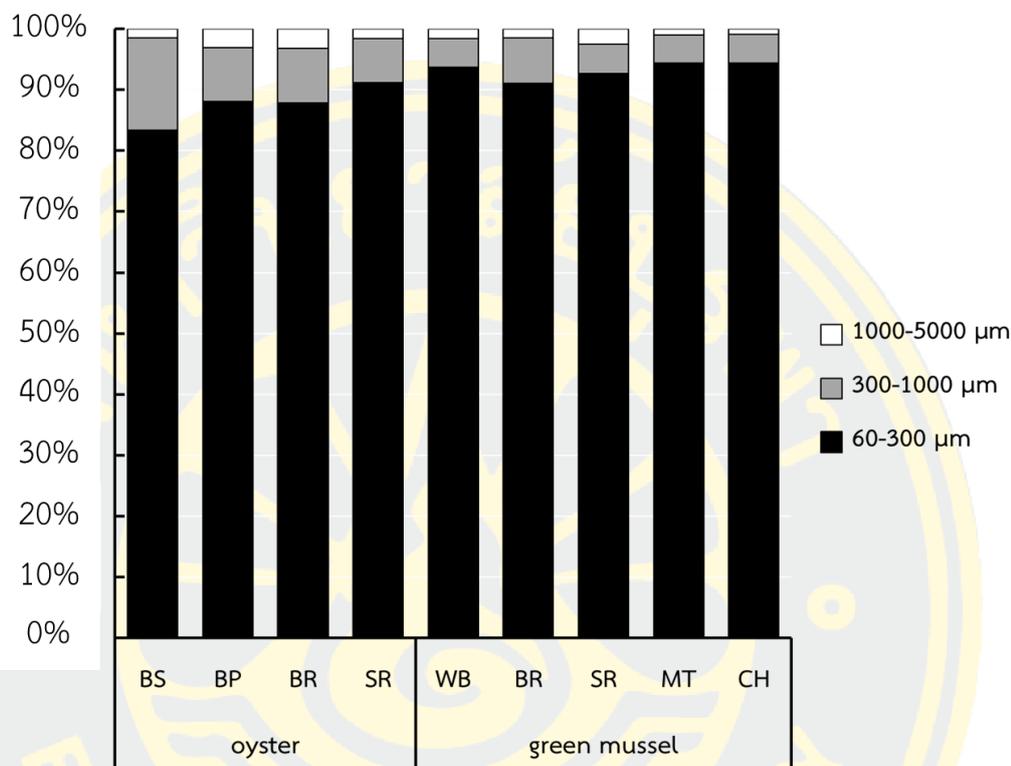
ไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยสองฝาส่วนใหญ่มีขนาด 60-300 ไมโครเมตร และมีการสะสมในทางเดินอาหารมากกว่าในกล้ามเนื้อ เนื่องจากไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร สามารถเข้าไปสะสมในร่างกายของหอยสองฝาได้ง่ายกว่าไมโครพลาสติกขนาด >300 ไมโครเมตร (Cole et al., 2023) และไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร ซึ่งไมโครพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดอาหาร ตามธรรมชาติของหอยสองฝา เมื่อถูกกรองกินจะไม่สามารถผ่านเหงือกเข้าไปสู่ทางเดินอาหารได้ ทำให้ไมโครพลาสติกขนาด >300 ไมโครเมตร ติดอยู่บริเวณเหงือก และหอยสองฝา

เกิดการระคายเคืองจึงสร้างหมือกออกมาล้อมรอบและขับออกจากร่างกาย (Gosling, 2015) สอดคล้องกับการศึกษาของ Fernández and Albentosa (2019) ที่ศึกษาการสะสมไมโครพลาสติก ในหอยแมลงภู่มะพร้าว (*Mytilus galloprovincialis*) พบว่าไมโครพลาสติกขนาด  $\leq 10$  ไมโครเมตร ส่วนใหญ่ที่จะสะสมในระบบทางเดินอาหารและเหงือก ซึ่งไมโครพลาสติกขนาดเล็กขับออกจากร่างกายได้ช้ากว่าไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับการศึกษาการกลืนกินไมโครพลาสติก 3 ขนาด ได้แก่ 1, 10, and 90 ไมโครเมตร ในหอยแมลงภู่มะพร้าว (*M. galloprovincialis*) พบว่าไมโครพลาสติกขนาด 90 ไมโครเมตรจะถูกขับออกจากร่างกายหอยแมลงภู่มะพร้าวที่ที่ได้รับ และส่วนที่ยังอยู่ในร่างกายจะถูกขับออกช้าๆ เป็นกลุ่มก้อนจนหมด ส่วนไมโครพลาสติกขนาด 1 และ 10 ไมโครเมตร จะถูกขับออกจากร่างกาย หรือมีบางส่วนที่สะสมในระบบทางเดินอาหาร (Kinjo et al., 2019)

#### 5.4 ขนาดของไมโครพลาสติกในหอยสองฝา

การที่ไมโครพลาสติกที่สะสมในหอยนางรมและหอยแมลงภู่มะพร้าวจากทุกบริเวณนั้นเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็ก 60-300 ไมโครเมตร เป็นส่วนใหญ่ (>80 %) (ภาพที่ 19) แสดงให้เห็นว่าไมโครพลาสติกขนาดเล็กสามารถสะสมในเนื้อเยื่อหอยได้มากกว่าไมโครพลาสติกที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งก็มักจะพบว่ามีไมโครพลาสติกขนาด <250 ไมโครเมตร มากถึง 79 % (Li et al., 2016) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Van Cauwenberghe et al. (2015) ที่พบว่ามีไมโครพลาสติกขนาด 20-90 ไมโครเมตร ในหอยแมลงภู่มะพร้าว (*Mytilus edulis*) มากกว่าไมโครพลาสติกขนาด 90-1,000 ไมโครเมตร และ Li et al. (2018) รายงานว่าไม่มีการสะสมของไมโครพลาสติกขนาด 100-500, 500-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร ในหอยนางรมบริเวณชายฝั่งประเทศจีน โดยพบการสะสมของไมโครพลาสติกขนาด <100 ไมโครเมตรเท่านั้น รวมถึงการศึกษาของ Jeong et al. (2023) และ Sparks et al. (2021) พบไมโครพลาสติกขนาด <125 ไมโครเมตร ถึง 80% ของไมโครพลาสติกทุกขนาดในหอยแมลงภู่มะพร้าว แสดงให้เห็นว่าขนาดของไมโครพลาสติกนั้นใกล้เคียงกับอาหารตามธรรมชาติ (<200 ไมโครเมตร) ของหอยแมลงภู่มะพร้าว (Patterson et al., 2019) และการศึกษาครั้งนี้มีการปนเปื้อนมากกว่าการศึกษาของ Galyon and Alçay (2023) และ Gedik and Eryaşar (2020) ซึ่งพบไมโครพลาสติกขนาด >200 ไมโครเมตร เฉลี่ย 60 และ 2.47 ชิ้น ตามลำดับ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ศึกษาไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่าการศึกษาดังกล่าว นอกจากนี้ปริมาณไมโครพลาสติกขนาด 60-300 ไมโครเมตร มากกว่าขนาด 300-1,000 และ 1,000-5,000 ไมโครเมตร ในหอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงใกล้นิคมอุตสาหกรรม (MT) นั้นมีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าหอยสองฝาที่เพาะเลี้ยงใกล้ชุมชนเมือง (BS BP WB BR และSR) และชนบท (พื้นที่

อ้างอิง CH) (Li et al., 2018, Santana et al., 2016, ) แสดงให้เห็นว่าแหล่งอุตสาหกรรมก็เป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกขนาดเล็ก



ภาพที่ 19 สัดส่วนของขนาดไมโครพลาสติกในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ที่เพาะเลี้ยงตามแนวชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย

### 5.5 รูปร่างไมโครพลาสติกในหอยสองฝา

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกได้ 4 รูปร่าง ได้แก่ กลม แผ่น เส้นใย และกำหนดรูปร่างไม่ได้ ซึ่งไมโครพลาสติกที่พบส่วนใหญ่เป็นรูปร่างแผ่นทั้งในหอยนางรมและหอยแมลงภู่จากทุกสถานี ยกเว้นหอยแมลงภู่จากสถานีเกาะช้างที่พบรูปร่างเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับ Li et al. (2018) พบแผ่นและเส้นใยเป็นรูปร่างหนึ่งที่พบได้บ่อยในหอยนางรม รวมถึงพบในสัตว์หลายชนิด เช่น หอยแมลงภู่ กุ้งน้ำจืด ปลา และนกบ (Li et al., 2016; Rochman et al., 2015; Setälä et al., 2014; Watts et al., 2015; Zhao et al., 2016) การที่พบแผ่นและเส้นใยเป็นส่วนมาก เนื่องจากพื้นที่การศึกษาส่วนใหญ่มีการทำประมง (Li et al., 2018, Patterson et al., 2019) ซึ่งแหล่งที่มาของเส้นใยอาจมาจากอุปกรณ์ทำการประมงหรือตกปลา รวมถึงกิจกรรมต่างๆที่อยู่ในน้ำ (Andrady, 2011, Beaman et al., 2016) นอกจากนี้ Browne et al. (2008) พบว่าเสื้อผ้าหนึ่งชิ้นสามารถก่อให้เกิดเส้นใยจากการซักและลักษณะของเส้นใยมีความคล้ายคลึงกับ

เส้นใยที่พบในน้ำทิ้งชุมชน ในส่วนของไมโครพลาสติกรูปร่างกลมไม่พบในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ในทุกสถานี

### 5.3 การวิเคราะห์ชนิดโพลีเมอร์ด้วยเทคนิค micro-Fourier transform infrared spectroscopy ( $\mu$ FT-IR)

ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยนางรมถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของพลาสติกด้วยเทคนิค FTIR เพื่อระบุชนิดของไมโครพลาสติก พบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยมีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกับ Low Density Polyethylene (LDPE) ถึง 81.44% ซึ่งตรงกับตัวอย่างเชือกที่ใช้ในการเลี้ยงหอยนางรมในพื้นที่อ่าวบางทราย โดยตัวอย่างเชือกเลี้ยงหอยนางรมมีความคล้ายคลึงกับพลาสติกชนิด LDPE ถึง 93.04% ในขณะที่ตัวอย่างไมโครพลาสติกที่พบในหอยแมลงภู่ พบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยที่ความคล้ายคลึงกับไนลอน (nylon) มากกว่า 80 % ซึ่งตรงกับตัวอย่างเชือกที่ใช้เพาะเลี้ยงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยที่พบในหอยนางรมนั้นมาจากเชือกที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง นอกจากนี้ตัวอย่างไมโครพลาสติกในหอยแมลงภู่สามารถระบุชนิดพลาสติกเป็น Polyethylene (PE) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Avio et al. (2015) ในทะเลเอเดรียติก และการศึกษาอื่นๆ ในทะเลยุโรป (Collard et al., 2015; Phuong et al., 2018) โพลีเอทิลีนเป็นพลาสติกที่พบมากที่สุดในระดับโลก และด้วยเหตุนี้จึงเป็นเศษพลาสติกที่พบมากที่สุดในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยส่วนใหญ่มาจากถุงพลาสติกและขวดพลาสติก (Cózar et al., 2014; Suaria et al., 2016) ผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Galyon and Ünver Alçay (2023) Polyamide (PA) หรือ ไนลอน (Nylon) เป็นประเภทโพลีเมอร์ที่ตรวจพบมากที่สุดในการศึกษานี้ โดยคิดเป็น 38.33% ของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบทั้งหมด ในขณะที่ Polyethylene terephthalate (PET) ได้รับการรายงานว่าเป็นประเภทโพลีเมอร์ที่พบมากที่สุดในการศึกษาของ Sparks et al. (2021), Gedik and Eryaşar (2020) และ Gedik et al. (2022)

### 5.4 สรุปผลการศึกษา

1. ปริมาณไมโครพลาสติกที่สะสมในทางเดินอาหารมากกว่าในกล้ามเนื้อหอยสองฝา และไมโครพลาสติกขนาดเล็ก (60-300 ไมโครเมตร) สามารถสะสมในของหอยสองฟามากกว่าไมโครพลาสติกขนาดใหญ่ (>300 ไมโครเมตร)

2. หอยสองฝาจากแหล่งเพาะเลี้ยงที่รองรับน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมี มีปริมาณไมโครพลาสติกมากกว่าหอยสองฝาจากแหล่งเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งที่ติดกับชุมชนเมืองขนาดใหญ่ จึงมีความเป็นไปได้ว่าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีก็เป็นแหล่งที่มาของไมโครพลาสติกด้วยเช่นกัน

3. ไมโครพลาสติกที่พบเป็นรูปแบบเป็นรูปแบบที่พบส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นรูปแบบเส้นใย พบน้อยที่สุดเป็นกำหนดรูปแบบไม่ได้ ทั้งพบในหอยนางรมและหอยแมลงภู่ และรูปแบบทรงกลมไม่พบในหอยสองฝา

4. หอยสองฝาที่เลี้ยงด้วยแพะเชือกแขวนมีการสะสมของไมโครพลาสติกมากกว่าหอยสองฝาที่เลี้ยงด้วยหลักไม้ไผ่

5. ไมโครพลาสติกที่พบสามารถระบุชนิดได้ว่าเป็นโพลีเมอร์ชนิดไนลอน ซึ่งมีค่าความคล้ายคลึงกับเส้นเชือกเลี้ยงหอยสองฝา

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาไมโครพลาสติกขนาดเล็กในหอยสองฝา
2. ควรประเมินความเสี่ยงในมนุษย์จากการบริโภคหอยสองฝา

## บรรณานุกรม

- ปิติพงษ์ ธาระมนต์, et al. (2559). "การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาวและชายหาดคู้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี." *แก่นเกษตร* 44: 738-744.
- วันทนา อยู่สุข. (2528). หอยทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abidli, S., Lahbib, Y., & Trigui El Menif, N. (2019, 2019/05/01/). Microplastics in commercial molluscs from the lagoon of Bizerte (Northern Tunisia). *Marine Pollution Bulletin*, 142, 243-252.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.048>
- Anderson, J. C., Park, B. J., & Palace, V. P. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269-280.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.074>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 62(8), 1596.
- Arthur, C., Baker, J. E., & Bamford, H. A. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA [Technical Memorandum].  
<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509> (NOAA technical memorandum NOS-OR&R 30)
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*, 198, 211-222.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.021>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical*

*Transactions fo the Royal Society B: Biological Science*, 364(1526), 1985-1998.

- Birnstiel, S., Soares-Gomes, A., & da Gama, B. A. P. (2019). Depuration reduces microplastic content in wild and farmed mussels. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 241-247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.044>
- Boonkwang, N., & Boonphakdee, T. (2022). Sources and Distribution of Organic Matter in Coastal Area of Muang Chonburi District, Eastern Thailand: Using Carbon and Nitrogen Stable Isotopes. *Environment & Natural Resources Journal*, 20(4).
- Bråte, I. L. N., Blázquez, M., Brooks, S. J., & Thomas, K. V. (2018). Weathering impacts the uptake of polyethylene microparticles from toothpaste in Mediterranean mussels (*M. galloprovincialis*). *Science of The Total Environment*, 626, 1310-1318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.141>
- 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. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Browne, M. A., Dissanayke, 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 & Techonogy*, 42(13), 5026-5031.
- Catarino, A. I., Macchia, V., Sanderson, W. G., Thompson, R. C., & Henry, T. B. (2018). Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal. *Environmental Pollution*, 237, 675-684. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.069>
- Cole, M., Artioli, Y., Coppock, R., Galli, G., Saad, R., Torres, R., Vance, T., Yunnie, A., & Lindeque, P. K. (2023). Mussel power: Scoping a nature-based solution to microplastic debris. *Journal of Hazardous Materials*, 453, 131392. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131392>

- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar. Pollut. Bull.*, *62*, 2588.
- Collard, F., Gilbert, B., Eppe, G., Parmentier, E., & Das, K. (2015). Detection of anthropogenic particles in fish stomachs: an isolation method adapted to identification by Raman spectroscopy. *Archives of environmental contamination and toxicology*, *69*, 331-339.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., Palma, Á. T., Navarro, S., García-de-Lomas, J., & Ruiz, A. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, *111*(28), 10239.
- Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A., & Zeri, C. (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *135*, 30-40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.063>
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water research*, *75*, 63-82.
- Fernández, B., & Albentosa, M. (2019). Dynamic of small polyethylene microplastics ( $\leq 10 \mu\text{m}$ ) in mussel's tissues. *Marine Pollution Bulletin*, *146*, 493-501.
- Fernández Severini, M. D., Villagran, D. M., Buzzi, N. S., & Sartor, G. C. (2019). Microplastics in oysters (*Crassostrea gigas*) and water at the Bahía Blanca Estuary (Southwestern Atlantic): An emerging issue of global concern. *Regional Studies in Marine Science*, *32*, 100829. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100829>
- Galyon, F., & Ünver Alçay, A. (2023). Microplastic contamination in raw mussels collected in Istanbul. *Regional Studies in Marine Science*, *68*, 103280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103280>
- Gedik, K., & Eryaşar, A. (2020). Microplastic Pollution Profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish Coasts. *Chemosphere*, *260*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127570>

Gedik, K., Eryaşar, A. R., & Gözler, A. M. (2022). The microplastic pattern of wild-caught Mediterranean mussels from the Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 175, 113331.

Gosling, E. (2015). *Marine Bivalve Molluscs*.

Green, D. S. (2016). Effects of microplastics on European flat oysters, *Ostrea edulis* and their associated benthic communities. *Environmental Pollution*, 216, 95-103.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.043>

Jeong, J., Shim, W. J., Cho, Y., Han, G. M., Jang, M., & Hong, S. H. (2023). Intra-annual variation in microplastics in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) inhabiting an urbanized bay of South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115673.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115673>

Karlsson, T. M., Vethaak, A. D., Almroth, B. C., Ariese, F., van Velzen, M., Hassellöv, M., & Leslie, H. A. (2017). Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation. *Mar Pollut Bull*, 122(1-2), 403-408.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.081>

Keisling, C., Harris, R. D., Blaze, J., Coffin, J., & Byers, J. E. (2020). Low concentrations and low spatial variability of marine microplastics in oysters (*Crassostrea virginica*) in a rural Georgia estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110672.

Kinjo, A., Mizukawa, K., Takada, H., & Inoue, K. (2019). Size-dependent elimination of ingested microplastics in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110512.

Li, H.-X., Ma, L.-S., Lin, L., Ni, Z.-X., Xu, X.-R., Shi, H.-H., Yan, Y., Zheng, G.-M., & Rittschof, D. (2018). Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 236, 619-625.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083>

Li, J., Green, C., Reynolds, A., Shi, H., & Rotchell, J. M. (2018). Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom.

*Environmental Pollution*, 241, 35-44.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.038>

Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016).

Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, 214, 177-184.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>

Li, J., Yang, D., Li, L., Jabeen, K., & Shi, H. (2015). Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*, 207, 190-195.

Moos, N. v., 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.

Ocharoen, Y., Boonphakdee, C., Boonphakdee, T., Shinn, A. P., & Moonmangmee, S. (2018). High levels of the endocrine disruptors bisphenol-A and 17 $\beta$ -estradiol detected in populations of green mussel, *Perna viridis*, cultured in the Gulf of Thailand. *Aquaculture*, 497, 348-356.

Patterson, J., Jeyasanta, K. I., Sathish, N., Booth, A. M., & Edward, J. K. P. (2019). Profiling microplastics in the Indian edible oyster, *Magallana bilineata* collected from the Tuticorin coast, Gulf of Mannar, Southeastern India. *Science of The Total Environment*, 691, 727-735.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.063>

Phuong, H. Y., Vo, P. Q., Phuong, L. T. B., & Ngoc, L. B. (2017). Factors inhibiting teachers from research engagement: A review. *Can Tho University Journal of Science*, 06, 17. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2017.022>

Phuong, N. N., Poirier, L., Pham, Q. T., Lagarde, F., & Zalouk-Vergnoux, A. (2018). Factors influencing the microplastic contamination of bivalves from the French Atlantic coast: location, season and/or mode of life? *Marine Pollution Bulletin*, 129(2), 664-674.

Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F.-C.,

- Werorilangi, S., & Teh, S. J. (2015). Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific reports*, 5(1), 1-10.
- Santana, M., Ascer, L., Custódio, M., Moreira, F., & Turra, A. (2016). Microplastic contamination in natural mussel beds from a Brazilian urbanized coastal region: Rapid evaluation through bioassessment. *Marine Pollution Bulletin*, 106(1-2), 183-189.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environ. Pollut.*, 185, 77.
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375-386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Sparks, C., Awe, A., & Maneveld, J. (2021). Abundance and characteristics of microplastics in retail mussels from Cape Town, South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112186>
- Suaria, G., Avio, C. G., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G., Moore, C. J., Regoli, F., & Aliani, S. (2016). The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific reports*, 6(1), 37551.
- Thomas, M., Jon, B., Craig, S., Edward, R., Ruth, H., John, B., Dick, V. A., Heather, L. A., & Matthew, S. (2020). The world is your oyster: low-dose, long-term microplastic exposure of juvenile oysters. *Heliyon*, 6(1), e03103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03103>
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.008>
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S.,

- Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., & Marti, T. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 1-9.
- Waite, H. R., Donnelly, M. J., & Walters, L. J. (2018). Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 179-185.
- Watts, A. J., Urbina, M. A., Corr, S., Lewis, C., & Galloway, T. S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environmental Science & Technology*, 49(24), 14597-14604.
- Webb, S., Ruffell, H., Marsden, I., Pantos, O., & Gaw, S. (2019). Microplastics in the New Zealand green lipped mussel *Perna canaliculus*. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110641. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110641>
- Willer, D., & Aldridge, D. C. (2017). Microencapsulated diets to improve bivalve shellfish aquaculture. *Royal Society Open Science*, 4(11), 171142.
- Yonkos, L. T., Friedel, E. A., Perez-Reyes, A. C., Ghosal, S., & Arthur, C. D. (2014). Microplastics in four estuarine rivers in the Chesapeake Bay, USA. *Environmental Science & Technology*, 48(24), 14195-14202.
- Zhao, S., Zhu, L., & Li, D. (2016). Microscopic anthropogenic litter in terrestrial birds from Shanghai, China: Not only plastics but also natural fibers. *Sci Total Environ*, 550, 1110-1115. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.112>
- Zhu, J., Zhang, Q., Huang, Y., Jiang, Y., Li, J., Michal, J. J., Jiang, Z., Xu, Y., & Lan, W. (2021). Long-term trends of microplastics in seawater and farmed oysters in the Maowei Sea, China. *Environmental Pollution*, 273, 116450.



## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวธัญญาภรณ์ บัวแดง
วัน เดือน ปี เกิด	21 ธันวาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 9/2 หมู่ 3 ตำบลดอนใหญ่ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561วิทยาศาสตรบัณฑิต (วาริชศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2566วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัย บูรพา

