



การศึกษาสุขภาวะเนื้อเยื่อของหอยนางรมเพื่อพัฒนาดัชนีจุลพยาธิสภาพสำหรับบ่งชี้คุณภาพน้ำ  
ทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นัยชนก เกียรติกุลพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การศึกษาสภาวะเนื้อเยื่อของหอยนางรมเพื่อพัฒนาดัชนีจุลพยาธิสภาพสำหรับบ่งชี้คุณภาพน้ำ  
ทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทย



นัยนชนก เกียรติกุลพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

THE STUDY OF HISTOPATHOLOGY OF OYSTER TO DEVELOP HISTOPATHOLOGICAL  
INDEX FOR THE ASSESSMENT OF SEAWATER QUALITY IN THE EAST COAST OF  
THAILAND



NAINACHANOK KIATTIKUNPONG

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

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ นายนชนก เกียรติกุลพงศ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทิน กิ่งทอง)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร เงินยวง)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิตี ขจรพิสิฐศักดิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทิน กิ่งทอง)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันดีวารานุกษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเยี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62920407: สาขาวิชา: ชีววิทยาศึกษา; วท.ม. (ชีววิทยาศึกษา)

คำสำคัญ: จุลพยาธิวิทยา, ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ, หอยนางรม, ต่อมย่อยอาหาร, เหงือก

นัยชนก เกียรติกุลพงศ์ : การศึกษาสุขภาพเนื้อเยื่อของหอยนางรมเพื่อพัฒนาดัชนีจุลพยาธิสภาพสำหรับบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. (THE STUDY OF HISTOPATHOLOGY OF OYSTER TO DEVELOP HISTOPATHOLOGICAL INDEX FOR THE ASSESSMENT OF SEAWATER QUALITY IN THE EAST COAST OF THAILAND) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุทิน กิ่งทอง ปี พ.ศ. 2567.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับสิ่งแวดล้อมด้วยกระบวนการทางจุลพยาธิวิทยาโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงและความผิดปกติของเนื้อเยื่อ วิธีการศึกษาคือทำการเก็บตัวอย่างหอยนางรมตัวเต็มวัยในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีรายงานคุณภาพน้ำทะเลแตกต่างกัน 6 พื้นที่ และเปรียบเทียบกับ 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้งและฤดูฝน นำมาศึกษาเนื้อเยื่อโดยใช้เทคนิคมิวชิวิทยา เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อของ 2 อวัยวะ ได้แก่ ต่อมย่อยอาหารและเหงือก โดยเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อ 10 ลักษณะ ประกอบด้วย ลักษณะเนื้อเยื่อภายในท่อของต่อมย่อยอาหาร 4 ลักษณะ (hemocytic infiltration, vacuolation, tubular atrophy และ necrosis) ลักษณะเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อของต่อมย่อยอาหาร 4 ลักษณะ (hemocytic infiltration, hemocytic aggregates, brown granule และ fibroma) และลักษณะการพบปรสิต 2 ลักษณะ (bacteria และ protozoans) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกพิจารณาจาก 7 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเซลล์ แยกได้ 5 ลักษณะ (mucous cell, lamella deformation, vacuolation, brown granule และ hemocytic infiltration) และลักษณะการพบปรสิต 2 ลักษณะ (bacteria และ protozoans) เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ (Histopathological index;  $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อหอยนางรมแต่ละพื้นที่ ทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่า ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อหอยในพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และมีความสอดคล้องกับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อ โดยพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อีกทั้งยังพบว่าเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารมีความสอดคล้องกับคุณภาพน้ำทะเลมากกว่าเนื้อเยื่อเหงือก ข้อมูลนี้สามารถนำไปพัฒนาวิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อเพื่อบ่งชี้สุขภาพของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยรวมถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลอื่น ๆ ที่มีหอยชนิดนี้อาศัยอยู่

62920407: MAJOR: BIOLOGY EDUCATION; M.Sc. (BIOLOGY EDUCATION)

KEYWORDS: Histopathology/ Biomarkers/ Bivalve/ Digestive glands/ Gills

NAINACHANOK KIATTIKUNPONG : THE STUDY OF HISTOPATHOLOGY OF OYSTER TO DEVELOP HISTOPATHOLOGICAL INDEX FOR THE ASSESSMENT OF SEAWATER QUALITY IN THE EAST COAST OF THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: SUTIN KINGTONG, Ph.D. 2024.

This study aimed to develop a reliable method for histopathological assessment of hooded oyster (*Saccostrea cucullata*) tissues as a bioindicator for environment condition. The analysis focused on detecting tissue alterations and pathological alteration in response to varying water quality. Adult oysters were collected from six distinct coastal regions of Thailand, each characterized by differing levels of seawater quality. Samplings were conducted in two seasons, the dry season (summer) and the wet season (rainy). Histopathological alterations were observed in two key organs including the digestive glands and gills. In the digestive glands, ten histopathological alterations have been included which composed of four tubular changes (hemocytic infiltration, vacuolation, tubular atrophy, and necrosis), four intertubular changes (hemocytic infiltration, hemocytic aggregates, brown granules, and fibroma), and the presence of two parasitic forms (bacteria and protozoans). In the gills, seven histopathological alterations were assessed, encompassing five cellular changes (mucous cells, lamellar deformation, vacuolation, brown granules, and hemocytic infiltration) as well as the presence of parasites. The histopathological index ( $I_h$ ) was calculated for oyster tissues across both seasons and all study sites. Statistical analysis revealed significant differences in  $I_h$  values between the study areas ( $P < 0.05$ ), corresponding to the levels of seawater contamination at each site. Seasonal variation also had a notable impact, with significantly higher  $I_h$  values observed during the rainy season compared to the dry season ( $P < 0.05$ ). Furthermore, the digestive gland tissues demonstrated a stronger correlation with seawater contamination levels than gill tissues. These results highlight the potential of using histopathological analysis, especially of the digestive glands, as an effective tool for biomonitoring the health of coastal marine environments. This approach could be applied not only in Thailand but also in other regions where *Saccostrea cucullata* is found.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.สุทิน กิ่งทอง อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร เงินยวง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิติน ขจรพิสิฐศักดิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง กระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.มาร์ติน กลอสแมนน์ และดร.สเตฟาน กูมเมอร์ นักวิจัย ณ มหาวิทยาลัยสัตว์แพทย์เวียนนา ประเทศออสเตรีย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือกล้องจุลทรรศน์เพื่อถ่ายภาพเนื้อเยื่อ และตรวจสอบเกณฑ์วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแปลงเนื้อเยื่อให้มีคุณภาพมากขึ้น

ขอขอบพระคุณ นางสาวฉวีรดา ดันสุวรรณ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมปฏิบัติการ สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 13 ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในพื้นที่เก็บตัวอย่างและวิธีการศึกษาการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

ขอขอบพระคุณ นายชัยศ นุ่มกลิ่น นายธีระวัฒน์ คุณสันเทียะ นางสาวจิราภรณ์ ดาสนันเทียะ และ นางสาวจิรัชญา สูดจันทิก ที่ช่วยถ่ายทอดวิชาความรู้ที่ถูกต้องในการเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจیب การเตรียมเนื้อเยื่อหอยนางรมด้วยเทคนิคมิยชีววิทยา รวมถึงขอบคุณหอยนางรมปากจیبทุกตัวที่เป็นตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นายอุษกร สะเมาะ และนายกฤติณ ทิพย์มณเฑียร อนุเคราะห์คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูล รวมถึงคณะผู้บริหาร คณะครูและนักเรียน โรงเรียนสุราษฎร์ธานีที่ทำให้กำลังใจ

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ คุณป้า คุณยาย อาทิงและครอบครัว รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาศึกษาทุกคน คณะอาจารย์ พี่เจ้าหน้าที่จากภาคชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความช่วยเหลือ ส่งต่อพลังใจ และคอยสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	๗
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย .....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย .....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.6 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย .....	4
1.7 สถานที่ดำเนินการวิจัย .....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 สภาพภูมิประเทศของชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก .....	5
2.2 การใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่ดินชายฝั่ง .....	7
2.3 ภัยคุกคามคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งภาคตะวันออก .....	9
2.4 การตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล .....	11
2.5 การประเมินผลคุณภาพน้ำทะเล .....	12
2.6 คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของไทย .....	14

2.7 ข้อมูลทั่วไปของหอยนางรมปากจีบ ( <i>Saccosrea cucullata</i> ).....	23
2.8 กายวิภาคของต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบ.....	26
2.9 กายวิภาคของเหงือกของหอยนางรมปากจีบ.....	28
2.10 การเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยา.....	31
2.11 รายงานการศึกษาสภาพของหอยสองฝา.....	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	36
3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง.....	36
3.2 การเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจีบ.....	37
3.3 เทคนิคมิชวิทยา (Histological technique).....	37
3.4 การประเมินค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ.....	46
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	49
4.1 เนื้อเยื่อวิทยาของโครงสร้างต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจีบ.....	49
4.2 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา.....	52
4.3 การคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก.....	60
4.4 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก.....	67
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล.....	72
5.1 อภิปรายผลการวิจัย.....	72
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	84
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	85
บรรณานุกรม.....	86
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก.....	97
ภาคผนวก ข.....	99

ประวัติย่อของผู้วิจัย .....130



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเล .....13

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกของไทยปี 2561 – 2565.....14

ตารางที่ 3 สรุปรายงานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก ปี 2561-2565 .....15

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก 6 พื้นที่ ปี 2561 - 2565 .....22

ตารางที่ 5 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารปรับ โดย Costa et al. (2013) และ Joshy et al. (2022) .....32

ตารางที่ 6 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกปรับ โดย Costa et al. (2013) และ Joshy et al. (2022) .....33

ตารางที่ 7 พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง .....36

ตารางที่ 8 เกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร .....46

ตารางที่ 9 เกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก.....46

ตารางที่ 10 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes) .....52

ตารางที่ 11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อต่อมย่อยอาหาร .....54

ตารางที่ 12 ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในต่อมย่อยอาหาร .....55

ตารางที่ 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกใน โครงสร้างเซลล์ (cellular changes) .....57

ตารางที่ 14 ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในเนื้อเยื่อเหงือก.....59

ตารางที่ 15 สรุปค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาลแยกตามลักษณะอาการ .....61

ตารางที่ 16 สรุปค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาลแยกตามลักษณะอาการ .....62

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารที่ได้จากการ คำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 .....68

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกที่ได้จากการคำนวณกับ รายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 .....	68
ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารกับเหงือกที่ได้ จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 .....	69
ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารหอยนางรมปากจیب เป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล .....	100
ตารางที่ 21 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ เกาะล้าน จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	101
ตารางที่ 22 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ เกาะล้าน จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	102
ตารางที่ 23 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ แสมสาร จ.ระยอง ฤดูแล้ง .....	103
ตารางที่ 24 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ แสมสาร จ.ระยอง ฤดูฝน .....	104
ตารางที่ 25 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ หาดสุชาดา จ.ระยอง ฤดูแล้ง .....	105
ตารางที่ 26 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ หาดสุชาดา จ.ระยอง ฤดูฝน .....	106
ตารางที่ 27 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	107
ตารางที่ 28 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	108
ตารางที่ 29 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	109
ตารางที่ 30 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	110

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ฤดูแล้ง .....	111
ตารางที่ 32 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ฤดูฝน .....	112
ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ยค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกหอยนางรมปากจیبเป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล .....	113
ตารางที่ 34 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	114
ตารางที่ 35 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	115
ตารางที่ 36 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เสมสาร จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	116
ตารางที่ 37 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เสมสาร จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	117
ตารางที่ 38 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่หาดสุทธาดา จ.ระยอง ฤดูแล้ง .....	118
ตารางที่ 39 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่หาดสุทธาดา จ.ระยอง ฤดูฝน .....	119
ตารางที่ 40 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	120
ตารางที่ 41 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	121
ตารางที่ 42 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง .....	122
ตารางที่ 43 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี ฤดูฝน .....	123

ตารางที่ 44 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจิบจากพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ฤดูแล้ง.....	124
ตารางที่ 45 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจิบจากพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ฤดูฝน .....	125
ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจิบจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ Independent Samples T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของฤดูกาลที่แตกต่างกัน .....	126
ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจิบจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของพื้นที่ที่แตกต่างกัน .....	127
ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจิบจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ Independent Samples T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของฤดูกาลที่แตกต่างกัน .....	128
ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจิบที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่โดยการทดสอบทางสถิติ การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของพื้นที่ที่แตกต่างกัน .....	129

## สารบัญภาพ

### หน้า

ภาพที่ 1 ขอบเขตการปกครองและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก .....	5
ภาพที่ 2 สภาพภูมิประเทศและลำน้ำสาขาในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก .....	6
ภาพที่ 3 สัณฐานวิทยาของเปลือกด้านซ้าย (A-B) และเปลือกด้านขวา (C-D) .....	24
ภาพที่ 4 อวัยวะภายในของหอยนางรมปากจีบ .....	25
ภาพที่ 5 ลักษณะตัดตามขวางต่อมย่อยอาหาร (digestive glands) .....	26
ภาพที่ 6 กายวิภาคของเหงือกของหอยนางรมปากจีบ .....	28
ภาพที่ 7 ภาพตัดขวางของเนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจีบ .....	29
ภาพที่ 8 การตัดเนื้อเยื่อแบ่งเป็นส่วนๆของหอยนางรมปากจีบ .....	38
ภาพที่ 9 แผนผังการเตรียมเนื้อเยื่อด้วยเทคนิคจุลชีววิทยา .....	42
ภาพที่ 10 แผนผังการย้อมด้วยสีสีมาทอกไซลีนและสีอีโอซิน .....	45
ภาพที่ 11 เนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบ <i>Saccostrea cucullata</i> .....	49
ภาพที่ 12 เนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจีบ <i>Saccostrea cucullata</i> .....	51
ภาพที่ 13 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร จากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล .....	64
ภาพที่ 14 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกจากพื้นที่ เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล .....	66
ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจีบ โดยการ ทดสอบทางสถิติ .....	71

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทะเลและชายฝั่งเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีความหลากหลายและมีคุณค่ามาก เพราะเป็นแหล่งผลิตสัตว์น้ำ เป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงของไทย ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา และตราด จัดเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทยเนื่องจากตั้งอยู่ในเขตโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก (Eastern Seaboard Development Program ; ESB) และยังมีแผนที่จะถูกพัฒนาต่อเนื่องภายใต้โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor ; EEC) โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินตลอดแนวชายฝั่งจากภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรมและการท่องเที่ยว บริเวณอ่าวไทยตอนบนมีลักษณะของอ่าวกึ่งปิด มลภาวะที่ไหลมาจากแผ่นดินผ่านปากแม่น้ำกระจายออกได้ยาก จึงเป็นแหล่งสุดท้ายของการรองรับของเสียจากแหล่งต่าง ๆ ที่พัฒนาตามลำน้ำแล้วเกิดการสะสม หากแหล่งน้ำเหล่านั้นมีคุณภาพน้ำที่เสื่อมโทรมย่อมส่งผลกระทบต่อให้คุณภาพน้ำทะเลในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม จากการรายงานพบความเสื่อมโทรมของทรัพยากร เช่น มีการกัดเซาะชายฝั่งทะเลอย่างรุนแรง พื้นที่ป่าชายเลนและปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ลดลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งแหล่งปะการังและหญ้าทะเลอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2562)

ประเทศไทยได้มีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเฝ้าระวังสถานการณ์และแนวโน้มคุณภาพน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงไป (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2563) โดยหน่วยงานหลักที่ดำเนินงานตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งจะดำเนินงานร่วมกับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคในพื้นที่สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์พื้นฐาน ได้แก่ พารามิเตอร์กลุ่มกายภาพ เช่น วัตถุลอยน้ำ สี กลิ่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ความโปร่งใส ออกซิเจนละลาย น้ำมันและไขมันบนผิวน้ำ สารแขวนลอย พารามิเตอร์กลุ่มสารอาหาร (ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และแอมโมเนียรวม) กลุ่มแบคทีเรีย กลุ่มโลหะหนัก และปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนรวม

อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของน้ำทะเลนำไปสู่การวางแผนและการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ให้มีความเหมาะสมและดีขึ้นต่อไปนั้นควรจะต้องอาศัยปัจจัยทางชีวภาพ โดยการศึกษาสุขภาพของสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้นควบคู่กันไปด้วย ซึ่งมีการพิสูจน์แล้ว

ว่าการศึกษานื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตมีความน่าเชื่อถือมากกว่าวิธีการอื่นๆ เนื่องจากเป็นแนวทางที่เรียบง่ายและสะท้อนถึงสุขภาพของสิ่งมีชีวิต (Au, 2004) สามารถบ่งบอกถึงความเป็นพิษได้ในระยะแรก (Sharaf & Shehata, 2015) และคาดการณ์มลภาวะของระบบนิเวศบริเวณนั้นได้จากประชากรที่ทำการเก็บตัวอย่างมาศึกษา โดยตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่มีการรายงานอย่างต่อเนื่องคือการใช้ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของกลุ่มหอยสองฝาเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เพื่อติดตามผลกระทบหรือการเปลี่ยนแปลงของสารก่อมลพิษ หรือบ่งชี้ถึงสถานการณ์ของปัญหาสิ่งแวดล้อม (Costa, Carreira, Costa, & Caeiro, 2013; Joshy, Krupesha, Mini, Gangadharan, & Pranav, 2022) เนื่องจากหอยสองฝาเป็นสัตว์น้ำที่พบได้จำนวนมากในแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ มีการยึดเกาะอยู่กับที่ กินอาหารโดยการกรอง จึงมีโอกาสสะสมสิ่งปนเปื้อนที่เป็นพิษในระบบนิเวศอย่างต่อเนื่องและหลีกเลี่ยงไม่ได้ มีการพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนได้ดี จึงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ในการเฝ้าติดตาม (Cravo et al., 2012; Dumme, Tanhan, Kruatrachue, Dumrongphol, & Pokethitiyook, 2015; Maisano, Cappello, Natalotto, Vitale, & Parrino, 2017)

หอยนางรมปากจیب (*Saccostrea cucullata*) เป็นหอยสองฝาที่พบทั้งในบริเวณทะเลอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน แต่พบชุกชุมมากในแถบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี จันทบุรี และระยอง (สุวิจน์ ธีธรรส, 2558) จึงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความเหมาะสมในการเป็นต้นแบบของการศึกษาสุขภาพของนื้อเยื่อ เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในทางชีวภาพของประเทศไทย ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้คือการพัฒนาวิธีการตรวจสอบนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจیبเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสิ่งแวดล้อมด้วยกระบวนการทางจุลพยาธิวิทยา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงและความผิดปกติของนื้อเยื่อ เช่น การอักเสบ การตายของนื้อเยื่อ การพบพยาธิที่บริเวณต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจیب ประเมินเป็นคะแนนความผิดปกติที่เกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจวัดคุณภาพของสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของไทย และเป็นประโยชน์สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาด้านสรีรวิทยาและพิษวิทยาของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางทะเลอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของนื้อเยื่อหอยนางรมปากจیب
2. เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบนื้อเยื่อโดยวิธีการทางจุลพยาธิวิทยาของหอยนางรม

ปากจیب

3. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของหอยนางรมปากจیبกับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของหอยนางรมปากจیبกับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละฤดูกาล

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

หอยนางรมปากจیبสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลได้ โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจیبที่ได้รับผลกระทบจากคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้วิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจیب โดยวิธีการทางจุลพยาธิวิทยาที่มีประสิทธิภาพ
2. ได้ตัวแทนของสิ่งมีชีวิตที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
3. ได้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกับพื้นที่ศึกษาและฤดูกาล

### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

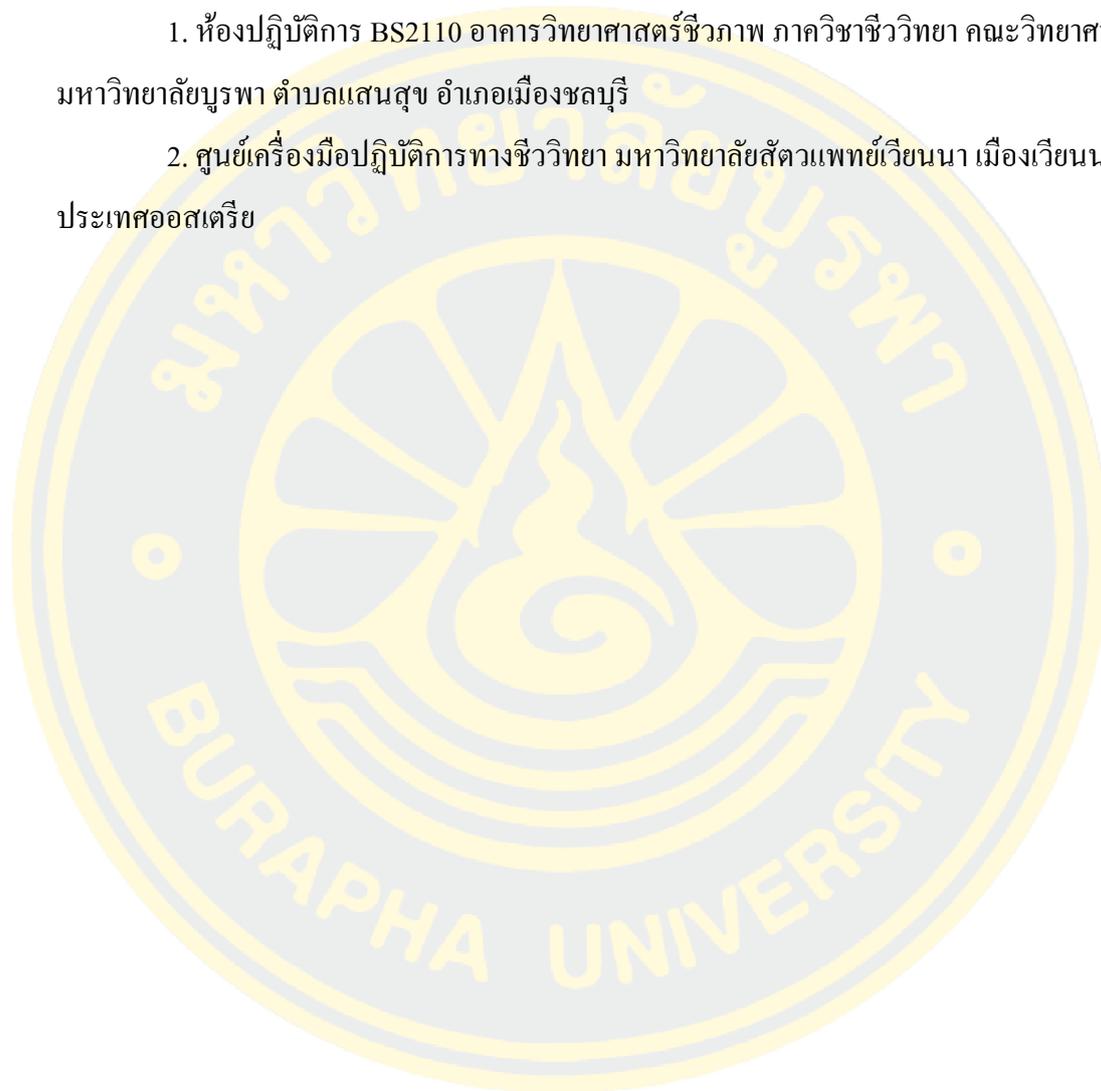
การศึกษาครั้งนี้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจیبจากถิ่นอาศัยในพื้นที่บริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในจังหวัดชลบุรี และระยอง โดยแบ่งพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ที่คุณภาพน้ำทะเลดี คือ เกาะล้าน จ.ชลบุรี และแสมสาร จ.ชลบุรี พื้นที่ที่คุณภาพน้ำทะเลพอใช้ คือ หาดสุชาดา จ.ระยอง และเกาะลอย จ.ชลบุรี พื้นที่ที่คุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรม คือ อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ จากนั้นนำตัวอย่างหอยนางรมปากจیبศึกษาเนื้อเยื่อด้วยเทคนิคมิชชีวิทยา และย้อมสี Harris' hematoxylin and eosin (H&E) นำสไลด์ที่ได้ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงผ่านโปรแกรม Olympus OIYVIA วิเคราะห์โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ใช้ข้อมูลลักษณะการอักเสบ การตายของเนื้อเยื่อและจุลกายพยาธิของกลุ่มหอยสองฝามาวิเคราะห์เป็นระดับคะแนน เพื่อประเมินความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่และฤดูกาลต่อไป

## 1.6 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2565 – 9 สิงหาคม พ.ศ. 2566

## 1.7 สถานที่ดำเนินการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการ BS2110 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี
2. ศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการทางชีววิทยา มหาวิทยาลัยสัตวแพทย์เวียนนา เมืองเวียนนา ประเทศออสเตรเลีย

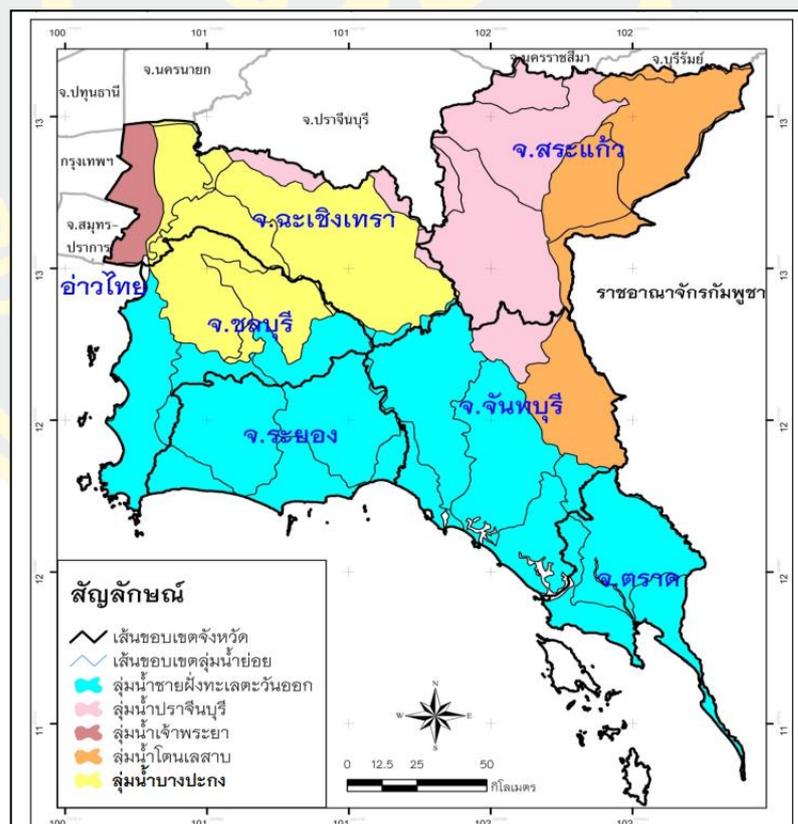


## บทที่ 2

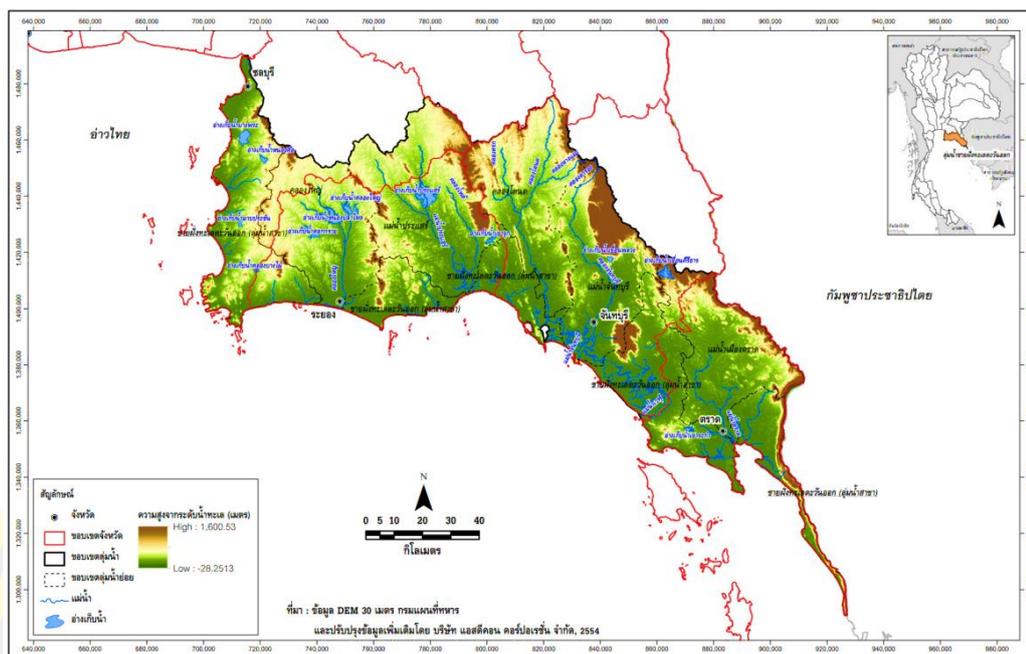
### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สภาพภูมิประเทศของชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ภาคตะวันออกของประเทศไทยตั้งอยู่ในจุดยุทธศาสตร์ที่ดีที่สุดของภูมิภาคอาเซียน (หรรษธร ณรงค์, วิจิตรา ศรีสอน และสัณฐาน ชยนนท์, 2565) มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 13,095.80 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุม 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว และตราด อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่  $11^{\circ} 21'$  เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่  $13^{\circ} 55'$  เหนือ และ อยู่ระหว่างเส้นแวงที่  $100^{\circ} 50'$  ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่  $102^{\circ} 55'$  ตะวันออก มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำบางปะกง ลุ่มน้ำปราจีนบุรี และลุ่มน้ำโตนเลสาป ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับอ่าวไทย และทิศตะวันออกติดกับประเทศกัมพูชา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2563)



ภาพที่ 1 ขอบเขตการปกครองและขอบเขตลุ่มน้ำในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2563)



ภาพที่ 2 สภาพภูมิประเทศและลำน้ำสาขาในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก  
(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2563)

จากลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ สามารถแบ่งพื้นที่ที่ได้เป็น 4 ลักษณะ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) ดังนี้

1. ที่ราบชายฝั่งทะเลและที่ราบลุ่มแม่น้ำ เริ่มต้นจากที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและบางปะกง ขนานไปกับฝั่งทะเลไปยังจังหวัดระยอง มีลักษณะเป็นที่ราบแคบ ๆ ชายฝั่งทะเลเกิดจากตะกอน น้ำเค็มและน้ำกร่อยและตะกอนจากแม่น้ำ มีภูเขาลูกเล็ก ๆ สลับอยู่บางตอน ที่ราบส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณริมฝั่งลำน้ำ และที่ราบริมฝั่งทะเลอ่าวไทยทางทิศใต้และทิศตะวันตก โดยมีลำน้ำสายสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมากออกทะเลอ่าวไทยทางทิศใต้ ได้แก่ คลองใหญ่ แม่น้ำประแสร์ คลองวังโดนด แม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด ชายฝั่งทะเลมีลักษณะเว้าแหว่งบางแห่งเป็นปากแม่น้ำหรือที่ลุ่มน้ำทะเลท่วมถึง มีป่าชายเลนหรือป่าโกงกางขึ้น เช่น ที่บริเวณปากแม่น้ำระยองและแม่น้ำประแสร์ บางแห่งเป็นหาดทรายที่สวยงาม เช่น หาดบางแสน หาดพิทยา และหาดนาจอมเทียน ในจังหวัดชลบุรี หาดแม่รำพึง หาดบ้านเพ และหาดแม่พิมพ์ในจังหวัดระยอง

2. ที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา เป็นส่วนที่อยู่สูงถัดจากที่ราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบชายฝั่งทะเลขึ้นไปเป็นที่ราบลูกคลื่นและเนินเขาเดี่ยวๆ สลับกัน ได้แก่ พื้นที่ด้านทิศตะวันออกของจังหวัดชลบุรี และตอนบนของจังหวัดระยอง ก่อนที่จะถึงบริเวณภูเขาสูงชัน

3. **ที่สูงชันและภูเขา** เป็นเขตที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 200 เมตรขึ้นไป ครอบคลุมบริเวณส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา มักจะทอดตัวในแนวเหนือใต้สลับกับที่ราบ ยอดเขาที่สูง ได้แก่ เขาสอยดาวที่มีความสูงประมาณ 1,600 เมตร ภูเขาส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินแกรนิต หินดาด โขฟิลไลต์และหินปูน

4. **เกาะต่าง ๆ** ประกอบด้วยเกาะใหญ่น้อย อยู่ห่างจากชายฝั่งตั้งแต่ 2 - 40 กิโลเมตร มีมากกว่า 50 เกาะ เกาะขนาดใหญ่และที่สำคัญมีจำนวนมากกว่า 15 เกาะ เช่น เกาะเสม็ดในจังหวัด ระยอง เกาะช้าง และเกาะกูดในจังหวัดตราด เกาะสีชังและเกาะล้านในจังหวัดชลบุรี เป็นต้น

## 2.2 การใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่ดินชายฝั่ง

พื้นที่ชายฝั่งทะเล เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ตามศักยภาพของแต่ละพื้นที่ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2562) ได้แบ่งการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ชายฝั่งทะเล ดังนี้

1. **การท่องเที่ยว** พื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ ทั้งจากสภาพภูมิทัศน์ที่สวยงามของเกาะ หาดทราย แนวปะการังและแหล่งหลู้าทะเล แหล่งโบราณคดีใต้น้ำ และแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ ที่เป็นโบราณสถานหรือโบราณคดี ประเพณีและวัฒนธรรมที่กระจายอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ ในพื้นที่ชายฝั่งทะเล รายได้จากการท่องเที่ยวเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะการท่องเที่ยวทางทะเลที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี

2. **แหล่งอุตสาหกรรม** เนื่องจากเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดในการพัฒนา ทั้งด้านความสะดวกในการคมนาคม การขนส่ง สร้างท่าเรือน้ำลึก นอกจากนี้อุตสาหกรรมจำนวนมากจำเป็นต้องใช้น้ำปริมาณมหาศาลในการระบายความร้อน หรือทำความสะอาด หรือเจือจางของเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้ง โดยเฉพาะ โรงไฟฟ้าที่ต้องใช้น้ำจำนวนมากในการหล่อเย็นและมีท่าเรือในการขนส่งเชื้อเพลิง เป็นต้น ปัญหาที่พบมักเป็นเรื่องการบังคับใช้พื้นที่ตามผังเมือง ปัญหามลพิษอุตสาหกรรมและการกำจัดของเสีย ปัญหาการใช้ที่ดินไม่เหมาะสม ความขัดแย้งระหว่างชุมชนกับนิคมอุตสาหกรรม ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการไม่เพียงพอ โดยเฉพาะน้ำใช้ อุตสาหกรรม เป็นต้น

3. **การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ** พื้นที่ติดทะเลเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จึงมีการขยายตัวของพื้นที่เพาะเลี้ยงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ปลา หอย และปู เป็นต้น ปัญหาที่เกิดจากเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่สำคัญ ได้แก่ การเกิดโรคระบาด ความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม การขาดแคลนพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

4. **ทำนาเกลือ** พื้นที่ทำนาเกลือมีประมาณ 120,000 ไร่ โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งอยู่ในบริเวณที่ลุ่มน้ำทะเลท่วมในเขตอ่าวไทยตอนบน ส่วนที่เหลือกระจายอยู่ตามจังหวัดในเขตตะวันออกและปัตตานีบางส่วน

5. **แหล่งชุมชนและเมือง** การตั้งถิ่นฐานของชุมชนในพื้นที่ชายฝั่งทะเล ส่วนใหญ่เป็นแหล่งชุมชนขนาดเล็กที่มีอาชีพประมงดั้งเดิมและการค้าขายที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรมประมง ส่วนใหญ่จะตั้งถิ่นฐานแรกๆ ตามปากแม่น้ำสายหลัก ต่อมาชุมชนมีการขยายตัวเชื่อมโยงกับชุมชนข้างเคียงจนเป็นผืนเดียวกัน กลายเป็นเมืองหลักขนาดใหญ่ขึ้น มีความหนาแน่นจึงเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศชายฝั่งทะเล ปัญหาที่พบ ได้แก่ ขยะ ของเสียและน้ำเสียจากชุมชน การบุกรุกพื้นที่ป่าชายเลน ตลอดจนการก่อสร้างรุกล้ำแนวชายฝั่งซึ่งเป็นที่ดินสาธารณะ

6. **แหล่งป่าไม้** ป่าชายเลนมีสองกลุ่ม คือ กลุ่มไม้โกงกาง ซึ่งจะขึ้นหนาแน่นใกล้ฝั่งน้ำนอกสุดของป่าชายเลน และถัดเข้ามาเป็นต้นจาก ไม้แสม และ ไม้พังกา ในอดีตป่าชายเลนมักถูกมองว่าเป็นที่ดินว่างเปล่าไร้ประโยชน์ มีค่าน้อย จึงถูกแปรสภาพไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น เช่น ทำนาุ้ง ซึ่งเป็นการมองข้ามความสำคัญของป่าชายเลนที่มีความสำคัญหลายด้าน เช่น การป้องกันลมพายุ ป้องกันการพังทลายของดินแนวฝั่ง ช่วยทำความสะอาดน้ำเสีย ตลอดจนเป็นแหล่งพัก่อนหย่อนใจและแหล่งความรู้ รวมไปถึงการให้ผลผลิตจากป่าชายเลน เช่น ไม้พื้น วัสดุก่อสร้าง ถ่านไม้ สี กระจาด รวมทั้งเป็นแหล่งอาหารและระบบนิเวศที่สำคัญ

7. **การทำเหมืองแร่และเหมืองทราย** ในอดีตดิบุกเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตได้ถึง 300,000 ตันต่อปี เหมืองแร่ดิบุกส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้และดำเนินการทั้งบนบกและในทะเล (บนไหล่ทวีป) ปัจจุบันตลาดแร่ดิบุกมีลดลงและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนจึงไม่พบการทำเหมืองมากเช่นในอดีต แต่ยังคงพบการทำเหมืองทรายอุตสาหกรรม ทำให้มีปัญหาของเสียทั้งตะกอนและน้ำเสีย การพังทลายของชายหาด การสูญเสียดินหรือการลดลงของคุณค่าทางสุนทรียภาพของชายหาด และที่สำคัญมีผลกระทบต่อระบบนิเวศบริเวณแนวปะการัง

8. **พื้นที่รับน้ำ** การจัดการทรัพยากรน้ำบริเวณลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อการผลิตและรักษาน้ำ ทั้งการชลประทาน การผลิตประปา และทรัพยากรอื่นๆ ที่มีน้ำเป็นพื้นฐาน รวมทั้งการควบคุมการกัดเซาะพังทลายและน้ำท่วม การป้องกันคุณค่าความงามต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำ น้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลมีบทบาทที่มีประโยชน์ต่าง ๆ หลายประการ เช่น เป็นตัวช่วยนำตะกอนดินและทรายไปกระจายตามริมฝั่งและแนวชายหาด การรักษาทางน้ำที่สามารถเดินเรือไว้ โดยการขุดลอกตะกอนออก และการป้องกันการแทรกซึมของน้ำเค็มจากทะเลสู่แผ่นดิน

9. การคมนาคมและขนส่ง ท่าเรือและการขนส่งทางเรือมีบทบาทสำคัญทั้งทางด้านการคมนาคมและขนส่งสินค้ามาเป็นเวลาช้านาน ท่าเรือและที่จอดเรือตามแนวชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่เป็นท่าเรือประมงขนาดเล็กไม่มีบทบาทในด้านการขนส่งสินค้า ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาโครงข่ายถนนและทางรถไฟเชื่อมโยงไปยังพื้นที่อื่นๆ เพิ่มเติม

### 2.3 ภัยคุกคามคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งภาคตะวันออก

พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี และระยอง เป็นพื้นที่ที่ภาครัฐได้กำหนดให้เป็นฐานอุตสาหกรรมและประตูส่งออกใหม่ของประเทศ (สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก, 2564) พัฒนาต่อยอดสู่การเป็น “ระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC)” เพื่อให้เป็นพื้นที่เศรษฐกิจชั้นนำของเอเชีย ที่จะสนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน การขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งการยกระดับคุณภาพชีวิตและรายได้ของประชาชน (National Economic and Social Development Board, 2016) รองรับ การขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม และลดความแออัดของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งได้มีการพัฒนานิคมอุตสาหกรรม ท่าเรือน้ำลึก ถนน ทางรถไฟ และบริการพื้นฐาน เช่น น้ำ ไฟฟ้า และโทรคมนาคมไว้รองรับอย่างเพียงพอ ส่งผลให้พื้นที่แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี กลายเป็นเมืองท่าสมัยใหม่ของประเทศ เป็นเมืองท่าลำดับที่ 16 ของโลก มีท่าเรือพาณิชย์ระดับมาตรฐานสากลสำหรับขนส่งสินค้าตู้คอนเทนเนอร์ เขตนิคมอุตสาหกรรมทั่วไป และเขตอุตสาหกรรมส่งออก และมีแนวโน้มเป็นนครแหลมฉบัง(ระดับเทศบาลนครแหลมฉบังเป็นรูปแบบพิเศษ) พื้นที่มาบตาพุด จังหวัดระยอง เป็นเมืองอุตสาหกรรมสมัยใหม่ของประเทศ มีท่าเรืออุตสาหกรรมสำหรับขนถ่ายวัตถุดิบสินค้าทั่วไป และสินค้าของเหลวทางเคมี พร้อมทั้งมีเขตนิคมอุตสาหกรรมสำหรับรองรับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงงานปิโตรเคมี และ โรงกลั่นน้ำมัน ทำให้ภาคเอกชนได้ลงทุนด้านอุตสาหกรรมและกิจกรรมต่อเนื่องทั้งในเขตนิคมอุตสาหกรรมของภาครัฐ และเขตอุตสาหกรรมของภาคเอกชนเป็นจำนวนมาก

นอกจากนี้กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกมีช่องทางการค้าชายแดนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและจังหวัดตราดที่ติดต่อกับประเทศกัมพูชา สามารถเชื่อมโยงไปยังประเทศเวียดนามและประเทศจีนตอนใต้ที่ติดกับเวียดนาม ซึ่งจังหวัดตราดอยู่ในแนวระเบียงเศรษฐกิจกำลังพัฒนาเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดน ส่งผลให้กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกสามารถเป็นประตูใหม่ของประเทศเชื่อมโยงกับเส้นทางขนส่งทางเรือนานาชาติ และสร้างฐานการผลิตทางอุตสาหกรรมที่แข่งขันกับตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นแหล่งจ้างงานใหม่ในการรองรับแรงงานและประชากรที่อพยพจากกรุงเทพมหานคร และภาคอื่น ๆ

คุณภาพน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาอย่างเต็มรูปแบบของพื้นที่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เมื่อมีการพัฒนาในทุกด้านก็ส่งผลต่อคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลเช่นกัน เนื่องจากเป็นจุดรองรับความเชื่อมโยงของสายน้ำจากบนบกทุกพื้นที่ ส่งผลให้ระบบนิเวศทางน้ำเริ่มขาดสมดุล โดยภัยคุกคามคุณภาพน้ำทะเลและชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือ มีสาเหตุและผลกระทบดังนี้

1. การพัฒนาอุตสาหกรรมของภาครัฐและเอกชน โดยในบางแห่งเริ่มมีปัญหาเรื่องการบริหารจัดการด้านมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ได้แก่ ปัญหามลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ปัญหาการจัดการกากของเสียอุตสาหกรรม และปัญหาการบำบัดน้ำเสียและสารโลหะหนักที่ลงไปในแหล่งน้ำต่าง ๆ โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำดอกกราย เป็นต้น นอกจากนี้เริ่มเกิดความขัดแย้งเนื่องจากการได้มีการปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และเกษตรกรรมของประชาชนอย่างกว้างขวาง

2. การขยายตัวของเมือง แหล่งอุตสาหกรรม และแหล่งท่องเที่ยวอย่างรวดเร็ว ได้ส่งผลให้เกิดความต้องการใช้น้ำเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต บริการ และอุปโภคบริโภคปริมาณมาก ก่อให้เกิดความขัดแย้งเรื่องการใช้น้ำ ซึ่งแต่เดิมแหล่งน้ำจะถูกใช้เพื่อกิจกรรมการเกษตรและชุมชนเกษตรขนาดเล็กเท่านั้น ปัจจุบันต้องแย่งกันใช้น้ำระหว่างภาคเกษตร อุตสาหกรรม เมือง และบริการแก่นักท่องเที่ยว แม้ว่าจะได้มีการพัฒนาแหล่งน้ำรองรับไว้แล้วบางส่วนแต่ด้วยข้อจำกัดของภูมิประเทศ ทำให้ไม่สามารถก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ได้ จึงต้องมีการวางท่อส่งน้ำเชื่อมโยงระหว่างอ่างเก็บน้ำที่มีอยู่เพื่อนำน้ำมาทดแทนในบางพื้นที่ที่ยามขาดแคลน

3. การพัฒนาเศรษฐกิจของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ผ่านมา ได้ก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการขยายตัวทางการผลิตทั้งทางด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมทำให้มีการใช้และทำลายทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งป่าไม้ แหล่งน้ำ ดิน ทรัพยากรทางทะเล สัตว์ และพลังงานไปเป็นจำนวนมาก เกินกว่าศักยภาพของธรรมชาติจะสามารถฟื้นฟูสภาพให้เกิดทดแทนกลับคืนดั้งเดิมได้โดยเร็ว เช่น การทำลายทรัพยากรป่าไม้ ได้ส่งผลกระทบไปถึงปัญหาความแปรปรวนของลมฟ้าอากาศ ก่อให้เกิดภาวะฝนแล้งและน้ำท่วมอยู่เสมอ โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี และตราด ทำความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร การคมนาคมขนส่ง การผลิต และธุรกิจภาคอุตสาหกรรม และเศรษฐกิจส่วนรวมของกลุ่มจังหวัด การขยายพื้นที่ทำการเกษตรและอุตสาหกรรมไปในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ได้ก่อให้เกิดปัญหาหมอกควัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลงและมีการชะล้างพังทลายสูง นอกจากนี้ยังมีการจับสัตว์น้ำโดยไม่ถูกวิธี ทำให้สัตว์น้ำตามธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งพื้นที่ป่าชายเลนในแต่ละจังหวัดลดลงไปจากเดิมมาก เนื่องจากการบุกรุกเพื่อทำนาเกลือ ถึงแม้ว่าจะได้พยายามหาทางแก้ไขอย่างต่อเนื่องตลอดมา แต่ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมยังเป็น

ปัญหาที่รุนแรงและเรื้อรัง หากมิได้รับการแก้ไขจัดการอย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพ ก็จะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญยิ่งต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

4. แม้ว่ากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นแหล่งเพาะปลูกผลไม้หลักของประเทศ แต่ผลไม้เป็นผลิตผลที่มีช่วงระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว ดูแล รักษาจำกัด เมื่อพ้นกำหนดจะเสียหาย และเป็นผลผลิตที่มีช่วงฤดูกาล ไม่สามารถผลิตออกได้ตลอดปี หากเมื่อใดขาดน้ำก็จะทำความเสียหายให้แก่สวนผลไม้อย่างรุนแรง ทำให้ปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน ไม่มีเสถียรภาพด้านราคา รวมทั้งยังขาดการบริหารจัดการในช่วงที่ผลไม้ ออกมามากและกระจุกตัวอย่างเหมาะสมและทันเวลา ทำให้ผลไม้เน่าเสียง่าย นอกจากนี้ยังขาดการวิจัยและพัฒนาทั้งในด้านการผลิตให้ออกผลผลิตนอกฤดูกาล การเก็บรักษา การลำเลียงถึงที่หมายก่อนการเน่าเสีย และมีปัญหาเรื่องคุณภาพมาตรฐานไม่สม่ำเสมอ เช่น การคัดขนาด บรรจุหีบห่อ แปรรูป และเก็บรักษา ดังนั้นหากมีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปขึ้นมารองรับ นอกจากจะเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมถนอมอาหารให้เกิดขึ้นในพื้นที่ได้แล้ว ยังเป็นการช่วยให้ผลไม้มีราคาและรายได้เกษตรกรดีขึ้น

## 2.4 การตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล

กรมควบคุมมลพิษได้ดำเนินงานร่วมกับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคในพื้นที่ สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล 2 ครั้งต่อปี คือ ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน เพื่อเฝ้าระวังปัญหาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ที่อาจได้รับผลกระทบ โดยการตรวจสอบและเก็บตัวอย่างน้ำทะเล จะดำเนินการตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 288 ง วันที่ 23 พฤศจิกายน 2560) ซึ่งกำหนดความลึกสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดังนี้

1. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 5 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตรและสูงกว่าท้องน้ำ 1 เมตร
2. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 5 – 20 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตรกึ่งกลางน้ำและสูงกว่าท้องน้ำ 1 เมตร
3. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 20 – 40 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร 10 เมตร 20 เมตร 30 เมตร และสูงกว่าท้องน้ำ 1 เมตร
4. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 40 – 100 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร 20 เมตร 40 เมตร 80 เมตร และสูงกว่าท้องน้ำ 1 เมตร

5. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 100 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร ที่ทุก ๆ ความลึก 50 เมตร และสูงกว่าท้องน้ำ 1 เมตร

6. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกของน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับกึ่งกลางความลึกของน้ำ

สำหรับแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) ให้เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร ส่วนวัตถุลอยน้ำ สี ความโปร่งใส น้ำมันและไขมันบนผิวน้ำ ไม่ต้องเก็บตัวอย่าง แต่ให้ตรวจวัด ณ จุดตรวจสอบ ทั้งนี้ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงเวลาตั้งแต่น้ำลงถึงน้ำลงต่ำสุด โดยเฉพาะในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง

## 2.5 การประเมินผลคุณภาพน้ำทะเล

การประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง สามารถประเมินได้โดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Modified Water Quality Index: MWQI) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเล โดยรวมว่าอยู่ในระดับใดและช่วยให้ง่ายแก่การเข้าใจ เหมาะสำหรับการเผยแพร่ต่อสาธารณชน กรมควบคุมมลพิษของประเทศไทยได้พัฒนาสูตรการหาดัชนีคุณภาพน้ำทะเลมาจาก “Unweighted Multiplicative River Water Quality Index” ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการเผยแพร่ให้ความรู้ทางด้านคุณภาพน้ำแก่สาธารณชนในประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกใช้ในการจัดทำรายงานเสนอต่อสภาผู้แทนราษฎรของสหรัฐอเมริกา พัฒนาขึ้น โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ซึ่งพัฒนามาจาก Brown et al. (1970) โดยการนำค่าหรือผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลจำนวน 9 พารามิเตอร์ มาคำนวณในสูตร แต่เนื่องจากค่าอุณหภูมิน้ำทะเลในประเทศไทยนั้นมีความใกล้เคียงกันทั้งประเทศจึงไม่คิดค่าอุณหภูมิ ทำให้ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (MWQI) ของประเทศไทย คำนวณโดยใช้ 8 พารามิเตอร์ ได้แก่

- 1) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
- 2) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)
- 3) สารแขวนลอย (TS)
- 4) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB)
- 5) ฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส ( $\text{PO}_4^{3-}$  - P)
- 6) ไนเตรต – ไนโตรเจน ( $\text{NO}_3^-$  - N)
- 7) ค่าความขุ่นของน้ำ (Turbidity)
- 8) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD)

หากพบคุณภาพน้ำทะเลมีปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และสารเป็นพิษ เช่น ปรอท (Hg), แคดเมียม(Cd), โครเมียมรวม (Total Cr), โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ( $Cr^{6+}$ ), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), ไซยาไนต์ ( $CN^-$ ) และพีซีบี (PCBs) เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ดัชนีคุณภาพน้ำทะเลจะมีค่าเป็น “0” ทั้งนี้ ซึ่งผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลทั้ง 8 พารามิเตอร์จะถูกนำมาคำนวณเพื่อให้ได้เลขตัวเดียว โดยใช้สมการ

$$MWQI = [(pH) (DO) (TS) (FCB) (NO_3^-) (PO_4^{3-}) (Turbid) (BOD)]^{1/8}$$

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (MWQI) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 ซึ่งจะใช้แสดงถึงคุณภาพน้ำ โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำ ออกเป็น 5 ช่วงคะแนน เพื่อจัดเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเล ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 การกำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำทะเล

ช่วงคะแนน	เกณฑ์คุณภาพน้ำทะเล
มากกว่า 90-100	ดีมาก
มากกว่า 80-90	ดี
มากกว่า 50-80	พอใช้
มากกว่า 25-50	เสื่อมโทรม
มากกว่า 0-25	เสื่อมโทรมมาก

จากนั้นเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ดีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 288 ง ลงวันที่ 23 พฤศจิกายน 2560 เพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาสาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำทะเล ทำการรวบรวมและเรียบเรียงผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเล และสภาพปัญหา สาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำทะเลเพื่อจัดทำรายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลต่อไป

## 2.6 คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด) ในภาพรวมตั้งแต่ปี 2561-2565 จุดเก็บตัวอย่างจำนวน 65 จุด จุด 79 จุด 80 จุด 84 จุด และ 65 จุดตามลำดับ พบว่าคุณภาพน้ำทะเลมีแนวโน้มดีขึ้น ตั้งแต่ปี 2562 เป็นต้นมา แต่ยังคงมีปัญหาคุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรมในบางพื้นที่ ได้แก่ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ทะเลชายฝั่งในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ บริเวณตอนท้ายของท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี และบริเวณอ่าวชลบุรี จังหวัดชลบุรี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวใกล้คลองรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนระบายไหลลงสู่ทะเล และไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน แต่ในปี 2564 คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และเริ่มกลับมามีแนวโน้มที่ดีขึ้นในปี 2565 โดยเฉพาะในจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยปี 2561 – 2565

ผลประเมิน คุณภาพน้ำทะเล (%)	ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล				
	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
ดีมาก	-	3	1	-	-
ดี	49	53	53	26	56
พอใช้	40	35	30	58	29
เสื่อมโทรม	8	5	11	10	9
เสื่อมโทรมมาก	3	4	5	6	6

ตารางที่ 3 สรุปรายงานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก ปี 2561-2565

		ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล				
ผลประเมิน	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
ดี	จ.ระยอง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดแม่รำพึง</li> <li>- แหลมแม่พิมพ์</li> <li>- อ่าวพร้าว</li> <li>- อ่าวทับทิม</li> <li>- อ่าวไผ่</li> <li>- หาดทรายแก้ว (10 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (100 ม.)</li> <li>- เกาะกูด (หน้าบ้านพักอุทยาน)</li> <li>- เกาะกูด (ท้ายเกาะ)</li> <li>- หาดนารีณ</li> <li>- หาดพยุห</li> <li>- ปากแม่น้ำระยอง</li> <li>- ปากคลองแกลง</li> <li>- สวนรุกขชาติ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดแม่รำพึง (10 ม.)</li> <li>- หาดแม่รำพึง (100 ม.)</li> <li>- แหลมแม่พิมพ์</li> <li>- อ่าวพร้าว</li> <li>- อ่าวไผ่</li> <li>- อ่าวทับทิม</li> <li>- หาดทรายแก้ว (10 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (100 ม.)</li> <li>- ทำริอหน้าด่าน</li> <li>- เกาะกูด (หน้าบ้านพักอุทยาน)</li> <li>- เกาะกูด ทิศตะวันตก</li> <li>- ปากแม่น้ำระยอง</li> <li>- ปากคลองแกลง</li> <li>- สวนรุกขชาติ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดแม่รำพึง (10 ม.)</li> <li>- หาดแม่รำพึง (100 ม.)</li> <li>- แหลมแม่พิมพ์</li> <li>- อ่าวพร้าว (10 ม.)</li> <li>- อ่าวพร้าว (500 ม.)</li> <li>- อ่าวทับทิม</li> <li>- อ่าวไผ่</li> <li>- หาดทรายแก้ว (10 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (100 ม.)</li> <li>- เกาะกูด (ตะวันตก)</li> <li>- หาดนารีณ</li> <li>- สวนรุกขชาติ</li> <li>- หาดพยุห</li> <li>- ปากแม่น้ำพังราด</li> <li>- สะพานท่าเรือพล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดแม่รำพึง (10 ม.)</li> <li>- แหลมแม่พิมพ์</li> <li>- อ่าวพร้าว (10 ม.)</li> <li>- อ่าวพร้าว (500 ม.)</li> <li>- อ่าวทับทิม (10 ม.)</li> <li>- อ่าวทับทิม (100 ม.)</li> <li>- อ่าวไผ่ (10 ม.)</li> <li>- อ่าวไผ่ (100 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (10 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (100 ม.)</li> <li>- เกาะกูด ทิศตะวันตก</li> <li>- เกาะกูด (หน้าบ้านพักอุทยาน)</li> <li>- หาดพยุห</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดแม่รำพึง (10 ม.)</li> <li>- แหลมแม่พิมพ์</li> <li>- อ่าวพร้าว (10 ม.)</li> <li>- อ่าวพร้าว (500 ม.)</li> <li>- อ่าวทับทิม (10 ม.)</li> <li>- อ่าวทับทิม (100 ม.)</li> <li>- อ่าวไผ่ (10 ม.)</li> <li>- อ่าวไผ่ (100 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (10 ม.)</li> <li>- หาดทรายแก้ว (100 ม.)</li> <li>- เกาะกูด ทิศตะวันตก</li> <li>- เกาะกูด (หน้าบ้านพักอุทยาน)</li> <li>- หาดนารีณ</li> <li>- ปากคลองแกลง</li> </ul>

ตารางที่ 3 (ต่อ)

		ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล					
ผลประเมิน	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565	
ดีมาก	จ.ชลบุรี	-	- เกาะล้น(ท่าเรือหน้าบ้าน)	- ทำเรือหน้าด่าน	-	-	- ส่วนรุกชาติเพ
	จ.ระยอง	-	- อ่าวพร้าว (เกาะเสม็ด)	- เกาะกูด (หน้าบ้านพักอุทยาน)	-	-	-
ดี	จ.ชลบุรี	- ช่องเสมสาร - เกาะล้น(หาดตาแหวน) - เกาะล้น(ท่าเรือหน้าบ้าน) - เกาะล้น(หาดถ้ำพัง) - เกาะล้น(ท่าเตววงษ์) - ทำเรือแหลมฉบัง - พัทยาเหนือ - พัทยากลาง - หัวแหลมฉบัง	- ช่องเสมสาร - เกาะล้น(หาดตาแหวน) - เกาะล้น(หาดถ้ำพัง) - เกาะล้น(ศาลาอัยญาวงศ์) - เกาะล้น(ท่าเตววงษ์) - ทำเรือแหลมฉบัง - แหลมฉบัง (ตอนกลาง) - หัวแหลมฉบัง - หาดบางแสน - หาดบ้านอ่าว - หาดบางเสร่ - หาดเตยงาม	- ช่องเสมสาร - เกาะล้น(หาดตาแหวน) - เกาะล้น(ท่าเรือหน้าบ้าน) - เกาะล้น(หาดถ้ำพัง) - เกาะล้น(ศาลาอัยญาวงศ์) - แหลมฉบัง (ตอนกลาง) - พัทยากลาง - พัทยาเหนือ - หาดบ้านอ่าว - หาดบางเสร่ - หาดเตยงาม - หาดนางรำ	- ช่องเสมสาร - เกาะล้น(หาดตาแหวน) - เกาะล้น(ท่าเรือหน้าบ้าน) - เกาะล้น(หาดถ้ำพัง) - เกาะล้น(ศาลาอัยญาวงศ์) - ทำเรือแหลมฉบัง - หาดพัทยา ตอนใต้ - หาดพัทยา ตอนกลาง - หาดพัทยา ตอนเหนือ - ทำเรือท่าล่าง เกาะล้น - หาดบางแสน (มีระบบบำบัดน้ำเสีย)	-	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ผล ประเมิน	ปีที่มีการรายงานคุณภาพนำทะเล					
	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
ดี	จ.จันทบุรี	- อ่าวคุ้งกระเบน - หาดแหลมเสด็จ - ปากแม่น้ำจันทบุรี	- อ่าวคุ้งกระเบน - หาดเจ้าหลาว - หาดคู้จิมาน - หาดนางรำ	- อ่าวคุ้งกระเบน - หาดแหลมเสด็จ - หาดเจ้าหลาว - หาดคู้จิมาน	- อ่าวคุ้งกระเบน - หาดแหลมเสด็จ	- อ่าวคุ้งกระเบน - หาดแหลมเสด็จ - ปากแม่น้ำจันทบุรี
	จ.ตราด	- อ่าวบางเมา - หาดทรายขาว	- หาดไก่แม่ - อ่าวบางเมา - ปากคลองใหญ่ - หาดบานชื่น - หาดคลองพร้าว - หาดทรายขาว - ทำเรือแหลมงอบ - แหลมตอก - หาดการ์ณย์ - ปากคลองจาก	- หาดไก่แม่ - อ่าวบางเมา - หาดทรายขาว - หาดคลองพร้าว - หาดบานชื่น - หาดการ์ณย์	- หาดไก่แม่ - อ่าวบางเมา - หาดทรายขาว	- หาดไก่แม่ - อ่าวบางเมา - หาดทรายขาว - หาดคลองพร้าว - อ่าวสลักเพชร - แหลมงอบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ผล ประเมิน	ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล					
	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
พอใช้	จ.ชลบุรี	<ul style="list-style-type: none"> <li>- บางแสน</li> <li>- เกาะสีชัง (ศาลาอัยยญาติ)</li> <li>- เกาะสีชัง (หาดถ้ำพัง)</li> <li>- อ่าวอุดม</li> <li>- ตลาดนาเกลือ</li> <li>- หาดพิทยาทอนใต้</li> <li>- บางพระ</li> <li>- ศรีราชา (เกาะลอย)</li> <li>- แหลมฉบัง (ตอนกลาง)</li> <li>- ทำเรือสัตหีบ</li> <li>- อ่างศิลา</li> <li>- หาดจอมเทียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อ่าวชลบุรี</li> <li>- บางพระ</li> <li>- อ่าวอุดม</li> <li>- ศรีราชา (เกาะลอย)</li> <li>- ตลาดนาเกลือ</li> <li>- หาดพิทยาทอนใต้</li> <li>- หาดพิทยาทอนกลาง</li> <li>- หาดพิทยาทอนเหนือ</li> <li>- หาดบางแสน</li> <li>- ทำเรือสัตหีบ</li> <li>- อ่างศิลา</li> <li>- หาดจอมเทียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- บางพระ</li> <li>- อ่าวอุดม</li> <li>- หาดพิทยาทอนใต้</li> <li>- หาดบางแสน</li> <li>- อ่าวชลบุรี</li> <li>- แหลมฉบัง (ตอนกลาง)</li> <li>- เกาะสีชัง (ท่าท่าวัง)</li> <li>- อ่าวชลบุรี</li> <li>- อ่างศิลา</li> <li>- หาดจอมเทียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำเรือแหลมฉบัง (100 ม.)</li> <li>- ทำเรือแหลมฉบัง (500 ม.)</li> <li>- หัวแหลมฉบัง</li> <li>- ตอนเหนือ (เกาะลอย)</li> <li>- ศรีราชา (เกาะลอย)</li> <li>- หาดบางพระ</li> <li>- หาดบางแสน</li> <li>- อ่างศิลา</li> <li>- หาดจอมเทียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำเรือแหลมฉบัง (100 ม.)</li> <li>- ทำเรือแหลมฉบัง (500 ม.)</li> <li>- หัวแหลมฉบัง</li> <li>- ตอนเหนือ (100 ม.)</li> <li>- ศรีราชา (เกาะลอย)</li> <li>- หาดบางพระ</li> <li>- หาดบางแสน</li> <li>- อ่างศิลา</li> <li>- หาดจอมเทียน</li> </ul>
พอใช้	จ.ระยอง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หาดสุขาตา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปากแม่น้ำประแสร์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปากแม่น้ำประแสร์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปากแม่น้ำพังราด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปากแม่น้ำพังราด</li> </ul>

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล						
ผลประเมิน	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
พอใช้	จ.ระยอง	- ปากแม่น้ำประแสร์ - ทำเรื่อน้ำด่าน - ทำเรือประมงเทพ	- ปากแม่น้ำพังราด - หาดน้ำริน - ทำเรือประมงเทพ - หาดสุซาดา	- ปากแม่น้ำระยอง - ปากคลองแกลง	- สวนรุกขชาติเทพ - หาดแม่รำพึง - ทำเรื่อน้ำด่าน - ปากแม่น้ำระยอง - หาดน้ำริน - หาดสุซาดา - ปากคลองแกลง - ปากแม่น้ำประแสร์	- หาดพะยูง - ตลาดบ้านเพ - ปากแม่น้ำระยอง - หาดสุซาดา - ปากแม่น้ำประแสร์
	จ.จันทบุรี	- ปากแม่น้ำเวฬุ - ปากแม่น้ำพังราด	- ปากแม่น้ำเวฬุ - ปากแม่น้ำจันทบุรี - หาดแหลมเสด็จ - ปากน้ำแฉะหนู - เกาะปริด	- ปากแม่น้ำเวฬุ - ปากแม่น้ำจันทบุรี - ปากน้ำแฉะหนู - เกาะปริด	- ปากแม่น้ำเวฬุ - ปากแม่น้ำจันทบุรี	- ปากแม่น้ำเวฬุ
	จ.ตราด	- ทำเรือแหลมงอบ - ปากแม่น้ำตราด	- ทำเรือแหลมงอบ - ปากแม่น้ำตราด	- ทำเรือแหลมงอบ - ปากแม่น้ำตราด	- ทำเรือแหลมงอบ - อ่าวสลักเพชร	- ทำเรือแหลมงอบ - ปากแม่น้ำตราด

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ผล ประเมิน	ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล					
	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
พอใช้	จ.ตราด	- ปากคลองใหญ่ - หาดไก่อ๊ะ - หาดคลองพร้าว - อ่าวสลักเพชร - แหลมศอก	- อ่าวสลักเพชร - ทำเรือบ้านคลองสน	- ปากคลองจาก - ทำเรือแหลมงอบ - อ่าวสลักเพชร - แหลมศอก	- อ่าวบางเบ้า - หาดคลองพร้าว - หาดทรายขาว - ปากแม่น้ำตราด - แหลมศอก - ปากคลองใหญ่	- แหลมศอก - ปากคลองใหญ่
	จ.ฉะเชิงเทรา	-	-	- ปากแม่น้ำบางปะกง	-	-
เสื่อมโทรม	จ.ชลบุรี	- อ่าวชลบุรี - ทำเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย)	- อ่าวชลบุรี - ทำเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย)	- ทำเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย) - ทำเรือสัตหีบ - ตลาดนาเกลือ - หาดบางแสน - อังศิลา	- อ่าวชลบุรี - ทำเรือสัตหีบ - ตลาดนาเกลือ - ศรีราชา(เกาะลอย)	- อ่าวชลบุรี - ทำเรือสัตหีบ - ทำเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย) - ตลาดนาเกลือ - อ่าวอุดม
จ.ระยอง		-	- หาดพูน	- หาดสุขลา	- ปากคลองบางเบิด	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล						
ผล	สถานที่	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
ประเมิน เสื่อมโทรม	จ.ฉะเชิงเทรา	- ปากแม่น้ำบางปะกง	- ปากแม่น้ำบางปะกง	-	-	- ปากแม่น้ำบางปะกง
	จ.สมุทร ปราการ	- หน้าโรงงานฟอกย้อม กม.35	-	-	- ปากคลอง 12 ชั้นวา - หน้าโรงงานฟอกย้อม กม.35	-
	จ.ตราด	-	-	- ทำเรือบ้านคลองสน - ปากคลองใหญ่	-	-
	จ.ชลบุรี	-	-	- ศรีราชา (เกาะลอย)	- แหลมฉับตอนใต้ - อำเภอชลบุรี	-
	จ.สมุทร ปราการ	- ปากคลอง 12 ชั้นวา - ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	- ปากคลอง 12 ชั้นวา - หน้าโรงงานฟอกย้อม กม.35	- ปากคลอง 12 ชั้นวา - หน้าโรงงานฟอกย้อม กม.35	- ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	- หน้าโรงงานฟอกย้อม กม.35 - ปากคลอง 12 ชั้นวา - ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
ประเมิน เสื่อมโทรม มาก	จ.ระยอง	-	-	-	- ปากคลองตากวน - ปากคลองซากหมาก	-

จากข้อมูลผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก 6 พื้นที่ ปี 2561-2565 ทำให้พบพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างที่น่าสนใจ จึงได้กำหนดจุดเก็บพื้นที่เก็บตัวอย่างดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก 6 พื้นที่ ปี 2561 - 2565

พื้นที่	ปีที่มีการรายงานคุณภาพน้ำทะเล				
	ปี 2561	ปี 2562	ปี 2563	ปี 2564	ปี 2565
เกาะล้าน(หาดตาแหวน) จ.ชลบุรี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
แสมสาร จ.ชลบุรี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
หาดสุชาดา จ.ระยอง	พอใช้	พอใช้	เสื่อมโทรม	พอใช้	พอใช้
เกาะลอย จ.ชลบุรี	พอใช้	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	พอใช้
อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม	พอใช้	เสื่อมโทรม	เสื่อมโทรม
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ	เสื่อมโทรม มาก	เสื่อมโทรม มาก	-	เสื่อมโทรม มาก	เสื่อมโทรม มาก

## 2.7 ข้อมูลทั่วไปของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*)

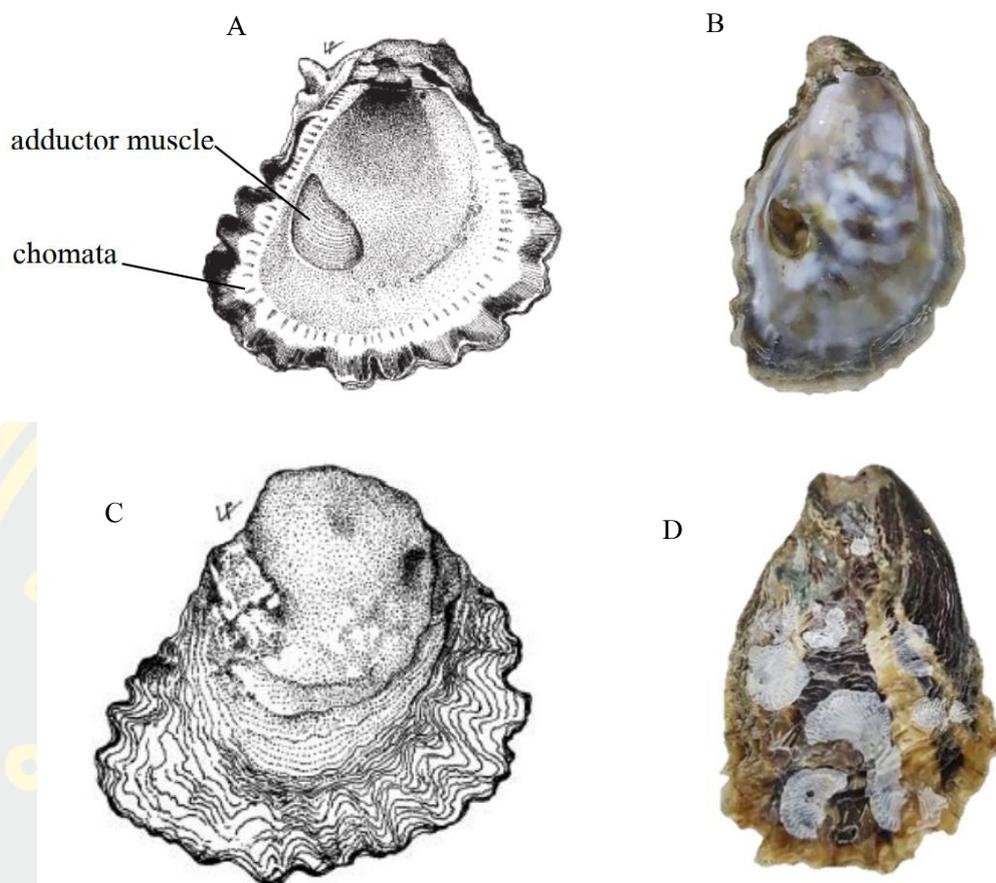
หอยนางรมปากจีบมีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Hooded oyster หรือ Rock oyster และมีชื่อสามัญภาษาไทยหลายชื่อ เช่น หอยนางรมเล็ก หอยเจาะ หอยอีรม หอยจ่อ หอยทาบ หรือหอยตีแค้น ซึ่งจะเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องที่ โดยมีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Kingdom	Animalia
Phylum	Mollusca
Class	Bivalvia
Order	Ostreoida
Family	Ostreidae
Genus	Saccostrea
Species	<i>S. cucullata</i> (Born, 1778)

หอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) พบทั่วไปตามชายฝั่งที่เป็นทะเลเปิด ตามเกาะต่าง ๆ อาศัยติดอยู่กับหิน ไม้ หรือเปลือกหอยชนิดต่าง ๆ แพร่กระจายในเขตตะวันออกเฉียงใต้และมหาสมุทรอินเดีย (Quayle & Newkirk, 1989) ในประเทศไทยพบอาศัยอยู่ในบริเวณหาดหิน ทั้งในอ่าวไทยและชายฝั่งทะเลอันดามัน พบชุกชุมมากในแถบบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทยที่จังหวัดชลบุรี จันทบุรี และระยอง (สุวัจน์ ธีรุต, 2558)

### ลักษณะเปลือกของหอยนางรมปากจีบ

หอยนางรมปากจีบเป็นหอยสองฝาขนาดเล็ก เปลือกมีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร ความสูงประมาณ 6 เซนติเมตร เปลือกทั้งสองข้างมีขนาดไม่เท่ากัน ประกอบด้วย เปลือกด้านซ้ายที่มีขนาดใหญ่ ลักษณะโค้งเว้าคล้ายรูปถ้วย บริเวณเปลือกจะพบรอยหยักของเปลือก (denticle) ลักษณะคล้ายเป็นจีบ ส่วนเปลือกด้านขวาซึ่งอยู่ด้านบนมีขนาดเล็กกว่าและค่อนข้างแบนราบทำหน้าที่เปิดปิดให้น้ำและอาหารเข้าออกได้ ดังภาพที่ 3 เปลือกประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ เปลือกด้านในมีลิ้นขาว ขอบเปลือกมีลิ้นเข้ม บริเวณบานพับ (hinge) มีรอยของกล้ามเนื้อที่ใช้ปิดเปิดฝา (adductor muscle) เป็นรูปริ้วและมีสีน้ำตาลเป็นลาย รูปร่างของส่วนหน้ากลมและเรียวยาวไปทางด้านหลัง ส่วนปลายสุดด้านบานพับมีลักษณะค่อนข้างแหลม เรียกว่า umbo ด้านริมหรือขอบเป็นรอยหยัก รอยยึดกล้ามเนื้อ (muscle scar) มีลายสีน้ำตาลไปจนถึงสีดำ



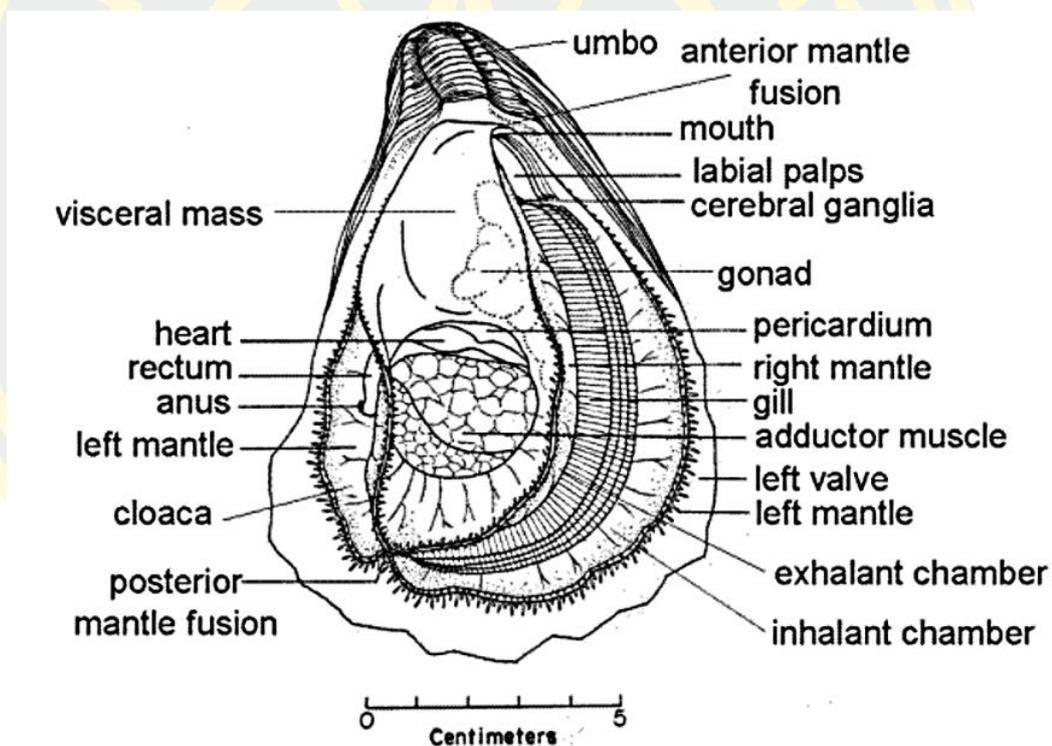
ภาพที่ 3 สัณฐานวิทยาของเปลือกด้านซ้าย (A-B) และเปลือกด้านขวา (C-D)  
(รัตนชาติ คิ้วสกุลกาญจน์, 2560)

ร่างกายของหอยนางรมปากจيب แบ่งเป็น 3 ส่วน (บพิช จารุพันธ์และนันทพร จารุพันธ์, 2540) ได้แก่

1. หัวและเท้า (head and foot) เป็นอวัยวะที่เจริญดีเห็นเด่นชัด และจะเชื่อมติดกันทำหน้าที่รับความรู้สึกและเคลื่อนที่เป็นหลัก โดยส่วนหัวของหอยสองฝาไม่เจริญ
2. ก้อนอวัยวะภายใน (visceral mass) อวัยวะภายในมักจะจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ก้อนเดียว ในก้อนอวัยวะภายในนี้จะประกอบด้วยระบบอวัยวะที่สำคัญ ได้แก่ ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียน ระบบขับถ่าย และระบบสืบพันธุ์
3. แมนเทิลหรือพาลียม (mantle or palium) แมนเทิลเป็นแผ่นเยื่อเจริญมาจากผนังตัวทางด้านหลังของก้อนอวัยวะภายในเป็นแผ่นเยื่อห้อยลงมาด้านท้อง ภายในช่องแมนเทิลมีเหงือก (gills)

### ลักษณะอวัยวะภายในของหอยนางรมปากจีบ

เมื่อเปิดฝาข้างออกจะพบเยื่อบาง ๆ สีขาว ที่ขอบมีสีน้ำตาลหรือดำ ปกคลุมอวัยวะภายในทั้งหมด มีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางทำหน้าที่เปิดปิดฝาหอย มีเหงือก 2 คู่ยาวเกือบตลอดลำตัวทำหน้าที่กรองอาหาร ช่วยในการหายใจ และจับถ่ายของเสีย ลำตัวเป็นเนื้ออ่อนนุ่มเป็นที่รวมของอวัยวะระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบย่อยอาหาร ระบบประสาท ระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบจับถ่ายของเสียและระบบสืบพันธุ์ ภายในยังมีส่วนที่เป็นช่องว่างเปิดติดต่อกับภายนอก ช่องเปิดนี้เป็นทางผ่านให้อาหารเข้าไปพร้อมกับน้ำผ่านการรวบรวมให้เป็นกลุ่มก้อนแล้วเข้าสู่ปาก ผ่านระบบย่อยอาหาร สุดท้ายเศษเหลือจะผ่านออกทางทวารพร้อมกำจัดออกไปจากตัวหอย ซึ่งจะดำเนินไปในเวลาเดียวกับการหายใจและการถ่ายของเสียของหอยนางรมด้วย ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อวัยวะภายในของหอยนางรมปากจีบ

(Galtsoff, 1964)

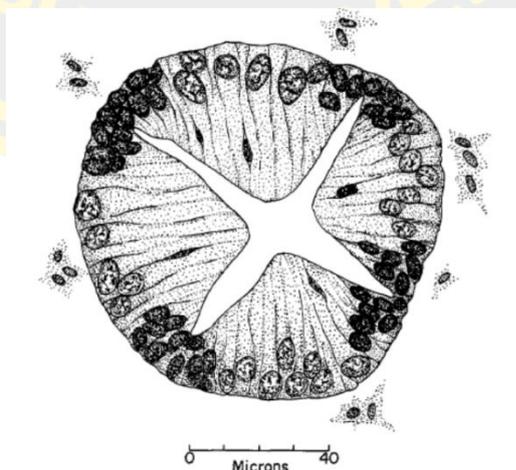
## 2.8 กายวิภาคของต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบ

### กายวิภาคต่อมย่อยอาหาร (digestive glands)

ต่อมย่อยอาหาร (digestive glands) เป็นท่อปลายปิด มีรูปร่างไม่แน่นอน (irregular shape) มีตำแหน่งล้อมรอบกระเพาะอาหารซึ่งทำหน้าที่เทียบได้กับตับ (liver) หรือ hepatopancreas มีสีเหลือง น้ำตาลเขียว และดำแตกต่างกันไป เหตุที่เรียกชื่อว่าต่อมย่อยอาหาร (digestive diverticula) เนื่องจากการศึกษาในหอยสองฝา พบการดูดซึมและการย่อยอาหารภายในเซลล์ของโครงสร้างนี้ ดังนั้นจึงถูกเรียกชื่อว่าต่อมย่อยอาหาร ซึ่งประกอบด้วยท่อขนาดเล็กปลายปิด โดยจะเชื่อมรวมกันเป็นท่อขนาดใหญ่และเปิดเข้าสู่กระเพาะอาหาร

### เนื้อเยื่อวิทยาของต่อมย่อยอาหาร (digestive glands)

โครงสร้างของต่อมย่อยอาหารมีลักษณะเป็นท่อ ส่วนปลายของต่อมย่อยอาหารมีลักษณะเป็นถุงปลายตันจำนวนมาก แต่ละถุงมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 70 – 100  $\mu\text{m}$  ภายในถุงปลายตันของต่อมย่อยอาหารนี้พบเนื้อเยื่อผิวชั้นเดียว ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ย่อยอาหาร (digestive cell) และเซลล์เบโซฟิลิก (basophilic cell) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เซลล์คริปต์ (crypt cell) เซลล์ย่อยอาหารมีลักษณะเป็นเซลล์ทรงสูงมักพบนิวเคลียสที่บริเวณฐานของเซลล์ นิวเคลียสและไซโทพลาซึมติดสีฮีมาทอกไซลินจาง เซลล์ย่อยอาหารในหอยนางรมส่วนใหญ่ไม่พบซิเลีย (cilia) แต่พบเซลล์ฟาโกไซต์จำนวนมาก (phagocytes) ล้อมรอบท่อของต่อมย่อยอาหาร (Galtsoff, 1964) ส่วนเซลล์เบโซฟิลิกไซโทพลาซึมติดสีฮีมาทอกไซลินเข้ม มีลักษณะเป็นเซลล์ทรงเตี้ยฐานของเซลล์กว้าง ปลายเซลล์ด้านที่ติดกับลูเมนแคบทำให้เห็นรูปร่างของเซลล์คล้ายพีระมิด ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะตัดตามขวางต่อมย่อยอาหาร (digestive glands)

(Galtsoff, 1964)

ชนิดของเซลล์ที่เป็นองค์ประกอบของต่อมย่อยอาหารในสัตว์กลุ่มหอยมีความหลากหลาย เมื่อเปรียบเทียบชนิดของเซลล์ที่พบในต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบพบว่ามีความคล้ายกับ หอยสองฝาชนิดอื่นที่มีรายงานแล้ว เช่น นางรมแปซิฟิก *Crassostrea virginica* หอยกาบ *Nucula sulcata* (Galtsoff, 1964; Owen, 1973) คือ พบเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ย่อยอาหาร ทำหน้าที่ย่อยอาหารโดยการย่อยภายในเซลล์และเซลล์แบโซฟิลิกเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่แบ่งเซลล์และเจริญ พัฒนาไปเป็นเซลล์ย่อยอาหาร (Galtsoff, 1964)

โดยโครงสร้างของต่อมย่อยอาหารเป็นท่อเป็นแบบง่าย ๆ ท่อถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) แต่ไม่พบมัดกล้ามเนื้อ พบเซลล์เม็ดเลือดมาหล่อเลี้ยงบริเวณรอบต่อมย่อยอาหาร สังเกตได้จากการพบเม็ดเลือดที่บริเวณส่วนฐานของเยื่อบุผิวทั้งบริเวณต่อมย่อยอาหาร ทั้งส่วนปลายและท่อรวม และสามารถพบเซลล์เม็ดเลือดแทรกตัวเข้าไปภายในเนื้อเยื่อบุผิวได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงถึงคุณสมบัติของเซลล์มาโครฟาจที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม

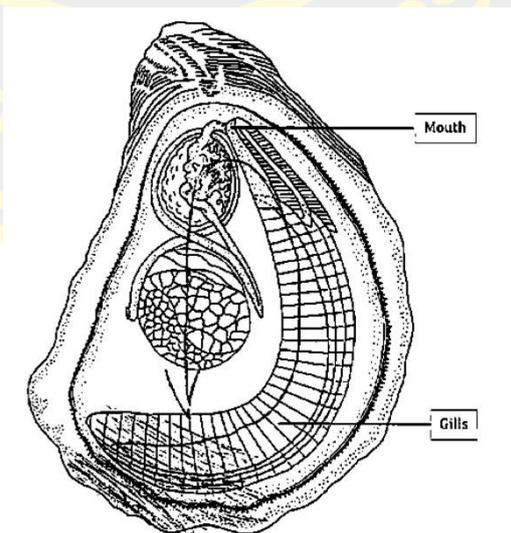
#### การกินอาหารของหอยนางรม

อาหารของหอยนางรมมักเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็กที่ลอยลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งจะถูกรองโดยเหงือก อนุภาคอาหารที่ได้จากการกรองจะผสมรวมกันกับเมือกเรียกว่า mucus-enmeshed particles ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังอวัยวะที่มีลักษณะเป็นแผง 4 ชั้น ทำหน้าที่คัดแยกอนุภาคของอาหารที่ได้จากการกรอง เรียกว่า ลาเบียล พาวิ (labial palps) ซึ่งอยู่ก่อนมาทางด้านใต้ปากเล็กน้อย โดยอาหารที่มีขนาดเหมาะสมก็จะส่งผ่านเข้าสู่ปาก (mouth) ด้วยการโบกพัดของซิลิยา ส่วนที่ขนาดไม่เหมาะสมก็จะถูกขับออกสู่ด้านนอกกลายเป็นส่วนที่เรียกว่า อูจจาระเทียม (psuedofaeces) จากลาเบียลพัลพ์ อนุภาคของอาหารจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ปากไปสู่หลอดอาหาร (esophagus) ซึ่งเป็นหลอดอยู่ทางด้านหน้าก่อนไปทางด้านบนของลำตัว จากนั้นอาหารก็จะส่งต่อไปยังกระเพาะอาหาร (stomach) เนื่องจากหอยนางรมไม่มีอวัยวะหรือต่อมช่วยย่อยอาหารก่อนที่จะส่งไปยังกระเพาะอาหาร ดังนั้น กระเพาะอาหารจึงมีแท่งเจลดิน ทำหน้าที่บดและย่อยอาหาร เรียกว่า คริสทาลลินสไตล์ (crystalline style) มีลักษณะเป็นแท่งเรียวยาวแหลมยืดหยุ่นได้ ส่วนหน้าของคริสทาลลินสไตล์จะทำหน้าที่บดอาหาร นอกจากนี้ยังมีหน้าที่คลุกเคล้าน้ำย่อยกับอาหารเพื่อการย่อยมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และทำหน้าที่ดึงอาหารจากหลอดอาหารมายังกระเพาะอีกด้วย บางครั้งทำให้เข้าใจผิดว่าคริสทาลลินสไตล์เป็นพยาธิในหอยนางรม คริสทาลลินสไตล์บรรจุอยู่ในถุง เรียกว่า ถุงคริสทาลลินสไตล์ มีความยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร เป็นอวัยวะที่เป็นกลุ่มท่อแคบ ๆ ตรงส่วนปลายจะมองไม่ชัด ถุงคริสทาลลินสไตล์จะปล่อยเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลและย่อยไขมัน ส่วนของกระเพาะอาหารจะมีแผ่นไคติน (chitin) เล็ก ๆ มาปิดเรียกว่า แกสตริกซ์ซิลด์

(gastric shield) เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนหน้าของคริสทันลินสไตล์เสียดสีกับผนังกระเพาะ ในช่วงที่มีการหมุนตัวบดอาหาร กากอาหารหรืออาหารขนาดใหญ่บางส่วนที่ย่อยไม่ได้จะเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อแคบ ๆ วนรอบกระเพาะอาหาร ส่วนอาหารที่มีขนาดเล็กและที่ย่อยแล้ว จะถูกแยกออกโดยซิเลียที่อยู่บริเวณกระเพาะอาหารให้เคลื่อนไปยังบริเวณรูเปิดของต่อมย่อยอาหาร ก่อนเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ อาหารที่ผ่านส่วนของลำไส้จะมีการดูดซึมสารอาหารที่มีประโยชน์ ขณะเดียวกันกากอาหารจากลำไส้จะอัดแน่นแข็งมีลักษณะคล้ายเป็นเส้นบริเวณลำไส้ใหญ่ ก่อนที่จะถูกขับออกนอกลำตัวผ่านทางทวารหนัก ซึ่งจะอยู่ตรงส่วนบนของกล้ามเนื้อปิด-เปิดเปลือก และถูกพัดออกสู่ภายนอกร่างกายโดยผ่านทางน้ำออก สีของกระเพาะอาหารขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร โดยจะมีสีเขียวหรือดำเข้ม หากในน้ำมีอาหารมาก แต่หากในน้ำมีอาหารน้อยก็จะมีสีน้ำตาลอ่อน

## 2.9 กายวิภาคของเหงือกของหอยนางรมปากจีบ

เมื่อตัดส่วนของแมนเทิลออก จะเห็นส่วนของอวัยวะที่เรียกว่า เหงือก มีลักษณะเป็นแผงรยางค์ 4 ชั้น อยู่ในส่วนด้านล่างของลำตัว เหงือกของหอยสองฝาเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างตัวหอย และน้ำที่อยู่รอบตัว ช่วยกรองอาหารที่ติดมากับน้ำเพื่อส่งต่อไปยังปาก ควบคุมการไหลของน้ำภายในตัวขณะที่หอยปิดเปลือก นอกจากนี้เหงือกยังเก็บรวบรวมอาหาร ช่วยในการแพร่กระจายของเซลล์สืบพันธุ์ในขณะที่มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกจากร่างกายสู่ภายนอก (Galtsoff, 1964) ดังภาพที่ 6

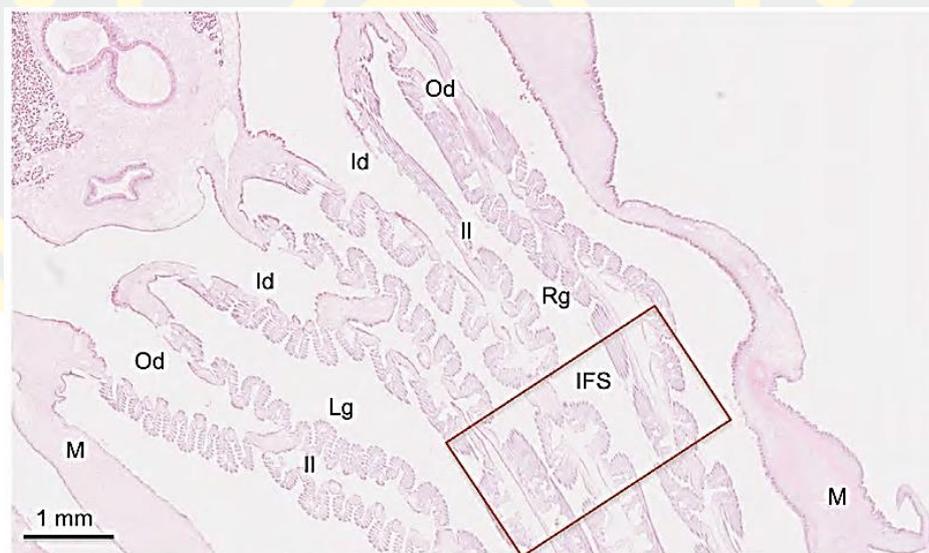


ภาพที่ 6 กายวิภาคของเหงือกของหอยนางรมปากจีบ  
(Galtsoff, 1964)

ส่วนของเหงือกปกคลุมด้วยขนละเอียดเรียกว่า ซีเลีย (cilia) ทำหน้าที่โบกพัดให้เกิดกระแส น้ำไหลผ่านช่องว่างในส่วนด้านล่างของเปลือก โดยเหงือกมีโครงสร้างของรูปร่างคล้าย ตะกร้า ที่ประกอบไปด้วยหลอดเลือดมากมาย โดยอนุภาคของอาหารหรือวัสดุที่อยู่ในน้ำ เมื่อถูกกรองได้ก็จะถูกส่งต่อไปยังอวัยวะที่ทำหน้าที่คัดแยกอาหารและออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกขับออกมาทางเหงือก

### เนื้อเยื่อวิทยาของเหงือก (gills)

เหงือกมีลักษณะเป็นแผ่นแบนเชื่อมกันโดยปุ่มที่มีซีเลีย ซีเลียที่อยู่ทางส่วนหน้าของเหงือกจะทำหน้าที่โบกพัดสารที่กรองโดยซีเลียด้านข้างไปสู่บริเวณช่องปาก ส่วนอาหารที่มีขนาดใหญ่ ก็จะถูกทิ้งไป ในหอยสองฝาพวกอื่น ๆ จะมีเหงือกเป็นลักษณะรูปตัว V หรือ W ซึ่งเป็นลักษณะเป็นเชือกบาง ๆ และมีซีเลีย โดยขนาดของลาเบียลฟิลล์และเหงือกก็มีความสัมพันธ์กับวิธีการกินอาหารของหอย กล่าวคือ หอยที่กินอาหารอยู่ใต้น้ำจะมีลาเบียลฟิลล์ขนาดใหญ่ มีเหงือกขนาดเล็ก ส่วนหอยที่กินอาหารผิวน้ำจะมีลาเบียลฟิลล์ขนาดเล็กแต่มีเหงือกขนาดใหญ่ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ภาพตัดขวางของเนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจیب

IFS = โครงสร้างพับไม่สม่ำเสมอ II = ทางแยกระหว่างแผ่นเหงือก M = ชั้นแมนเทิล

Lg = เหงือกทางด้านซ้าย Rg = เหงือกทางด้านขวา

(Jemaà et al., 2014)

เหงือกของหอยนางรมที่พบในหอยชั้นคลาสเมลลิแบรงเคีย (Subclass Lamellibranchia) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบตามลักษณะของเหงือก คือ

1) เหงือกแบบฟิลิแบรงค์ (filibranch) มีลักษณะคล้ายขนนก มีแผ่นเหงือกเชื่อมติดกันแบบหลวม ๆ โดยมีแผ่นซิเลียที่มีรูปร่างคล้ายงาน ทำหน้าที่ในการเลือกและกรองสารอาหารในหอยสองฝาชั้นต่าง ๆ เช่น หอยแครงญี่ปุ่นในวงศ์ Arcidae หอยเชลล์ในวงศ์ Pectinidae หอยนางรมในวงศ์ Ostreidae และหอยแมลงภู่ในวงศ์ Mytilidae

2) เหงือกแบบซูดอฟิลิแบรงค์ (pseudofilibranch) มีแผ่นเหงือกเชื่อมกัน มีกิริบบาง ๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำงานของเหงือก เหงือกชนิดนี้มีซิเลียทั้งขนาดสั้นและยาวทำหน้าที่ในการคัดเลือกอาหาร เช่น ในหอยตะโกรมกรมดำ (Black-scar oyster) (รัตนา สมัญญา และสุทิน กิ่งทอง, 2557)

3) เหงือกแบบยูลามลลิแบรงค์ (eulamellibranch) ที่ติดเป็นแผ่นเดียวกัน เช่น หอยน้ำจืดในวงศ์ Unionidae หอยแครงในวงศ์ Cardiida และหอยครงในวงศ์ Veneridae (Galtsoff, 1964) หอยในชั้นคลาสเซปติแบรงเคีย (Subclass Septibranchia) เช่น หอยในสกุล *Poromya* และ *Guspidaria* มีเหงือกชนิดพิเศษเรียก เหงือกเซปติแบรงค์ (septibranch) ทำหน้าที่ช่วยเร่งการเคลื่อนที่ของน้ำและอาหาร เป็นโครงสร้างที่มีความสัมพันธ์กับแมนเทิล มีซิเลียเป็นจำนวนน้อยมาก โดยซิเลียจะมีอยู่ในรูน้ำเข้า (ostium) หรืออยู่ในอวัยวะรับความรู้สึกออสเฟรเดียม (osphradium) ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณภาพของน้ำที่ผ่านเข้ามาอีกด้วย

#### การแลกเปลี่ยนแก๊สของหอยนางรม

การแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณแมนเทิลและเหงือก มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) เหงือกมี 2 แผ่น แต่ละแผ่นประกอบด้วยเยื่อบางเรียกว่า ลามลลา 2 ชั้น แต่ละลามลลา จะประกอบด้วยซี่เหงือกจำนวนมาก น้ำจะไหลเข้าทางรูเล็ก ๆ เข้าไปในช่องลามลลารวมกันเป็นท่อน้ำ ซึ่งเชื่อมต่อกับช่องเหนือเหงือกอยู่ทางด้านบนและน้ำจะไหลออกบริเวณช่องน้ำออก ในขณะที่น้ำไหลผ่านเหงือก จะมีการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยมีเส้นเลือดที่ใช้แล้วจากไตผ่านเข้าไปในเหงือก เพื่อรับแก๊สออกซิเจนจากน้ำที่ผ่านเหงือก นอกจากนี้บนซี่เหงือกยังพบซิเลียเป็นสำคัญในการโบกพัดน้ำเข้าภายในร่างกาย เหงือกของหอยแต่ละชนิดจะมีวิวัฒนาการแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิต

## 2.10 การเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยา

จากการศึกษาวิธีการให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาในปลาเพื่อประเมินมลพิษทางน้ำที่พัฒนาโดย Bernet, Schmidt, Meier, Burkhardt-Holm, & Wahli (1999) ซึ่งต่อมาได้มีการปรับแก้ไขโดย Costa et al. (2013) และ Joshy et al. (2022) ดังตารางที่ 5 และ 6 เพื่อให้เหมาะสมกับการประเมินสถานะเนื้อเยื่อของหอยสองฝา ได้ใช้วิธีประเมินค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ (Histopathological index:  $I_h$ ) คือ การประเมินลักษณะเนื้อเยื่อที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีความผิดปกติในแต่ละอาการเป็นตัวเลขเดียว เพื่อให้ง่ายต่อการแปลความหมายของข้อมูลที่ตรงกัน ซึ่งมีสูตร ดังนี้

$$I_h = \frac{\sum_1^J W_J a_{jh}}{\sum_1^j M_J}$$

โดย  $I_h$  คือ ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด  
 $W_j$  คือ ค่าน้ำหนักความรุนแรงของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ  
 $a_{jh}$  คือ ความถี่ที่พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ  
 $M_j$  คือ ค่าสูงสุดของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรวมกันทุกลักษณะ

ตารางที่ 5 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารปรับ โดย Costa et al. (2013)  
และ Joshy et al. (2022)

รูปแบบ ความผิดปกติ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนักปรับโดย Costa et al. (2013)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนักปรับโดย Joshy et al. (2022)
Tubule alterations	Haemocyte infiltration	1	Hemocytic infiltration	1
	Lipofuscin aggregates	1	Lipofuscin aggregates	1
	-	-	Hemocytic aggregates	1
	-	-	Vacuolation	1
	Epithelial cell hyperplasia	2	-	-
	Epithelial cell hypertrophy	2	-	-
	Tubule regression	2	Tubular atrophy	3
	Necrosis	3	Necrosis	3
Intertubular tissue changes	Haemocyte infiltration	1	Hemocytic infiltration	1
	Lipofuscin aggregates	1	Lipofuscin aggregates	1
	-	-	Hemocytic aggregates	1
	Fibrosis	2	Fibroma	2
	Granulocytoma	2	-	-
	Necrosis	3	-	-
Parasitosis	Bacteria	2	Bacteria	2
	Protozoa	3	Protozoans	3
Neoplasia	Fribroma	2	-	-
	Haemic neoplasia	3	-	-

ตารางที่ 6 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกปรับ โดย Costa et al. (2013)  
และ Joshy et al. (2022)

รูปแบบ ความคิดปกติ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนักปรับโดย Costa et al. (2013)	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนักปรับโดย Joshy et al. (2022)
Cellular changes	Vacuolation	1	Vacuolation	2
	Haemocyte infiltration	1	Haemocyte infiltration	3
	Lipofuscin aggregates	1	Lipofuscin aggregates	1
	Lamellar fusion	1	-	-
	Lamellar deformation	1	Lamellar deformation	1
	Epithelial detachment	1	-	-
	Epithelial cell hyperplasia	2	-	-
	Granulocytoma	2	Granulocytoma	1
	Fibrosis	2	Fibroma	2
	Necrosis	3	-	-
	Loss of epithelia	3	-	-
Parasitosis	Bacteria	2	Bacteria	2
	Protozoa	3	Protozoa	3
Neoplasia	Fibroma	2	-	-
	Haemic neoplasia	3	-	-

## 2.11 รายงานการศึกษาสุขภาพของหอยสองฝา

จากการศึกษารายงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสุขภาพของหอยสองฝาโดยส่วนใหญ่ได้กำหนดการตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในต่อมย่อยอาหารและเหงือกต่อสารปนเปื้อนต่าง ๆ (Gold-Bouchot, Sima-Alvarez, Zapata-Perez, & Guemez-Ricalde, 1995) เช่น

การศึกษาหอยตะไกรกรมขาวชนิด *Crassostrea belcheri* พบว่าระบบทางเดินอาหารเป็นอวัยวะที่ได้รับความเสียหายทางจุลพยาธิสภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพบฮีโมไซต์และเมลานินเมคโครฟาจเซ็นเตอร์ ไขมันสะสมลดลง การฟลอติบของต่อมทางเดินอาหาร และมีการแทรกตัวของฮีโมไซต์เพิ่มขึ้นร่วมกับการฟลอติบที่เหงือก นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของ  $HgCl_2$  ที่

15 ไมโครกรัมต่อลิตรก่อให้เกิดเสียหายของพยาธิมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (สุกัญญา ผลิตกุล และสิทธิชน รัตนจันทร์, 2561)

การศึกษาสุขภาพของหอยกาบແหลมชนิด *Ensidens ingallsianus* จากแม่น้ำของกาเลีย ช่วงไหลผ่านอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะโครงสร้างของแมนเทิล เหงือก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และต่อมย่อยอาหารของหอยกาบແหลมมีลักษณะคล้ายคลึงกับหอยสองฝาทั่วไป พบการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายพยาธิในหอยกาบແหลมเพียงเล็กน้อย เช่น พบ โครงสร้างและการจัดเรียงของเหงือกผิดปกติแบบ (Gill disorganization) เป็นจำนวนมาก และพบได้ทุกช่วงขนาดความยาวเปลือกของหอยกาบແหลมในทุกฤดูกาล เซลล์แบคทีเรียมีนิวเคลียสและไซโทพลาซึมติดสีเข้มมากจนเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน และเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของเซลล์ชนิดนี้เชื่อมโยงถึงกิจกรรมการหลั่งโปรตีนของหอยกาบແหลม (เอสร่า มงคลชัยชนะและคณะ, 2563)

การศึกษาหอยสองฝา *Ruditapes decussatus* ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของมลพิษทางชายฝั่งตอนใต้ของประเทศโปรตุเกส พบการเสื่อมของเนื้อเยื่อเหงือก การติดเชื้อปรสิต และการเกิดเนื้องอก (Costa et al., 2013) โดยสิ่งที่ผ่านการกรองจากเหงือกจะถูกลำเลียงไปยังระบบย่อยอาหารต่อไป

การประเมินจุลพยาธิวิทยาของหอยสองฝาจากบริเวณชายฝั่งทางตะวันตกเฉียงใต้ของอินเดีย (Joshy et al., 2022) โดยศึกษาหอยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ หอยนางรมฟิลิปปินส์ (*Magallana bilineata*) หอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) หอยดัลป์ (*Villorita cyprinoides*) เพื่อเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของสิ่งแวดล้อม พบการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาที่โดดเด่นที่สุดในต่อมย่อยอาหารและเหงือก ได้แก่ การเกิดถุง การฝ่อของท่อ ความเสียหายของชั้นเนื้อเยื่อด้านในและการพบปรสิต ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางจุลพยาธิสภาพในหอยสองฝาจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลต่าง ๆ มีความแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์ของหอยสองฝา หอยดัลป์จากพื้นที่ทะเลสาบเวมบานาคร รัฐเกรละ มีค่าดัชนีทางจุลพยาธิสภาพ (HPI) มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีมลพิษโลหะ (MPI) จึงถือว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความเครียดมากที่สุด เพราะมีโลหะหนักสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก

เนื่องจากต่อมย่อยอาหารของหอยเป็นอวัยวะที่สำคัญในการสะสมและการกำจัดสารพิษ การเปลี่ยนแปลงของต่อมย่อยอาหารของหอยจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการติดตามมลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนเหงือกของหอยสองฝาเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างตัวหอย และน้ำที่อยู่รอบตัว ช่วยกรองอาหารที่ติดมากับน้ำเพื่อส่งต่อไปยังปาก ควบคุมการไหลของน้ำภายในตัวขณะที่หอยปิดเปลือก (Galtsoff, 1964) ด้วยเหตุนี้เหงือกหอย

นางรมจึงเป็นอวัยวะที่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการศึกษาพิษวิทยาของสารพิษในสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Borja, Elliott, Carstensen, Heiskanen, & Bund, 2010) เช่นเดียวกัน (Tangsitthi, 2019)

ดังนั้นการศึกษาสุขภาพเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจีบ (*Saccostrea cucullata*) เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จึงมุ่งเน้นในการตรวจสอบลักษณะเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจีบ โดยเลือกเก็บตัวอย่างในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กระจายตามแนวชายฝั่ง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีการรายงานคุณภาพน้ำทะเลที่ใกล้เคียงกันในระยะเวลา 5 ปี คือปี 2561-2565 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2563) นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และนิเวศวิทยา สภาพชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บางพื้นที่อาจเป็นการกัดเซาะชายฝั่งทะเล หรืออาจเป็นการทับถมของตะกอน ทั้งนี้มีสาเหตุเกิดจากธรรมชาติเช่น ลมมรสุม กระแสน้ำ ลักษณะทางกายภาพของชายฝั่ง รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างบริเวณชายฝั่งทะเล การพัฒนาพื้นที่สำหรับการท่องเที่ยว นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีการผสมผสานกันมากถึง 5 แบบ ได้แก่ ที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา ที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง พื้นที่สูงชันและภูเขา รวมถึงเกาะน้อยใหญ่อีกมากมาย จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลด้วยวิธีการทางชีวภาพควบคู่ไปกับการตรวจสอบด้วยวิธีการทางกายภาพ

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจیب (*Saccostrea cucullata*) เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อโดยวิธีการทางจุลพยาธิวิทยา และประเมินความสัมพันธ์ของลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของหอยนางรมปากจیبกับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ศึกษาและในแต่ละฤดูกาล สามารถดำเนินการทดลองตามขั้นตอนได้ ดังนี้

#### 3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างของสัตว์ทดลอง คือ หอยนางรมปากจیب (*Saccostrea cucullata*) โดยแบ่งพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่ที่คุณภาพน้ำดี พื้นที่ที่คุณภาพน้ำพอใช้ พื้นที่ที่คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม ซึ่งอ้างอิงข้อมูลผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด รวม 65 จุด จำนวน 2 ครั้ง ต่อปี (ฤดูแล้งและฤดูฝน) ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) ร่วมกับกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้ประเมินคุณภาพน้ำโดยพิจารณาค่าคะแนน MWQI (Marine Water Quality Index) และปัญหาคุณภาพน้ำทะเล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 -2565 ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง

ผลประเมินคุณภาพน้ำทะเล	สถานีที่	พิกัด		บริเวณที่เก็บตัวอย่าง
		ละติจูด	ลองจิจูด	
ดี	1	12.927542N	100.773293E	เกาะล้าน(หาดตาแหวน) จ.ชลบุรี
ดี	2	12.596056N	100.958111E	แสมสาร จ.ชลบุรี
พอใช้	3	12.669126N	101.188128E	หาดสุชาดา จ.ระยอง
พอใช้	4	13.368304N	100.959344E	เกาะลอย (500 ม.) จ.ชลบุรี
เสื่อมโทรม	5	13.368304N	100.959344E	อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี
เสื่อมโทรม	6	13.529908N	100.594171E	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ

### 3.2 การเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจیب

ทำการเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจیب (*Saccostrea cucullata*) จากพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตามพิกัดจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนด โดยใช้หอยนางรมตัวเต็มวัยที่มีขนาดประมาณ 4 – 7 เซนติเมตรจำนวน 14 ตัวต่อ 1 พื้นที่ และเก็บจำนวน 2 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูแล้ง และ ฤดูฝน นำตัวอย่างที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการเทคนิคมิญชีววิทยา (Histological technique) โดยเน้นศึกษาบริเวณต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจیب

### 3.3 เทคนิคมิญชีววิทยา (Histological technique)

1. การเก็บตัวอย่าง (specimen collection) และการคงสภาพเนื้อเยื่อ (fixation) (ดัดแปลงจาก ศุภลักษณ์ โรมนรัตนพันธ์, 2545)

#### อุปกรณ์

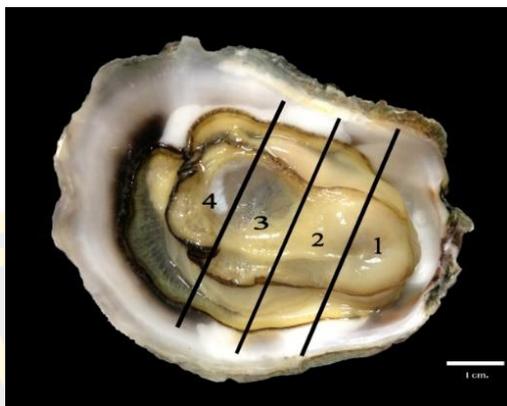
1. ขวดเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ
2. มีดผ่าตัด
3. ปากจیب
4. สลากสำหรับเขียนปิดขวด (label)
5. ถาดซีฟิ่ง

#### สารเคมี

1. สารละลายฟอร์มาลิน 10%

#### วิธีปฏิบัติ

1. แคะเปลือกหอยนางรมออก ตัดหอยนางรมปากจیبลักษณะดังภาพที่ 8
2. นำใส่ขวดเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ และเทสารละลายฟอร์มาลิน 10% ใส่ลงไปให้ท่วมเนื้อเยื่อหอยนางรม
3. นำไปแช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 8 การตัดเนื้อเยื่อแบ่งเป็นส่วนๆของหอยนางรมปากจیب

## 2. การล้าง (washing) (ดัดแปลงจาก ศุภลักษณ์ โรมรัตน์พันธ์, 2545)

### อุปกรณ์

1. ปากคีบ

### สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ 70%
2. น้ำเปล่า

### วิธีปฏิบัติ

หลังจากคงสภาพเนื้อเยื่อด้วยสารละลายฟอร์มาลิน 10% แล้ว เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดต้องนำเนื้อเยื่อมาล้างน้ำยาคงสภาพออก โดยแช่เนื้อเยื่อด้วยแอลกอฮอล์ 70% ทิ้งไว้ 30 นาที และล้างเนื้อเยื่อด้วยน้ำเปล่าหลายๆ ครั้ง

## 3. การขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ (dehydration) และการขจัดแอลกอฮอล์ และทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing or dealcoholization) (ดัดแปลงจาก ศุภลักษณ์ โรมรัตน์พันธ์, 2545)

### อุปกรณ์

1. บีกเกอร์

### สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ 80%
2. แอลกอฮอล์ 90%
3. แอลกอฮอล์ 95%

4. แอลกอฮอล์ 100%
5. ไดออกเซน (dioxane)

#### วิธีปฏิบัติ

1. นำเนื้อเยื่อไปแช่แอลกอฮอล์จากระดับต่ำไปสูง เริ่มจากแอลกอฮอล์ 80%, 90% และ 95% ขึ้นตอนละหนึ่งครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง
2. นำไปแช่ในแอลกอฮอล์ 100% ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที
3. นำไปแช่ในไดออกเซน 3 ครั้ง โดยแช่ครั้งที่ 1 และ 2 ครั้งละ 1 ชั่วโมง และแช่ครั้งที่ 3 ซ้ำมกึน

#### 4. การแทรกซึมของพาราฟิน (infiltration) และการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟิน(embedding)

(ดัดแปลงจาก ศุภลักษณ์ โรมนันตพันธ์, 2545)

#### อุปกรณ์

1. ตู้อบ (oven)
2. ตู้เย็น (refrigerator)
3. แผ่นร้อน (hot plate)
4. กระจาดอัครูปสำหรับทำกระทงกระจาด (boat)
5. กาโลหะขนาดเล็กมีหูจับ
6. อ่างใส่น้ำเย็น
7. ถุง Zip lock
8. สลากสำหรับเขียนปิดที่ถุง Zip lock (label)
9. บีกเกอร์
10. ขวดแก้วสำหรับการแทรกซึมของพาราฟิน
11. เข็มเย็บ
12. ตะเกียงแอลกอฮอล์
13. ปากกึบ

#### สารเคมี

1. พาราฟิน (paraffin)

## วิธีปฏิบัติ

1. นำพาราฟินใส่ในขวดแก้วสำหรับการแทรกซึมของพาราฟิน แล้วนำมาหลอมเหลวในตู้อบ โดยตั้งอุณหภูมิของตู้อบ  $58^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$
2. แช่เนื้อเยื่อในพาราฟินที่หลอมเหลว 3 ครั้ง โดยแช่ครั้งที่ 1 และ 2 ครั้งละ 2 ชั่วโมง และแช่ครั้งที่ 3 ซ้ำคืน
3. นำพาราฟินมาหลอมเหลวในตู้อบเพื่อใช้สำหรับการฝังเนื้อเยื่อในพาราฟิน
4. นำกระทงกระดาษ (boat) วางบนแผ่นร้อน (hot plate) แล้วเทพาราฟินที่หลอมเหลวลงไปในกระทงกระดาษประมาณ  $\frac{1}{4}$  ของกระทงกระดาษ
5. นำปากคีบ คีบเนื้อเยื่อที่แทรกซึมของพาราฟินแล้ววางลงบนกระทงกระดาษ ซึ่งต้องทำด้วยความรวดเร็ว แล้วเทพาราฟินที่หลอมเหลวลงไปในกระทงกระดาษให้ท่วมเนื้อเยื่อ
6. นำเข็มเขี่ยไปลงไฟแล้วนำมวนไฟไปพองอากาศในกระทงกระดาษ แล้วเริ่มทำให้กระทงกระดาษเย็นลง โดยนำกระทงกระดาษไปแช่ในอ่างใส่น้ำเย็น
7. พาราฟินจะเริ่มแข็งตัวจากด้านล่างของกระทงขึ้นมาเรื่อย ๆ เมื่อพาราฟินแข็งตัวทั่วกระทงกระดาษ แกะกระทงออกจากพาราฟินได้
8. นำพาราฟินที่แกะออกจากกระทงกระดาษใส่ในถุง zip lock พร้อมทั้งเขียน (label) ระบุชนิดของเนื้อเยื่อ

## 5. การตัดเนื้อเยื่อให้เป็นแผ่นบาง (Sectioning) และติดเนื้อเยื่อแผ่นบางบนสไลด์

(ดัดแปลงจาก ศุภลักษณ์ โรมนันตพันธ์, 2545)

### อุปกรณ์

1. สไลด์ที่สะอาดโดยผ่านการแช่ในแอลกอฮอล์ 70% เก็บใส่กล่องกันฝุ่นละอองไว้เรียบร้อย
2. บีกเกอร์
3. เครื่องอุ่นแผ่นสไลด์ (hot plate)
4. หลอดหยด (dropper)
5. พู่กัน
6. เข็มเขี่ย
7. ใบมีด
8. เครื่องไมโครโตม

### สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ 70%
2. แอดฮีซีฟ (adhesive) ที่เปรียบเสมือนกาวใช้ทาบนสไลด์ เพื่อให้เนื้อเยื่อแผ่นบางติดบนสไลด์ โดยใช้เจลาติน 0.5 g/น้ำกลั่น 50 ml (ความเข้มข้น 1% (w/w))

### สรุปขั้นตอนการเตรียมเนื้อเยื่อ

ตัดเนื้อเยื่อหอยนารมตามรูปภาพที่ 8

↓  
แช่ด้วยสารละลายฟอร์มาลิน 10% (24 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในแอลกอฮอล์ 70% (90 นาที จำนวน 5 ครั้ง)

↓  
แช่ในแอลกอฮอล์ 80% (1 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในแอลกอฮอล์ 90% (1 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในแอลกอฮอล์ 95% (1 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในเอปโซลูทแอลกอฮอล์ (1.5 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในไซลีน ครั้งที่ 1 (1 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในไซลีน ครั้งที่ 2 (1 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในไซลีน ครั้งที่ 3 (24 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในพาราพลาสติก ครั้งที่ 1 (2 ชั่วโมง)

↓  
แช่ในพาราพลาสติก ครั้งที่ 2 (2 ชั่วโมง)





ภาพที่ 9 แผนผังการเตรียมเนื้อเยื่อด้วยเทคนิคมิชชันนารี

## 6. การย้อมสี (Staining) (ดัดแปลงจาก สุกัลักษณ์ โรมรัตน์พันธ์, 2545)

### อุปกรณ์

1. ภาชนะย้อมสี (Staining jar)
2. แผ่นสไลด์ (Microscope slides)
3. กระจกแผ่นสไลด์ (Cover slips)
4. ตู้ดูดไอสารเคมี (Hood)
5. เข็มเจีย
6. ปากคีบ
7. กระดาษทิชชู

### สารเคมี

1. น้ำยาเคลือบเล็บสีใส
2. น้ำกลั่น
3. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% (95% alcohol)
4. เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 100% (100% alcohol)
5. ไชลีน (Xylene)

6. บิวทานอล (Butanol)
7. สารละลายคานาดาบัลซัม (Canada balsam)
8. สีฮีมาทอกไซลีน (Hematoxylin)
9. สีอีโอซิน (Eosin)

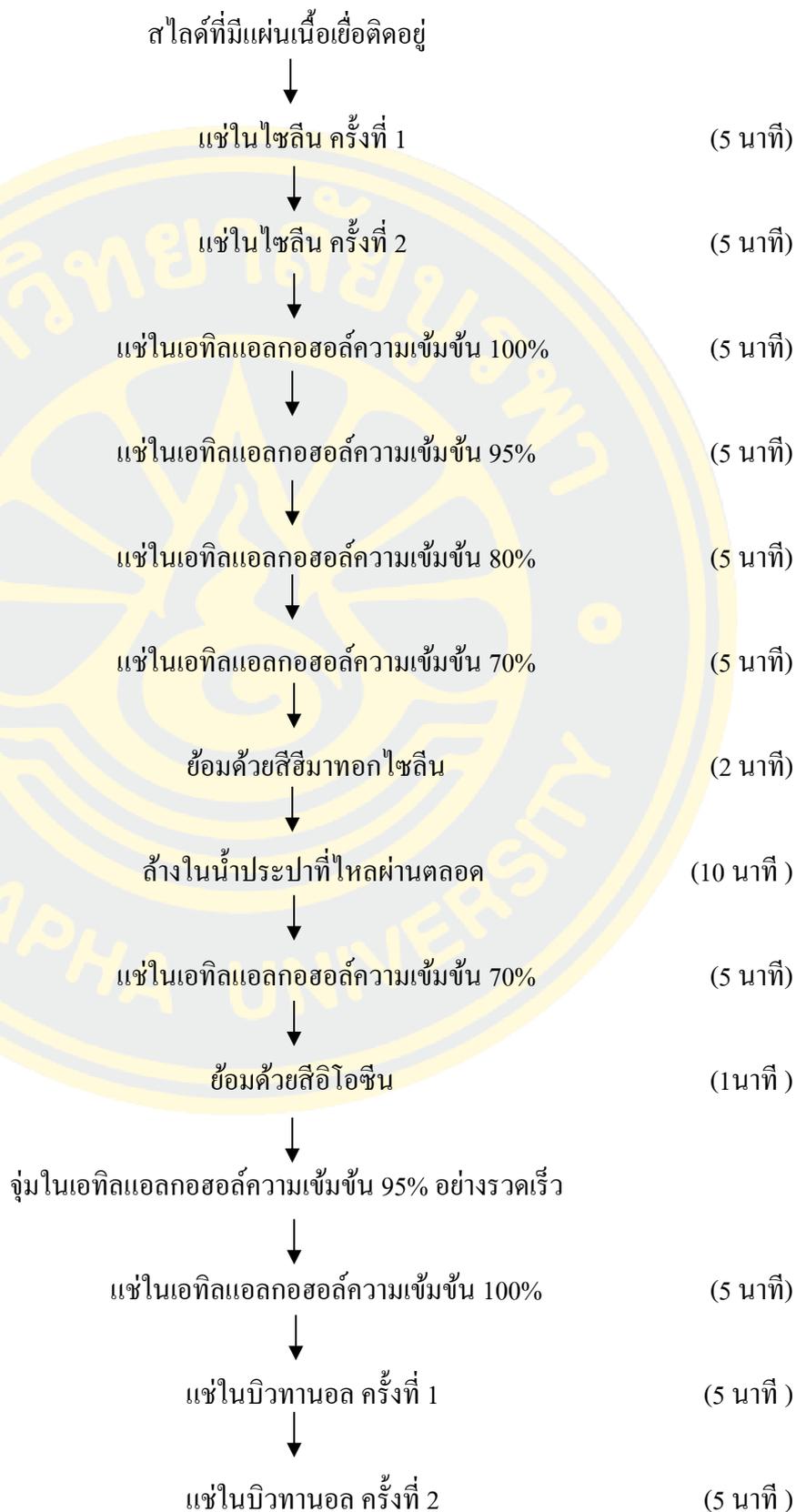
### วิธีปฏิบัติ

หลังจากเนื้อเยื่อแผ่นบางติดบนสไลด์แห้งสนิทแล้ว นำมาย้อมสีเพื่อให้เห็นความแตกต่างของเนื้อเยื่อชัดเจน โดยย้อมสีฮีมาทอกไซลีน และอีโอซิน

**ขั้นตอนการย้อมสีฮีมาทอกไซลีน และอีโอซิน**

1. การขจัดพาราฟิน (deparaffinization) นำสไลด์ที่ติดแผ่นเนื้อเยื่อแล้ว แช่ในไซลีน 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที
2. การเอาน้ำเข้าเนื้อเยื่อ (hydration) แช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 100%, 95%, 80% และ 70% ตามลำดับ ขั้นตอนละ 5 นาที
3. การย้อมสีครั้งแรกด้วยสีฮีมาทอกไซลีน (primary stain) ย้อมด้วยสีฮีมาทอกไซลีนนาน 2 นาที
4. การล้างสีส่วนเกิน (differentiation) ล้างในน้ำประปาที่ไหลผ่านตลอดเวลานาน 10 นาที
5. ปรับสภาพเนื้อเยื่อให้เป็นกลาง (neutralization) แช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% นาน 5 นาที
6. การย้อมซ้ำด้วยสีอีโอซิน (counterstain) ย้อมด้วยสีอีโอซินนาน 1 นาที
7. การขจัดน้ำ (dehydration) จุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% อย่างรวดเร็ว และแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ 100% นาน 5 นาที
8. การขจัดแอลกอฮอล์และทำให้เนื้อเยื่อใส (clearing) แช่สไลด์ในบิวทานอล 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที และแช่ในไซลีน 2 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์โดยสารละลายคานาดาบัลซัม (Canada balsam) ที่งัวให้แห้งแล้วปิดขอบสไลด์ด้วยน้ำยาเคลือบเล็บสีใส จากนั้นนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

## สรุปขั้นตอนการย้อมสี



↓  
 แชนโซลิน ครั้งที่ 1 (5 นาที)

↓  
 แชนโซลิน ครั้งที่ 2 (5 นาที)

↓  
 ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์

↓  
 ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

ภาพที่ 10 แผนผังการย้อมด้วยสีอีมาทอกโซลินและสีอีโอซิน

## 7. การส่องกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

### อุปกรณ์

1. สไลด์ถาวรเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร 1 สไลด์ต่อ 1 พื้นที่ ต่อ 1 ฤดูกาล
2. สไลด์ถาวรเนื้อเยื่อเหงือก 1 สไลด์ต่อ 1 พื้นที่ ต่อ 1 ฤดูกาล
3. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง
4. บล็อกสำหรับใส่สไลด์ถาวรเพื่อถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์
5. โปรแกรมถ่ายภาพอัตโนมัติ OLYMPUS OlyVIA

### วิธีปฏิบัติ

1. นำสไลด์ถาวรเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกใส่บล็อกสำหรับถ่ายภาพอัตโนมัติใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 10x ,40x ,100x ผ่านโปรแกรมถ่ายภาพอัตโนมัติ OLYMPUS OlyVIA
2. นำภาพถ่ายเนื้อเยื่อที่ได้ในแต่ละสไลด์มากำหนดพื้นที่ที่ต้องการศึกษา
3. สังเกต รวบรวมลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกที่พบเพื่อสร้างเกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเนื้อเยื่อเหงือกต่อไป

### 3.4 การประเมินค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ

สร้างเกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารตามตารางที่ 8 และเนื้อเยื่อเหงือกตามตารางที่ 9 เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ 1 ตัวอย่างต่อ 1 พื้นที่ในแต่ละฤดูกาล แทนค่าลงในสูตรคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ หรือ Histopathological index ( $I_p$ )

ตารางที่ 8 เกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร

ตำแหน่งที่พบ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ค่าน้ำหนัก
Tubular changes	Hemocytes infiltration	1
	Vacuolation	1
	Tubular atrophy	3
	Necrosis	3
Intertubular changes	Hemocytes infiltration	1
	Brown granule	1
	Hemocytes aggregates	2
	Fibroma	2
Parasite	Bacteria	2
	Protozoans	3

ตารางที่ 9 เกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก

ตำแหน่งที่พบ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ค่าน้ำหนัก
Cellular changes	Mucous cell	1
	Lamellar deformation	1
	Vacuolation	2
	Brown granule	2
	Hemocyte infiltration	3
Parasite	Bacteria	2
	Protozoans	3

การคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ หรือ Histopathological index ( $I_h$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$I_h = \frac{\sum_1^J W_J a_{jh}}{\sum_1^j M_J}$$

โดย  $I_h$  คือ ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด  
 $W_j$  คือ ค่าน้ำหนักความรุนแรงของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ  
 $a_{jh}$  คือ ความถี่ที่พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ  
 $M_j$  คือ ค่าสูงสุดของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรวมกันทุกลักษณะ

ในส่วนของค่า  $W_j$  คือ น้ำหนักความรุนแรงของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ตามเกณฑ์ประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก ซึ่งมีน้ำหนักความรุนแรงที่ไม่เท่ากัน ดังนี้

น้ำหนัก 1 คะแนน	มีความรุนแรงต่ำสุด
น้ำหนัก 2 คะแนน	มีความรุนแรงปานกลาง
น้ำหนัก 3 คะแนน	มีความรุนแรงสูงสุด

ในส่วนของค่า  $a_{jh}$  คือ ความถี่ที่พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ สามารถให้คะแนนความถี่ ได้ 3 ระดับ ดังนี้

ความถี่ 2 คะแนน	พบการเปลี่ยนแปลงน้อย
ความถี่ 4 คะแนน	พบการเปลี่ยนแปลงปานกลาง
ความถี่ 6 คะแนน	พบการเปลี่ยนแปลงมาก

เมื่อได้ผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ หรือ Histopathological index ( $I_h$ ) สามารถจัดระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อตามเกณฑ์ของ Costa et al. (2013) ในได้ 4 ระดับ ดังนี้

หากค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 0.25	จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ
หากค่าอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.50	จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับปานกลาง
หากค่าอยู่ระหว่าง 0.50 - 0.75	จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับสูง
หากค่าอยู่ระหว่าง 0.75 - 1.00	จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับสูงมาก

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาสุขภาวะเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจีบเพื่อพัฒนาดัชนีจุลพยาธิสภาพสำหรับบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยวิธีการทางจุลพยาธิวิทยาของหอยนางรมปากจีบ และประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจีบกับพื้นที่ศึกษาและฤดูกาล สามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ ดังนี้

1. นำค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกในแต่ละพื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล มาจัดระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อตามเกณฑ์ของ Costa et al. (2013) และเปรียบเทียบกับรายงานผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2566)

2. นำค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกในแต่ละพื้นที่ เป็นรายตัว เปรียบเทียบข้อมูล โดยใช้การทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบพหุคูณของ Tukey (Tukey's Test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $P < 0.05$ )

3. นำค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกใน 2 ฤดูกาล เป็นรายตัว เปรียบเทียบข้อมูล โดยใช้การทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (t - test for Independent) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $P < 0.05$ )

4. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากข้อ 1-3 สรุปผลตามวัตถุประสงค์ต่อไป

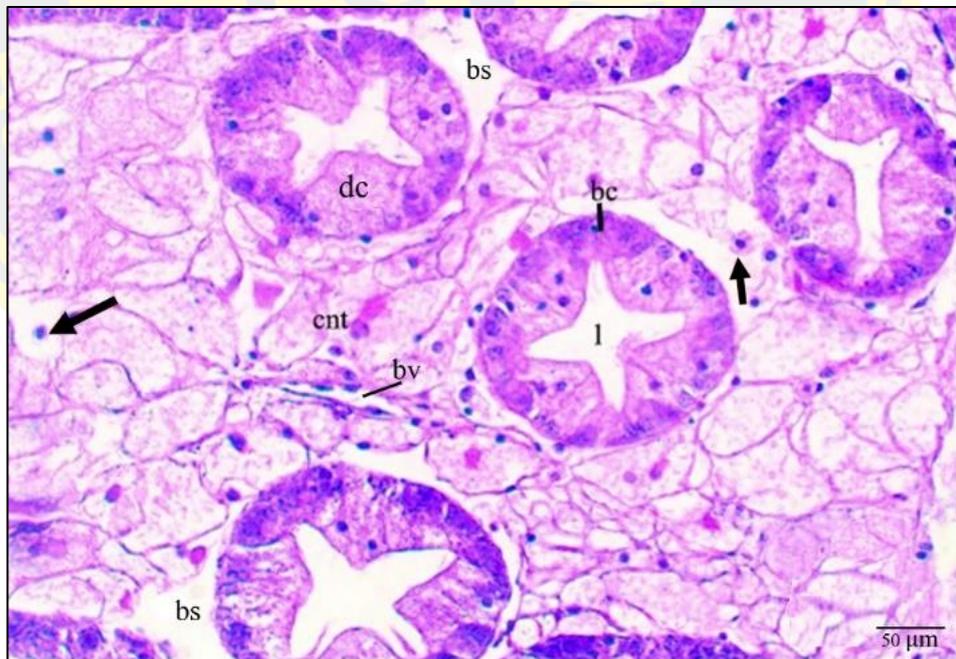
## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 เนื้อเยื่อวิทยาของโครงสร้างต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจیب

##### 4.1.1 เนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร (digestive glands)

ต่อมย่อยอาหาร (digestive glands) มีหน้าที่ย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหาร จากการศึกษาโครงสร้างต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจیبโดยใช้เทคนิคมิถุนวิทยาพบว่า เนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารมีลักษณะค่อนข้างกลม มีตำแหน่งล้อมรอบกระเพาะอาหาร ลำไส้ และอยู่ใกล้กับต่อมเพศ ภายในต่อมย่อยอาหารพบเนื้อเยื่อบุผิวชั้นเดียว (simple columnar epithelium) ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิดได้แก่ เซลล์ย่อยอาหาร (digestive cells) ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกทรงสูง (columnar cell) นิวเคลียสอยู่บริเวณฐานเซลล์และติดสีม่วงเข้ม ต่างจากภายในไซโทพลาซึมติดสีมีสีม่วงจาง และเซลล์เบโซฟิลิก (basophil cells, vacuolated cell) ลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมทรงเตี้ย (crypt cell) นิวเคลียสกลมขนาดเล็กอยู่ตรงกลางเซลล์ โดยนิวเคลียสและไซโทพลาซึมติดสีเข้มมากจนเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 เนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจیب *Saccostrea cucullata*

ประกอบด้วย dc = digestive cell, bc = basophilic cell, bs = blood sinus,

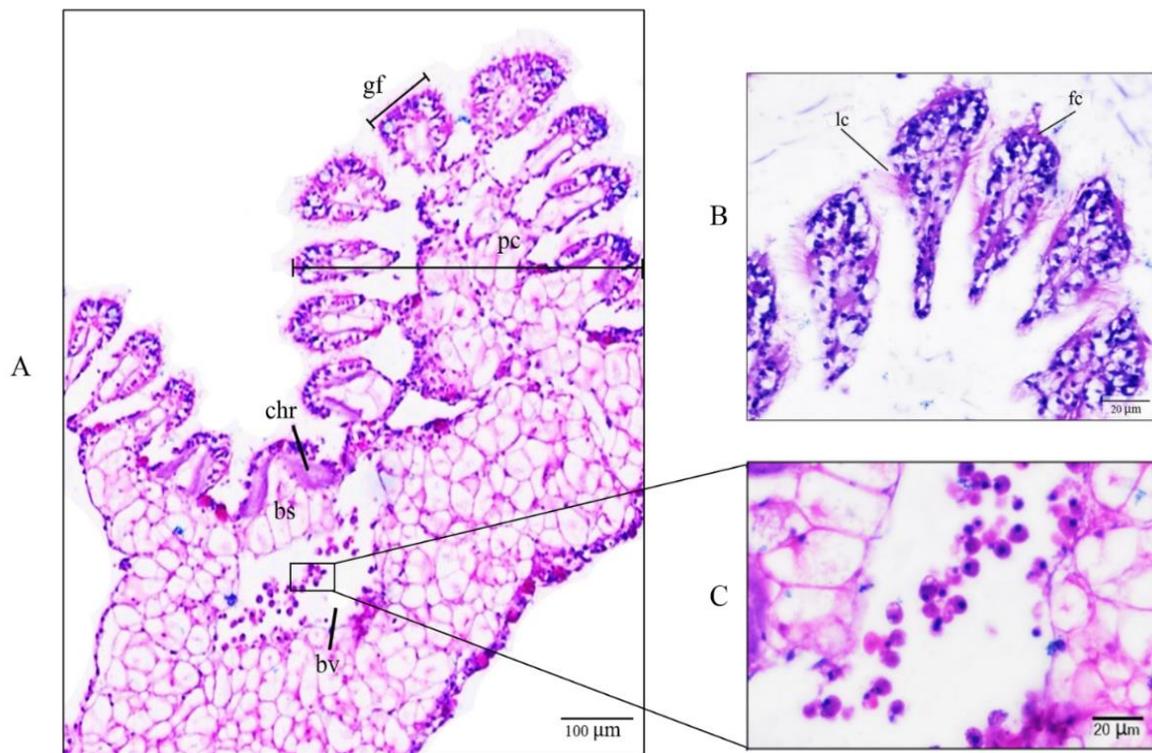
bv = blood vessel, cnt = connective tissue, l = lumen ลูกครีดำชี้เม็ดเลือด (hemocyte)

ด้วยความแตกต่างของรูปร่างของเซลล์ทั้ง 2 ชนิดทำให้บริเวณตรงกลางของต่อมย่อยอาหารมีลักษณะกลวงเป็นแฉกคล้ายดาว เรียก ลูเมน (lumen) ไม่พบซีเลียอยู่ภายใน นอกจากนี้พบเซลล์ที่แทรกอยู่รอบ ๆ ต่อมย่อยอาหาร ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ vesicular-connective tissue นิวเคลียสมีลักษณะกลม และ fibroblast นิวเคลียสมีลักษณะเรียวยาวแหลม พบแองเจเลือด (blood sinus) เป็นแองเจที่ไม่มีขอบชัดเจน พบเส้นเลือด (blood vessel) มีขอบเขตชัดเจนกระจายอยู่รอบ ๆ และพบเม็ดเลือด (hemocyte)

#### 4.1.2 เนื้อเยื่อเหงือก (gills)

เหงือกมีหน้าที่หลักในการแลกเปลี่ยนก๊าซ วางตัวอยู่บริเวณด้านท้อง (ventral) ตรงส่วนท้ายของลำตัว (posteroventral) ทอดยาวไปยังด้านหลัง (dorsal) ลอยอยู่ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของแมนเทิลไปสิ้นสุดติดกับส่วนของ labial palps ซึ่งอยู่ใกล้ปาก จากการศึกษาโครงสร้างเหงือกหอยนางรมปากจิบ *Saccostrea cucullata* โดยใช้เทคนิคมิถุนวิทยาพบว่าเหงือกมีโครงสร้างแบบชูโดลามลลิแบรงค์ (pseudolamellibranch) ประกอบด้วยแผ่นเหงือก 4 แผ่นหรือ 2 คู่ แต่ละแผ่นเหงือกประกอบด้วย พลิคา (plica) จำนวน 10-16 หน่วย พับทบรวมกันเป็นจิบคล้ายใบไม้ (pleated ctenidia)

แต่ละพลิคาประกอบด้วยซี่เหงือกหลัก (principle filament) เป็นซี่เหงือกที่มีขนาดใหญ่ และซี่เหงือกย่อย (gill filament) บริเวณฐานของพลิคาแต่ละอัน ประกอบด้วย chitinous rods นอกจากนี้พบท่อน้ำ (chamber) แองเจเลือด (blood sinus) เส้นเลือด (blood vessel) กระจายทั่วแผ่นเหงือก พบเม็ดเลือด (hemocyte) อยู่ภายในแองเจเลือดและเส้นเลือด โดยเลือดจะไหลผ่านในเส้นเลือด และช่องว่างภายในลำตัวเป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด นอกจากนี้ในแต่ละซี่เหงือกพบเซลล์เยื่อบุผิวชนิด pseudostratified ciliated epithelium ซึ่งมีซีเลียล้อมรอบ ซี่เหงือกย่อย ประกอบด้วยซีเลียด้านข้าง (laterofrontal cilia) และด้านบน (frontal cilia) ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 เนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cucullata*

A) โครงสร้างภาพรวมของเหงือกประกอบด้วย bs = blood sinus, bv = blood vessel, chr = chitinous rods, gf = gill, pl = plica

B) บริเวณซี่เหงือกย่อยพบเซลล์เยื่อบุผิว ประกอบด้วย lc = laterofrontal cilia, fc = frontal cilia

C) มีเม็ดเลือด (hemocyte) อยู่ภายในหลอดเลือด  
(นัยนชนก เกียรติกุลพงศ์, 2567)

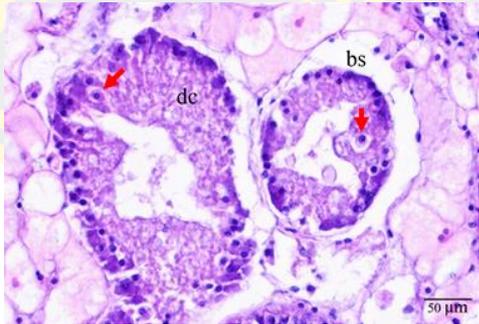
## 4.2 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา

จากการศึกษาสุภาพะเนื้อเยื่อของหอยนางรมปากจیبที่เก็บตัวอย่างจาก 6 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ 1. เกาะล้าน จ.ชลบุรี 2. แสมสาร จ.ชลบุรี 3. หาดสุชาดา จ.ระยอง 4. เกาะลอย จ.ชลบุรี 5. อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และ 6. ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ได้ทำการศึกษาเนื้อเยื่อ 2 อยัวะ ได้แก่ ต่อมย่อยอาหารและเหงือก มีรายละเอียดดังนี้

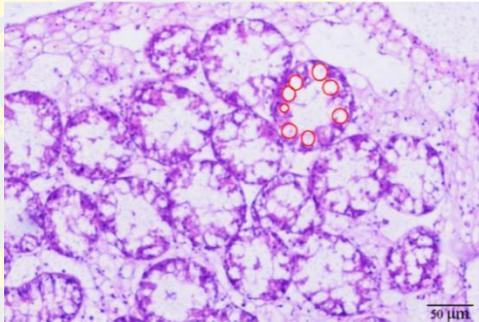
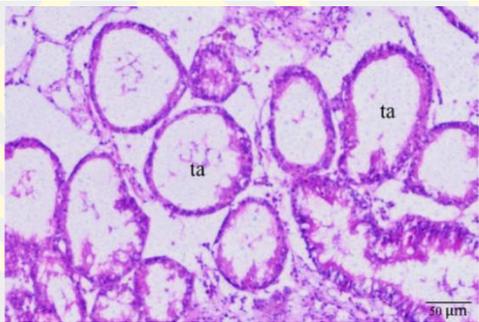
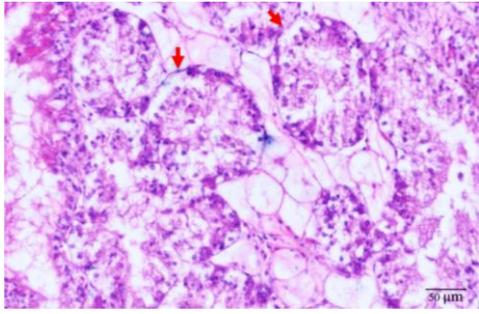
### 4.2.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร

ในการศึกษาครั้งนี้พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจیب 10 ลักษณะ โดยแบ่งตามลักษณะอาการที่พบในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ 1. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่พบในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes) แยกได้ 4 ลักษณะคือ hemocytic infiltration, vacuolation, tubular atrophy และ necrosis 2. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) แยกได้ 4 ลักษณะคือ hemocytic infiltration, hemocytic aggregates, brown granule และ fibroma 3. ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในต่อมย่อยอาหารแยกได้ 2 ลักษณะคือ ลักษณะคล้ายโคโลนิของแบคทีเรีย (bacteria) และลักษณะโพรโทซัวร์ (protozoans) แสดงอาการและคะแนน ดังตารางที่ 10-12 ตามลำดับ

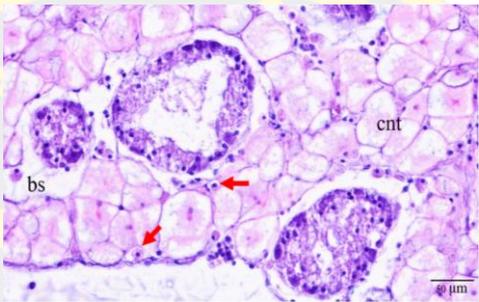
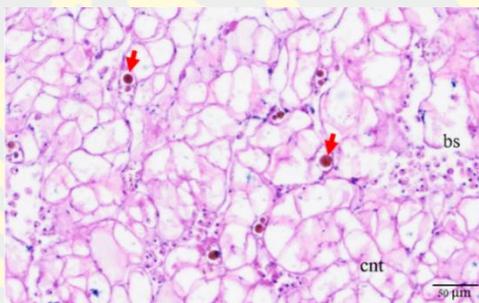
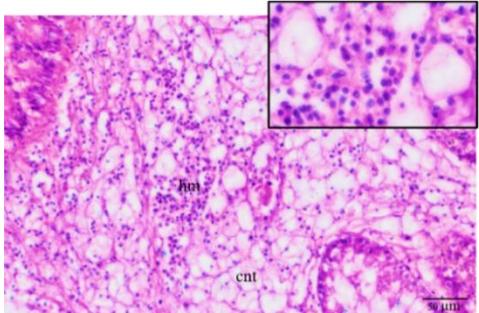
ตารางที่ 10 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Hemocytic infiltration	1		การแทรกตัวของเม็ดเลือดภายในท่อย่อยอาหาร พบเซลล์เม็ดเลือด (hemocyte) แทรกอยู่ระหว่าง intercellular space ของ digestive epithelium ในต่อมย่อยอาหาร (dc = digestive cell) ดังแสดงในลูกศร

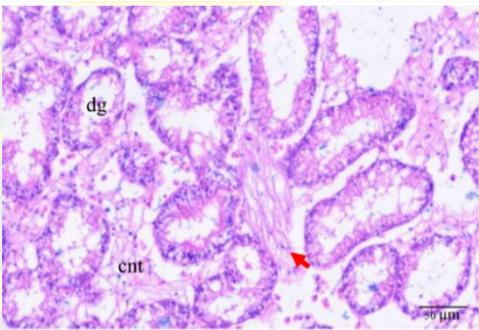
ตารางที่ 10 (ต่อ)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Vacuolation	1		การเกิดแวคิวโอลภายในเซลล์ พบ vacuole ภายใน epithelium cell ของต่อมย่อยอาหาร ดังแสดงตามวงกลม โดย vacuole ที่พบมีลักษณะเป็นถุงขนาดใหญ่ พบได้ทั้งใน digestive cell และ basophilic cell
Tubular atrophy	3		การฝ่อของท่อต่อมย่อยอาหาร (ta = tubular atrophy) พบว่าเกิดจากการที่ digestive cell และ basophilic cell ฝ่อจนกลายเป็นเซลล์ขนาดเล็ก ติดอยู่กับส่วนเยื่อฐาน (basement membrane) ทำให้มองเห็นลูเมนมีขนาดใหญ่ขึ้น
Necrosis	3		การตายของเซลล์ เกิดจาก digestive cell และ basophilic cell หลุดออกจากส่วนเยื่อฐานของท่อย่อยอาหาร ดังแสดงในลูกศร

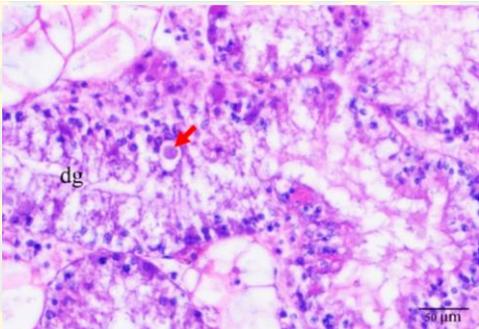
ตารางที่ 11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อต่อมย่อยอาหาร  
(intertubular changes)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่า น้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Hemocytes infiltration	1		การแทรกตัวของเม็ดเลือดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของต่อมย่อยอาหาร สามารถพบเซลล์เม็ดเลือดที่อยู่ในแอ่งเลือด (bs = blood sinus) ดังลูกศรชี้
Brown granule	1		การพบรงควัตถุรูปร่างกลมสีน้ำตาล เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30-1.00 $\mu\text{m}$ แทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (cnt = connective tissue) รอบต่อมย่อยอาหาร สามารถพบแอ่งเลือด (bs = blood sinus) อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน
Hemocytes aggregates	2		การรวมตัวของเซลล์เม็ดเลือด (hm = hemocyte) จำนวนมากเกาะกลุ่มรวมกันและแทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (cnt = connective tissue) ที่อยู่รอบต่อมย่อยอาหาร

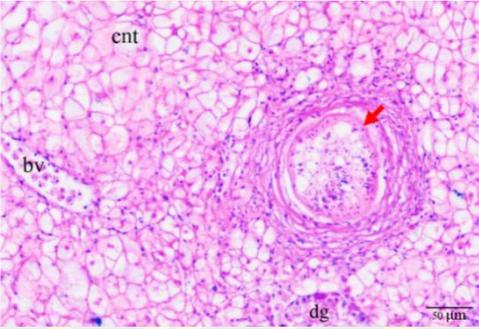
## ตารางที่ 11 (ต่อ)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Fibroma	2		การพบพังศืด มีลักษณะเป็นเส้นใยแทรกอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (cnt = connective tissue) รอบต่อมย่อยอาหาร (dg = digestive glands) ดังแสดงในตุ๊กศร

## ตารางที่ 12 ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในต่อมย่อยอาหาร

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Bacteria	2		การพบโคโลนิของแบคทีเรียภายในต่อมย่อยอาหารทั้งในท่อย่อยอาหาร (dg = digestive glands) หรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีรูปร่างกลมขนาดประมาณ 5-10 $\mu\text{m}$ ไม่พบนิวเคลียสเนื่องจากเป็น prokaryotic cell

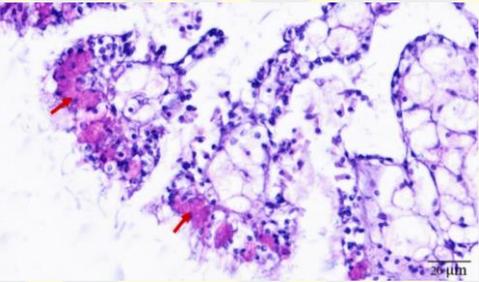
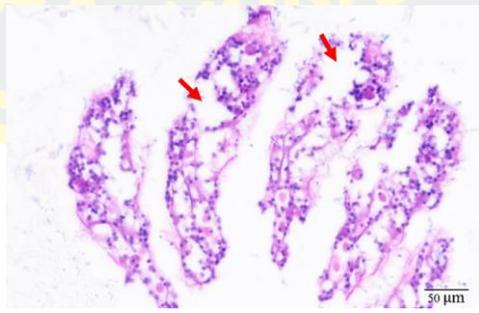
## ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลักษณะ การเปลี่ยนแปลง	ค่า น้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Protozoans	3		<p>การพบปรสิตขนาดใหญ่ (metazoan) ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันรอบต่อมย่อยอาหาร (ดังแสดงในลูกศร) ลักษณะเป็นพังผืด (fibrous capsule) ล้อมรอบตัวปรสิต และพบเซลล์ fibroblast จำนวนมากเรียงตัวอยู่บริเวณรอบ ๆ (โดย bv= blood vessel, cnt = connective tissue, dg = digestive glands)</p>

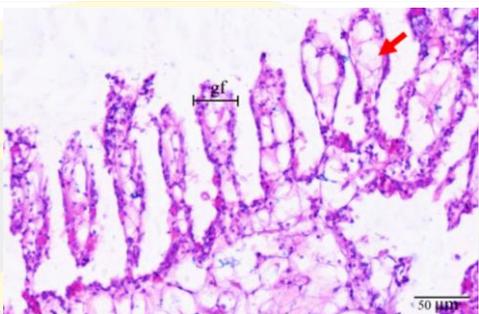
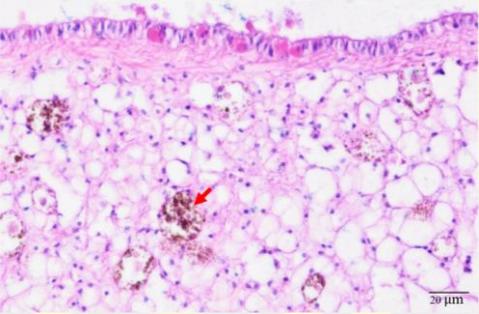
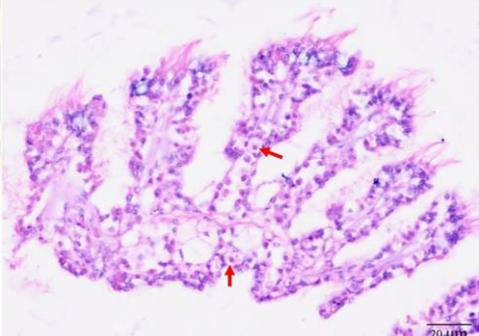
#### 4.2.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก

ในการศึกษาครั้งนี้พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจิบ 7 ลักษณะ โดยแบ่งตามลักษณะอาการที่พบในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ 1. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกในโครงสร้างเซลล์ (cellular changes) แยกได้ 5 ลักษณะ mucous cell, lamella deformation, vacuolation, brown granule และ hemocytic infiltration 2. ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในเนื้อเยื่อเหงือกแยกได้ 2 ลักษณะคือ ลักษณะคล้ายโคโลนีของแบคทีเรีย (bacteria) และลักษณะโพรโทซัวร์ (protozoans) ซึ่งแสดงอาการและคะแนนดังตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

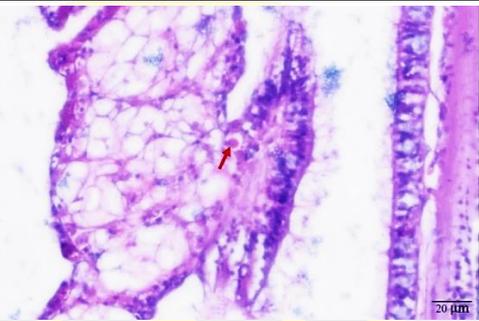
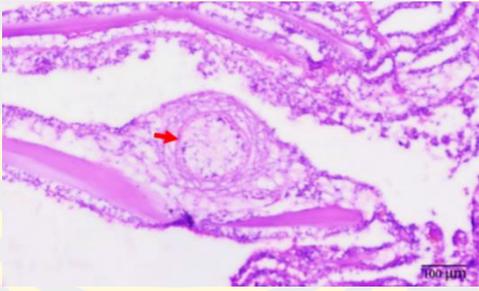
ตารางที่ 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกในโครงสร้างเซลล์ (cellular changes)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Mucous cell	1		การพบเซลล์เมือกมากกว่าปกติบริเวณ pseudostratified ciliated epithelium ที่ส่วนปลายของซี่เหงือก และอาจพบบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างซี่เหงือกแต่ละซี่ ดังแสดงในลูกศร
Lamellar deformation	1		การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซี่เหงือก (gill filament) ซึ่งเกิดจากการที่เซลล์บางส่วนเสียหาย ส่งผลต่อพื้นผิวสัมผัสในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ดังแสดงในลูกศร

## ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Vacuolation	2		การเกิดแวคิวโอลภายใน epithelium cell ของเซลล์ซี่เหงือก (gf = gill filament) พบ vacuole ภายใน มีลักษณะเป็นถุงบางถุงอาจเชื่อมติดกันเป็นถุงขนาดใหญ่ ดังแสดงในลูกศร
Brown granule	2		การพบรงควัตถุสีน้ำตาลภายในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของเหงือก มีลักษณะกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30-1.00 $\mu\text{m}$ ดังแสดงในลูกศร
Hemocyte infiltration	3		การแทรกตัวของเม็ดเลือด (hemocyte) จากแอ่งเลือด (blood sinus) เข้าสู่ซี่เหงือกย่อย ลักษณะกลมมีนิวเคลียสตรงกลาง มีขอบเขตรอบนอกชัดเจน ดังแสดงในลูกศร

ตารางที่ 14 ลักษณะการพบปรสิต (parasite) ในเนื้อเยื่อเหงือก

ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	ค่าน้ำหนัก	ภาพประกอบ	รายละเอียด
Bacteria	2		การพบโคโลนีของแบคทีเรียภายในเนื้อเยื่อเหงือก โดยโคโลนีของแบคทีเรียมีรูปร่างกลม ขนาดประมาณ 5-10 $\mu\text{m}$ ไม่พบนิวเคลียสเนื่องจากเป็น prokaryotic cell ดังแสดงในลูกศร
Protozoans	3		การพบปรสิตขนาดใหญ่ (metazoan) ดังแสดงในลูกศร ลักษณะเป็นพังฝืด (fibrous capsule) ล้อมรอบตัวปรสิต และพบเซลล์ fibroblast จำนวนมากเรียงตัวอยู่บริเวณรอบ ๆ

### 4.3 การคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก

จากการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ในเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจีบที่เก็บจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง ใน 2 ฤดูกาล พบว่ามีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งทุกพื้นที่ ผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารอยู่ระหว่าง 0.21 - 0.59 โดยในช่วงฤดูแล้ง พบว่าในพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยอง มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่ต่ำสุดคือ  $I_h = 0.21$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ และในพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรีมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สูงที่สุดคือ  $I_h = 0.39$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับปานกลาง ส่วนผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในต่อมย่อยอาหารช่วงฤดูฝน พบว่าในพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยอง มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่ต่ำสุดคือ  $I_h = 0.24$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ และในพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สูงที่สุดคือ  $I_h = 0.59$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับสูง ดังตารางที่ 15

ผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก อยู่ระหว่าง 0.18 - 0.64 โดยในช่วงฤดูแล้ง พบว่าในพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยองมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่ต่ำที่สุดคือ  $I_h = 0.18$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ และในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรีมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สูงที่สุดคือ  $I_h = 0.50$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับสูง ส่วนผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในเหงือกช่วงฤดูฝน พบว่าในพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยองมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่ต่ำที่สุดคือ  $I_h = 0.22$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ และในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรีมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สูงที่สุดคือ  $I_h = 0.64$  จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อระดับสูง ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 สรุปค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาลแยกตามลักษณะอาการ

ตำแหน่งที่พบ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	พื้นที่เก็บตัวอย่าง											
		LAS1	LAS2	SMS1	SMS2	SUS1	SUS2	LOS1	LOS2	CBS1	CBS2	CRS1	CRS2
Tubular	Hemocytic infiltration	0.83	1.00	0.76	0.64	0.50	0.76	0.74	0.92	0.98	1.00	0.83	0.97
	Vacuolation	1.00	1.00	0.80	0.69	0.88	0.83	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	1.00
	Tubular atrophy	0.06	0.07	0.22	0.31	0.14	0.12	0.02	0.14	0.17	0.90	0.19	0.77
	Necrosis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.02	0.08
Intertubular changes	Hemocytic infiltration	0.86	0.93	0.27	0.75	0.71	0.88	0.98	0.97	1.00	1.00	0.98	1.00
	Brown granule	0.44	0.76	0.76	0.42	0.31	0.38	0.07	0.39	0.10	0.17	0.31	0.72
	Hemocytic aggregates	0.31	0.69	0.18	0.50	0.21	0.38	0.81	0.69	0.81	0.79	0.69	1.00
	Fibroma	0.06	0.07	0.13	0.11	0.17	0.12	0.21	0.31	0.26	0.60	0.24	0.56
Parasitosis	Bacteria	0.64	0.83	0.16	0.03	0.10	0.21	0.38	0.58	0.79	0.79	0.40	0.85
	Protozoans	0.00	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.08
ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของแต่ละพื้นที่ ( $I_p$ )		0.28	0.38	0.22	0.25	0.21	0.24	0.30	0.40	0.39	0.55	0.35	0.59
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		0.07	0.09	0.06	0.10	0.08	0.08	0.09	0.05	0.10	0.07	0.09	0.07

หมายเหตุ LA = เกาะลัน จ.ชลบุรี SM = แสมสาร จ.ชลบุรี SU = หาดสุทธา จ.ระยอง LO = เกาะลอย จ.ชลบุรี CB = อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี

CR = ปากแม่น้ำพระยา จ.สมุทรปราการ S1 = ฤดูแล้ง S2 = ฤดูฝน

ตารางที่ 16 สรุปลำดับดัชนีคุณภาพชีวิตภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อเชื้อเหียงจากภาพพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาลแยกตามลักษณะอาการ

ตำแหน่งที่พบ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลง	พื้นที่เก็บตัวอย่าง												
		LAS1	LAS2	SMS1	SMS2	SUS1	SUS2	LOS1	LOS2	CBS1	CBS2	CRS1	CRS2	
Tubular	Mucous cell	0.00	0.07	0.00	0.00	0.21	0.00	0.40	0.86	0.83	0.86	0.93	0.50	0.69
	Lamella deformation	0.11	0.10	0.09	0.25	0.52	0.64	0.76	0.86	0.86	0.95	0.45	0.90	0.46
	Vacuolation	0.83	0.88	0.93	0.92	0.81	0.62	0.95	1.00	0.88	1.00	0.95	0.95	0.90
	Brown granule	0.36	0.43	0.36	0.39	0.10	0.40	0.31	0.72	0.10	0.29	0.26	0.26	0.82
	Hemocytic infiltration	0.03	0.26	0.24	0.78	0.12	0.12	0.93	0.94	0.79	0.98	0.48	0.48	0.85
Parasitosis	Bacteria	0.00	0.38	0.09	0.17	0.12	0.00	0.36	0.78	0.52	0.79	0.24	0.24	0.38
	Protozoans	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าดัชนีคุณภาพของแต่ละพื้นที่ ( $I_p$ )		0.18	0.31	0.26	0.39	0.21	0.22	0.50	0.64	0.46	0.54	0.37	0.37	0.52
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		0.05	0.11	0.11	0.13	0.10	0.07	0.07	0.06	0.09	0.03	0.14	0.14	0.11

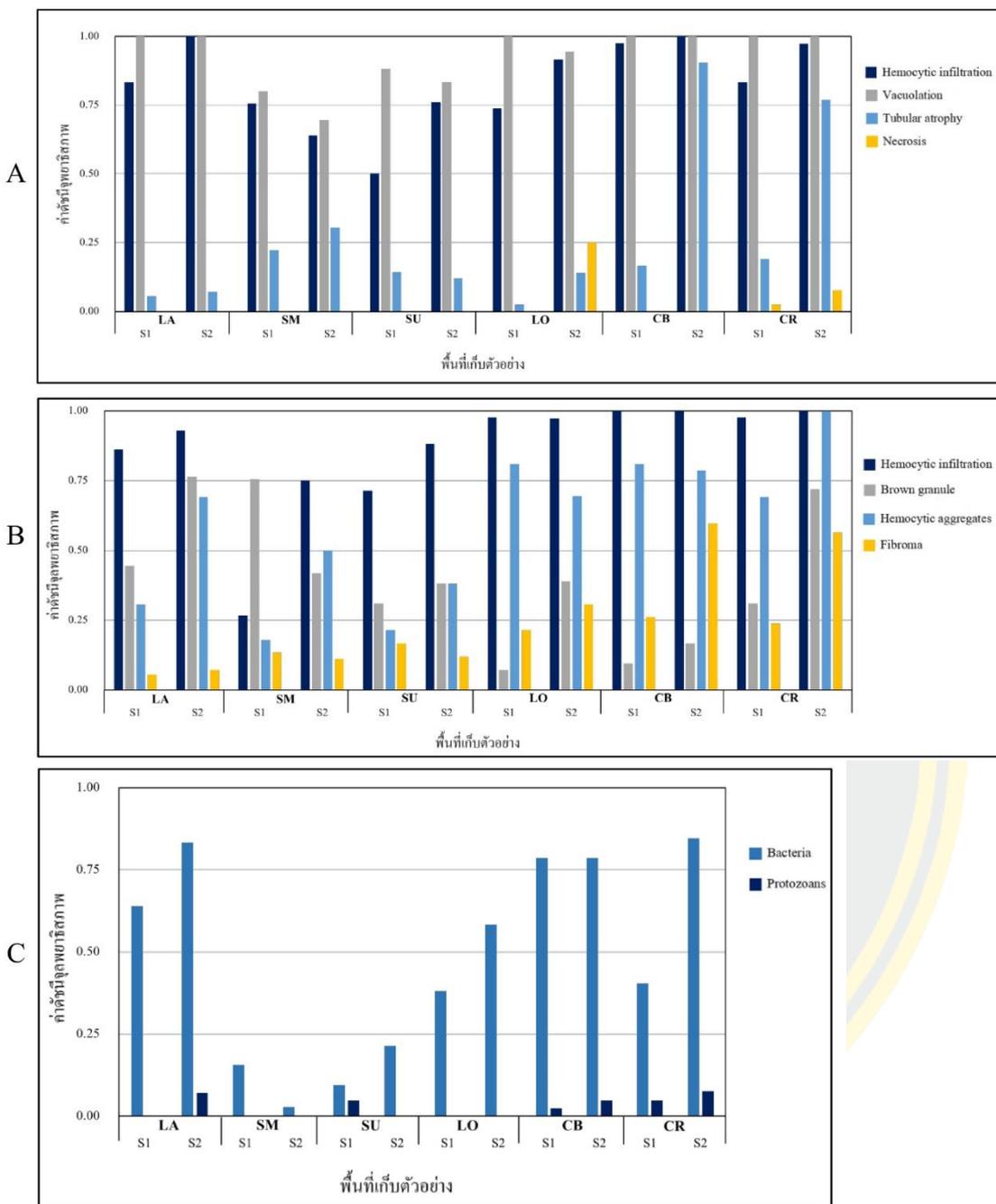
หมายเหตุ LA = เกาะถ่าน จ.ชลบุรี SM = แสมสาร จ.ชลบุรี SU = หาดสุทธา จ.ระยอง LO = เกาะลอย จ.ชลบุรี CB = อำเภอชลบุรี จ.ชลบุรี

CR = ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ S1 = ฤดูแล้ง S2 = ฤดูฝน

#### 4.3.1 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร

เมื่อวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร โดยแบ่งตามลักษณะอาการที่พบในส่วนต่าง ๆ พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่พบในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes) พบลักษณะ vacuolation มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพมากที่สุดในทุกพื้นที่เก็บตัวอย่าง และทุกฤดูกาล ข้อสังเกตคือลักษณะ tubular atrophy ในพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะในฤดูฝน ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพน้อยที่สุดหรือไม่มีเลยในบางพื้นที่คือลักษณะ necrosis แต่สามารถพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ในพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ทั้ง 2 ฤดูกาล และพบในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ในฤดูฝนเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 13-A

ในส่วนของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) พบลักษณะ hemocytic infiltration มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพมากที่สุดในทุกพื้นที่เก็บตัวอย่าง และทุกฤดูกาล ยกเว้น พื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี ในฤดูแล้ง พบข้อสังเกตคือลักษณะ hemocytic aggregates ในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะ fibroma มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพสูงในพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ทุกฤดูกาลดังแสดงในภาพที่ 13-B และในส่วน of ลักษณะการพบปรสิต(parasite)พบลักษณะคล้ายโคโลนิของแบคทีเรีย (bacteria) ในเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร โดยพบแบคทีเรียในเนื้อเยื่อมากกว่า โปรโตซัวร์ในทุกพื้นที่ และทุกฤดูกาล โดยพื้นที่ที่ไม่พบโปรโตซัวร์ได้แก่ พื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี และเกาะลอย จ.ชลบุรี ทั้ง 2 ฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 13-C



ภาพที่ 13 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร จากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล

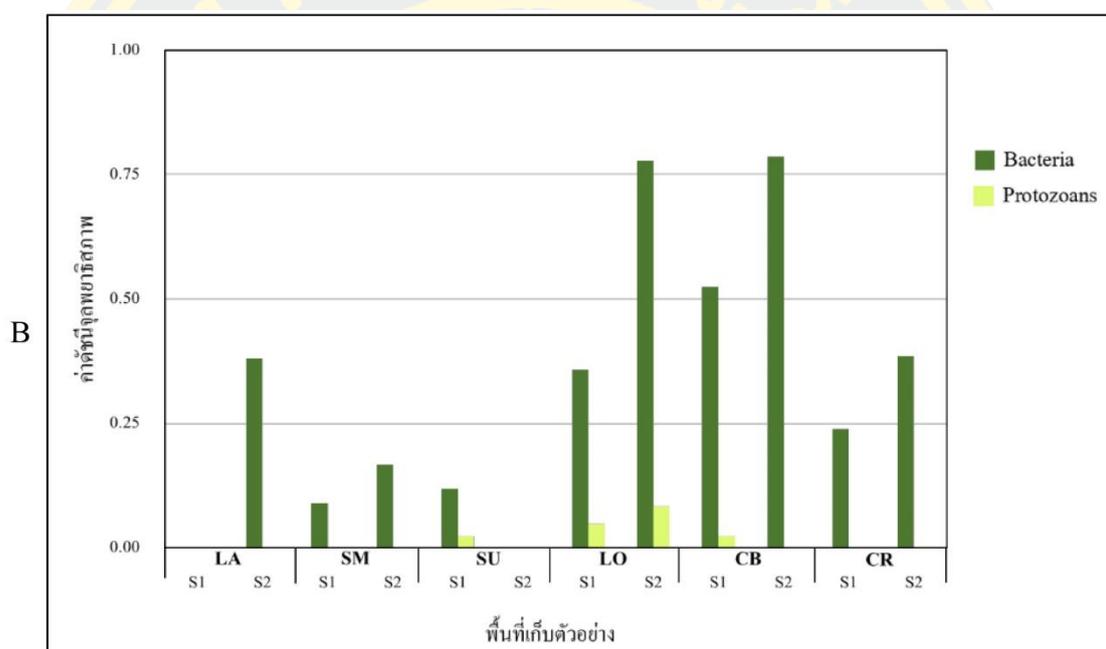
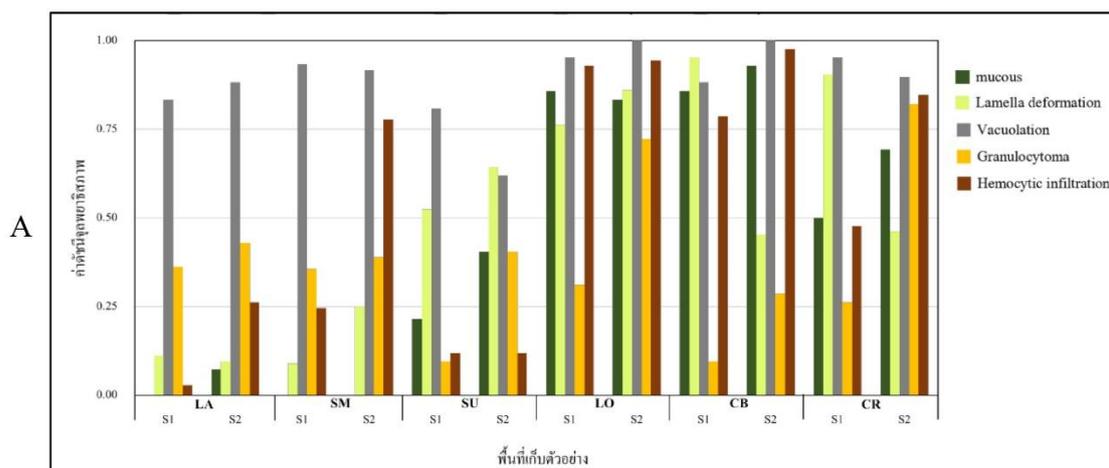
หมายเหตุ LA = เกาะล้าน SM = แสมสาร SU = หาดสุชาดา LO = เกาะลอย  
CB = อ่าวชลบุรี CR = ปากแม่น้ำเจ้าพระยา S1 = ฤดูแล้ง S2 = ฤดูฝน

- A) ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อที่พบในท่อของต่อมย่อยอาหาร
- B) ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อต่อมย่อยอาหาร
- C) ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของต่อมย่อยอาหารที่พบปรสิิต

#### 4.3.2 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก

เมื่อวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกโดยแบ่งตามลักษณะอาการที่พบในส่วนต่าง ๆ พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่พบการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างเซลล์ (cellular changes) พบลักษณะ vacuolation มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพมากที่สุดในทุกพื้นที่เก็บตัวอย่าง และทุกฤดูกาล ข้อสังเกตคือลักษณะ mucous cell และ hemocytic infiltration ในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี และอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะในฤดูฝน ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพน้อยที่สุดคือ brown granule แต่สามารถพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้ได้สูงสุดในพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ในฤดูฝน ดังแสดงในภาพที่ 14-A

และในส่วนของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพลักษณะการพบปรสิต(parasite)ในเหงือก พบลักษณะคล้ายโคโลนีของแบคทีเรีย (bacteria) ในเนื้อเยื่อ แต่ไม่สามารถพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้ในพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ในฤดูแล้ง และหาดสุชาดา จ.ระยอง ในฤดูฝน โดยพบแบคทีเรียในเนื้อเยื่อมากกว่าโปรโตซัวร์ในทุกพื้นที่ และทุกฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 14-B



ภาพที่ 14 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล

หมายเหตุ LA = เกาะล้าน SM = แสมสาร SU = หาดสุชาดา LO = เกาะลอย

CB = อ่าวชลบุรี CR = ปากแม่น้ำเจ้าพระยา S1 = ฤดูแล้ง S2 = ฤดูฝน

A) ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกที่พบการเปลี่ยนแปลงใน โครงสร้างเซลล์

B) ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเหงือกที่พบปรสิต

#### 4.4 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก

นำผลค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สามารถคำนวณได้ในหัวข้อที่ 4.3 เปรียบเทียบกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ในปี 2566 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมเขต 13 ชลบุรี, 2566) รวมทั้งเปรียบเทียบกับค่าทดสอบทางสถิติ ดังนี้

##### 4.4.1 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ที่ได้จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 ในปัจจัยของพื้นที่และฤดูกาล

นำผลค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สามารถคำนวณได้ในหัวข้อ 4.3 เปรียบเทียบกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 เพื่อเปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566

ผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของต่อมย่อยอาหารให้ผลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลในฤดูแล้ง 5 พื้นที่ จาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง ยกเว้น พื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ส่วนในฤดูฝนค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพให้ผลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่มีความสอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลใน 4 พื้นที่ จาก 6 พื้นที่ ยกเว้น พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี และเกาะลอย จ.ชลบุรี โดยทั้ง 3 พื้นที่ดังกล่าวที่ไม่สอดคล้องนั้น มีระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับต่ำกว่ารายงานผลคุณภาพน้ำทะเลตามตารางที่ 17

จากผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเหงือกให้ผลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่มีความสอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลในฤดูแล้ง 2 พื้นที่ จาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง ยกเว้น พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี แสมสาร จ.ชลบุรี เกาะลอย จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ส่วนในฤดูฝนค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพให้ผลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่มีความสอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลใน 4 พื้นที่ จาก 6 พื้นที่ ยกเว้น พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี และแสมสาร จ.ชลบุรี

โดยพื้นที่ดังกล่าวที่ไม่สอดคล้องนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับสูงกว่ารายงานผลคุณภาพน้ำทะเลตามตารางที่ 18 จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกเข้าด้วยกัน เพราะอาจทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่ได้ให้ผลระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่ไม่สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลในหลายพื้นที่เช่นเดียวกับเนื้อเยื่อเหงือกตามตารางที่ 19

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารเพียงอย่างเดียว มีความเหมาะสมในการบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลและสุขภาพของสัตว์ได้ดีกว่าการใช้ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกเข้ามาร่วมพิจารณา

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารที่ได้จากการ  
คำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน		
	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล
เกาะล้าน จ.ชลบุรี	0.28	ปานกลาง	ปานกลาง	0.38	ปานกลาง	ต่ำ
แสมสาร จ.ชลบุรี	0.22	ต่ำ	ต่ำ	0.25	ต่ำ	ต่ำ
หาดสุชาดา จ.ระยอง	0.21	ต่ำ	ต่ำ	0.24	ต่ำ	ต่ำ
เกาะลอย จ.ชลบุรี	0.30	ปานกลาง	ปานกลาง	0.40	ปานกลาง	สูง
อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี	0.39	ปานกลาง	ปานกลาง	0.55	สูง	สูง
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ	0.35	ปานกลาง	สูง	0.59	สูง	สูง

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกที่ได้จากการคำนวณกับ  
รายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน		
	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล
เกาะล้าน จ.ชลบุรี	0.18	ต่ำ	ปานกลาง	0.31	ปานกลาง	ต่ำ
แสมสาร จ.ชลบุรี	0.26	ปานกลาง	ต่ำ	0.39	ปานกลาง	ต่ำ
หาดสุชาดา จ.ระยอง	0.21	ต่ำ	ต่ำ	0.22	ต่ำ	ต่ำ
เกาะลอย จ.ชลบุรี	0.50	สูง	ปานกลาง	0.64	สูง	สูง
อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี	0.46	ปานกลาง	ปานกลาง	0.54	สูง	สูง
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ	0.37	ปานกลาง	สูง	0.52	สูง	สูง

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารกับเหงือกที่ได้จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ฤดูแล้ง			ฤดูฝน		
	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล	ค่า $I_n$	ระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล
เกาะล้าน จ.ชลบุรี	0.23	ต่ำ	ปานกลาง	0.35	ปานกลาง	ต่ำ
แสมสาร จ.ชลบุรี	0.24	ต่ำ	ต่ำ	0.32	ปานกลาง	ต่ำ
หาดสุทธาดา จ.ระยอง	0.21	ต่ำ	ต่ำ	0.23	ต่ำ	ต่ำ
เกาะลอย จ.ชลบุรี	0.40	ปานกลาง	ปานกลาง	0.40	ปานกลาง	สูง
อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี	0.43	ปานกลาง	ปานกลาง	0.55	สูง	สูง
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ	0.36	ปานกลาง	สูง	0.56	สูง	สูง

4.4.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้การทดสอบทางสถิติ นำผลค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สามารถคำนวณได้ในหัวข้อ 4.3 เปรียบเทียบกับการทดสอบทางสถิติ ได้แก่

4.4.2.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) โดยใช้ปัจจัยของพื้นที่เก็บตัวอย่าง สามารถประเมินความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของต่อมย่อยอาหารกับการทดสอบทางสถิติการเปรียบเทียบพหุคูณของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ( $P < 0.05$ ) เพื่อจัดกลุ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังภาพที่ 15-A และ 15-B ได้แก่

1) ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารกับพื้นที่เก็บตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในต่อมย่อยอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสามารถจัดกลุ่มพื้นที่ได้ 3 กลุ่มชัดเจน ได้แก่ กลุ่ม A คือกลุ่มที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อระดับต่ำ ได้แก่ พื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี มีค่า  $I_n = 0.23$  หาดสุทธาดา จ.ระยอง มีค่า  $I_n = 0.23$  กลุ่ม B คือกลุ่มที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อระดับปานกลาง ได้แก่ เกาะล้าน จ.ชลบุรี มีค่า  $I_n = 0.33$  เกาะลอย จ.ชลบุรี มีค่า  $I_n = 0.35$  และกลุ่ม C คือกลุ่มที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อระดับสูง ได้แก่ ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ มีค่า  $I_n = 0.47$  อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี  $I_n = 0.47$  ซึ่งมีค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพจากต่ำไปสูงตามลำดับ

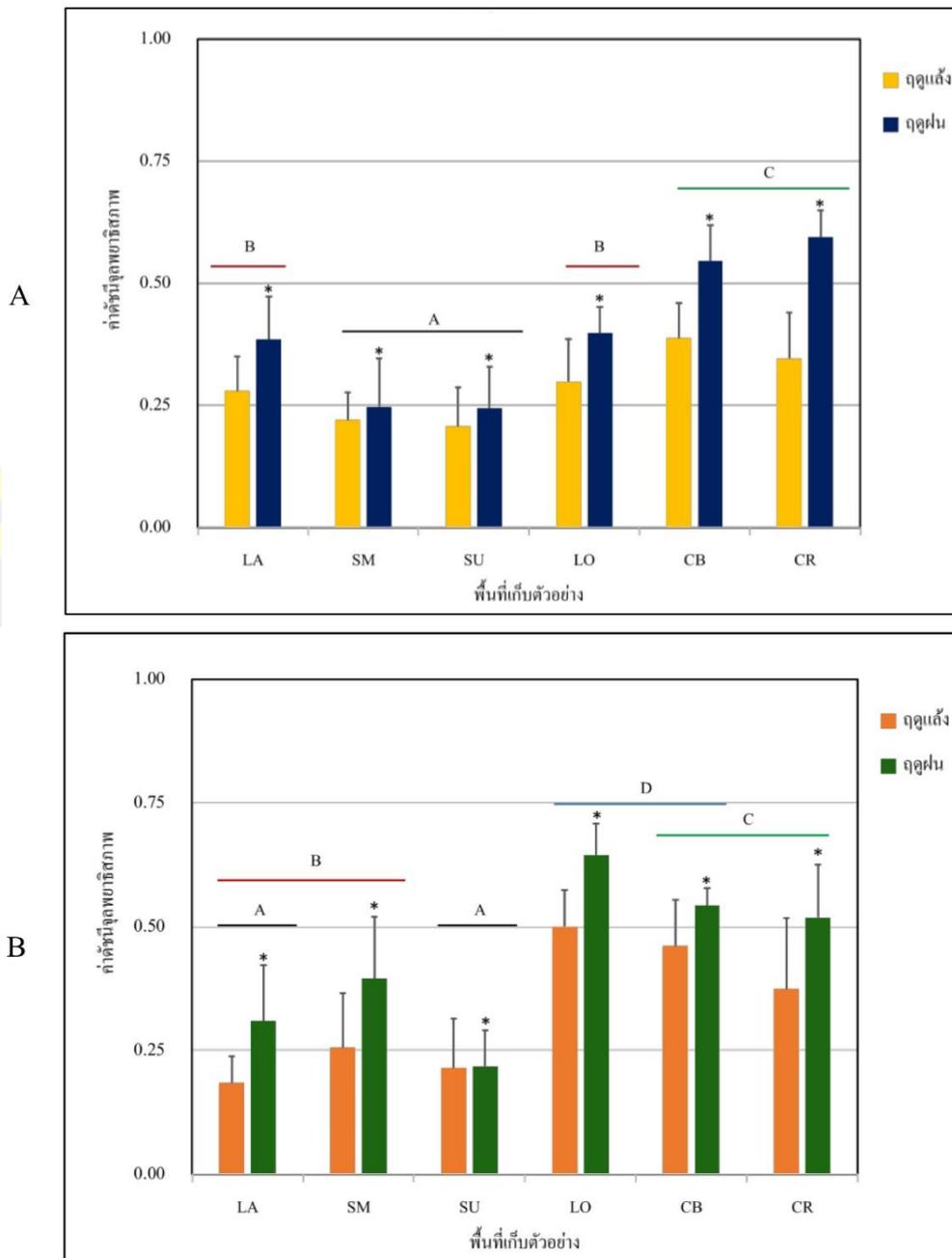
2) ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกกับพื้นที่เก็บตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพเนื้อเยื่อเหงือกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสามารถจัดกลุ่มพื้นที่ได้ 4 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ได้แก่ พื้นที่หาดสุขลา จ.ระยอง มีค่า  $I_h = 0.21$  เกาะล้าน จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.25$  กลุ่ม B ได้แก่ พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.25$  แสมสาร จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.32$  กลุ่ม C ได้แก่ พื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ มีค่า  $I_h = 0.44$  อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.50$  และกลุ่ม D ได้แก่ พื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.50$  เกาะลอย จ.ชลบุรี มีค่า  $I_h = 0.57$  ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูงตามลำดับ โดยมี 2 พื้นที่ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อได้ชัดเจนว่าอยู่กลุ่มใดคือ พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี และอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี

#### 4.4.2.2 เปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ในปัจจัยของฤดูกาล

จากผลที่ได้จากหัวข้อ 4.3 สามารถประเมินความสัมพันธ์ของค่าจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก ทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (t - test for Independent) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ( $P < 0.05$ ) แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารกับฤดูกาล พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยค่าในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งในทุกพื้นที่ศึกษา

2) ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกกับฤดูกาล พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในเนื้อเยื่อเหงือกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยค่าในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งในทุกพื้นที่ศึกษาเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจีบโดยการทดสอบทางสถิติ

หมายเหตุ A,B,C,D คือการจัดกลุ่มตามพื้นที่ที่มีความเหมือนกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เครื่องหมาย \* คือค่าจุลพยาธิสภาพในงดูฝนมีค่าสูงกว่างดูแลง

LA = เกาะล้าน SM = แสมสาร SU = หาดสุซาดา LO = เกาะลอย CB = อ่าวชลบุรี CR = ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

A. เปรียบเทียบค่า  $I_h$  ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารระหว่าง 6 พื้นที่ใน 2 งดูกาล

B. เปรียบเทียบค่า  $I_h$  ของเนื้อเยื่อเหงือกระหว่าง 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างใน 2 งดูกาล

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

#### 5.1 อภิปรายผลการวิจัย

##### 5.1.1 เนื้อเยื่อวิทยาของโครงสร้างต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอยนางรมปากจีบ

##### 5.1.1.1 การศึกษาเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร (digestive glands)

ต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cucullata* ประกอบด้วยท่อขนาดเล็ก ปลายปิด เชื่อมรวมกันเป็นท่อขนาดใหญ่และเปิดเข้าสู่กระเพาะอาหาร มีลักษณะค่อนข้างกลม ภายในแต่ละท่อพบเนื้อเยื่อผิวชั้นเดียว (simple columnar epithelium) ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ย่อยอาหาร (digestive cells) และเซลล์เบโซฟิลิก (basophil cells, vacuolated cell, crypt cell) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับหอยสองฝาชนิดอื่นที่มีการรายงานแล้ว เช่น หอยนางรม *Crassostrea virginica* (Galtsoff, 1964) หอยนางรม *Crassostrea gigas* (Jemaà et al., 2014) หอยกาบ *Nucula sulcata* (Owen, 1973) และ หอยแมลงภู่ *Brachidontes rodriguezii* (Arrighetti, Landro, Lambre, Penchaszadeh, & Teso, 2019) เซลล์ย่อยอาหารลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกทรงสูง (columnar cell) นิวเคลียสติดสีม่วงเข้มอยู่บริเวณฐานเซลล์ ภายในไซโทพลาสซึมติดสีม่วงจางของฮีมาท็อกซิลิน ทำหน้าที่ย่อยอาหารภายในเซลล์ โดยวิธีลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์แบบเอนโดไซโทซิส (endocytosis) อาศัยเอนไซม์ Acid phosphatase จากไลโซโซมในการย่อยอาหาร และดูดซึมสารอาหารที่ย่อย (Dimitriadis, Gougoula, Anestis, Pörtner, & Michaelidis, 2012) ผลพลอยได้ที่ตกค้างอยู่ในต่อมย่อยอาหารคือ สารไลโปฟุสซิน (Viarengo, Lowe, Bolognesi, Fabbri, & Koehler, 2007) โดยปริมาณของไลโปฟุสซินที่เกิดขึ้นจำนวนมากสามารถเป็นตัวบ่งชี้ความเครียดจากปฏิกริยาออกซิเดชัน ความเสียหายของเซลล์ และความชราของเซลล์ได้ (Brunk and Terman, 2002) เซลล์เบโซฟิลิก ลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมทรงเตี้ย (crypt cell) ไซโทพลาสซึมติดสีเข้มกว่าเซลล์ย่อยอาหาร มีโครงร่างเอนโดพลาสซึมแบบหยาบบริเวณฐานเซลล์จำนวนมาก (Chen et al., 2024) ทำหน้าที่แบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์ย่อยอาหารใหม่มาช่วยเซลล์ย่อยอาหารที่ทำงานอยู่และทดแทนเซลล์เก่าที่เสื่อมสภาพไป มีบทบาทสำคัญในการผลิตและหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยอาหารนอกเซลล์ และควบคุมการเผาผลาญ (Faggio, Pagano, Alampì, Vazzana, & Felice, 2016) โดยปกติเซลล์ย่อยอาหารจะมีจำนวนมากกว่าเซลล์เบโซฟิลิกมาก แต่ในสภาวะที่สัมผัสกับมลพิษ จำนวนเซลล์เบโซฟิลิกอาจเพิ่มขึ้นและความหนาของเยื่อผิวของต่อมย่อยอาหารอาจเปลี่ยนแปลงได้ (Zaldibar, Cancio, & Marigómez, 2007)

ด้วยความแตกต่างด้านความสูงของทั้งสองเซลล์ข้างต้นทำให้บริเวณตรงกลางของต่อมย่อยอาหารมีลักษณะกลวง เป็นแฉกคล้ายดาวเรียก ลูเมน (lumen) ไม่พบซีเลีย แต่พบเซลล์ฟาโกไซต์จำนวนมาก (phagocytes) ล้อมรอบท่อของต่อมย่อยอาหาร (Galtsoff, 1964) บริเวณด้านฐานของชั้น epithelium พบแอ่งเลือดและหลอดเลือดที่มีเซลล์เม็ดเลือด (hemocyte) ทำหน้าที่เป็นเซลล์ฟาโกไซต์ (phagocyte) เพื่อดักจับทำลายเชื้อโรคที่ติดมากับอาหาร ดังนั้นต่อมย่อยอาหารจึงทำหน้าที่เทียบได้กับตับ (liver) หรือ hepatopancrease เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร การดูดซึม กักเก็บสารอาหาร สะสมมลพิษ เช่น สารพิษอินทรีย์ และโลหะหนักจำนวนมากที่กินเข้าไปพร้อมกับเศษอาหาร (Marigómez et al., 2006)

#### 5.1.1.2 การศึกษาเนื้อเยื่อเหงือก (gills)

โครงสร้างและเนื้อเยื่อเหงือกหอยนางรมปากจیب *Saccostrea cucullata* มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ รูปแบบโครงสร้างเหงือกแบบซูดอลาเมลลิแบรังก์ (pseudolamellibranch) แผ่นเหงือกที่ประกอบด้วยพอลิคา และการมีซีเลียที่ซี่เหงือกย่อย ซึ่งคล้ายกับหอยนางรมชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หอยนางรม *Crassostrea virginica* (Galtsoff, 1964) และหอยนางรมตะโกรมกรามดำ *Crassostrea iredalie* (รัตนา สมัญญาและสุทิน กิ่งทอง, 2557) รูปแบบโครงสร้างเหงือกแบบซูดอลาเมลลิแบรังก์ (pseudolamellibranch) ประกอบด้วยแผ่นเหงือก 4 แผ่นหรือ 2 คู่ ที่มีลักษณะบาง กว้าง เหมาะสมกับการกรองน้ำทะเล เพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซ (Jones, Richards, & Southern, 1992) ดักจับเชื้อโรคและมลพิษจากน้ำโดยรอบ (Ben-Horin et al., 2015) หอยนางรมปากจیبและหอยนางรม *Crassostrea virginica* (Galtsoff, 1964) มีโครงสร้างแผ่นเหงือกที่ประกอบด้วยพอลิคาเป็นลักษณะพับทบจีบคล้ายใบไม้จำนวน 10-16 หน่วย ซึ่งแตกต่างกับหอยนางรมตะโกรมกรามดำ *Crassostrea iredalie* ที่มีจำนวนพอลิคา 12-14 หน่วย ด้วยจำนวนพอลิคาที่มากกว่ามีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ช่วยเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของเหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส การดักจับการกรองอาหาร และการสะสมของโลหะได้เป็นอย่างดี (Veltman et al., 2008)

ในแต่ละซี่เหงือกพบเซลล์เยื่อเมอซอซิมิลาร์ pseudostratified ciliated epithelium ช่วยการโบกพัด จัดเรียง และดักจับอนุภาคอาหารได้ทุกทิศทาง ขนาดอนุภาคของแพลงก์ตอนหรืออาหารที่เหมาะสมควรมีขนาดอนุภาคระหว่าง 3 – 5 ไมโครเมตร (Kovitvadhi, Kovitvadhi, Sawangwong, & Trisaranuwatana, 2008) สำหรับหอยสองฝาในระยะจูวีไนล์ (juvenile) และระยะตัวเต็มวัย (adult) ส่วนอาหารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่จะไม่ผ่านการกรองที่ซี่เหงือก และจะถูกส่งต่อเข้าไปในช่องแมนเทิล (mantle) เพื่อขับออกนอกร่างกายต่อไป

เหงือกของหอยนางรมเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างอวัยวะภายในกับภายนอก เป็นเส้นทางหลักของสารมลพิษเข้าสู่ลำตัวของหอยสองฝา (Arrighetti et al., 2019) ดังนั้นรูปแบบโครงสร้างของเหงือกของหอยนางรมปากจیب จึงมีความสำคัญในกระบวนการกินอาหาร การควบคุมปัจจัยภายนอกกับภายในร่างกาย การออสโมซิส การควบคุมความเค็ม ความสมดุลของกรด-เบส การควบคุมโลหะ (Sokolova, 2018)

### 5.1.2 ลักษณะอาการทางจุลพยาธิวิทยา

การศึกษาในครั้งนี้ต้องการพัฒนาวิธีการตรวจสอบสุขภาพของหอยนางรมปากจیبโดยใช้เนื้อเยื่อของอวัยวะเป้าหมาย 2 อวัยวะ ได้แก่ ต่อมย่อยอาหาร (digestive glands) และ เหงือก (gills) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อบางตำแหน่งมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหอยสองฝาแต่ละชนิด

เนื่องจากยังไม่พบข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในหอยนางรมปากจیب เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาสุขภาพของหอยนางรมโดยการประเมินการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ผู้วิจัยได้พิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารและเหงือกตัดแปลงค่าน้ำหนัก (weight) ให้มีความเหมาะสมกับชนิดของหอยสองฝา ผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมาจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อที่มีความรุนแรงแตกต่างกันจากน้ำหนักคะแนนน้อยไปมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Costa et al. (2013) ที่ทำการศึกษาเนื้อเยื่อของต่อมย่อยอาหารและเหงือกในหอยสองฝา *Ruditapes decussatus* ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ทางชายฝั่งตอนใต้ของประเทศโปรตุเกส เช่นเดียวกับ Joshy et al. (2022) ที่ศึกษาในหอยสองฝา 3 ชนิด ได้แก่ หอยนางรมฟิลิปปินส์ *Magallana bilineata* หอยแมลงภู่ *Perna viridis* และ หอยตลับ *Villorita cyprinoides*

โดยลักษณะที่ใช้พิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจیب 10 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบในท่อของต่อมย่อยอาหาร (Tubular changes) 4 ลักษณะ ได้แก่ hemocytic infiltration, vacuolation, tubular atrophy และ necrosis ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างท่อต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) 4 ลักษณะ ได้แก่ hemocytic infiltration, brown granule, hemocytic aggregates และ fibroma ลักษณะที่พบปรสิต 2 ลักษณะ ได้แก่ bacteria และ protozoans

ในการกำหนดค่าน้ำหนักลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารมีค่าน้ำหนักต่ำสุดคือ 1 คะแนน และมากที่สุดคือ 3 คะแนน เรียงลำดับจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารที่พบได้มาก มีความรุนแรงระดับเบื้องต้น ไปยังลักษณะที่พบได้น้อย มีความรุนแรงระดับสูง โดยค่าน้ำหนัก 1 คะแนน ได้แก่ vacuolation และ hemocyte infiltration ค่าน้ำหนัก 2 คะแนน ได้แก่ hemocytic aggregates, fibroma และ brown granule สำหรับค่าน้ำหนัก 3 คะแนน ได้แก่ tubular atrophy, necrosis และการพบ protozoa ตามลำดับ

สำหรับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจیب 7 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่พบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์ (cellular changes) 5 ลักษณะ ได้แก่ mucous, lamella deformation, vacuolation, brown granule และ hemocytic infiltration ส่วนลักษณะเนื้อเยื่อของเหงือกที่พบปรสิตร 2 ลักษณะ ได้แก่ bacteria และ protozoans

ในการกำหนดค่าน้ำหนักลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกมีค่าน้ำหนักต่ำสุดคือ 1 คะแนน และมากที่สุดคือ 3 คะแนน เรียงลำดับจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่พบได้มาก มีความรุนแรงระดับเบื้องต้น ไปยังลักษณะที่พบได้น้อย มีความรุนแรงระดับสูง โดยค่าน้ำหนัก 1 คะแนน ได้แก่ mucous และ lamellar deformation ค่าน้ำหนัก 2 คะแนน ได้แก่ vacuolation, brown granule และการพบ bacteria สำหรับค่าน้ำหนัก 3 คะแนน คือ hemocyte infiltration และการพบ protozoa ตามลำดับ

ทั้งนี้ผู้วิจัยมีการปรับค่าน้ำหนักบางประการ ได้แก่ hemocytic aggregates ที่พบในเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันของต่อมย่อยอาหาร โดยปรับเพิ่มน้ำหนัก 1 คะแนนจากการศึกษาของ Joshy et al. (2022) ให้มีค่าเท่ากับ 2 คะแนน เนื่องจากการแทรกตัวของเม็ดเลือดจำนวนมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแสดงถึงการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของเซลล์ รวมถึงการจับกิน การผลิตออกซิเจนรีแอคทีฟ ความผันผวนของกิจกรรมเอนไซม์ เป็นต้น (Nguyen and Alfaro, 2019) และมีการเพิ่มลักษณะ mucous cell ซึ่งเป็นการเกิดเซลล์เมือกที่มากกว่าปกติในเนื้อเยื่อเหงือกให้มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 เนื่องจากการปริมาณเซลล์เมือกแสดงถึงการตอบสนองของร่างกายต่อสารพิษเพื่อขจัดสารพิษให้เจือจางลงหรือเอาสารพิษออกจากร่างกาย หากมีการหลั่งเมือกออกมาในปริมาณมากอาจเป็นอุปสรรคในการแลกเปลี่ยนแก๊สของซีเหงือกได้ (Aukkanimart, Boonmars, & Sriraj, 2013 ; Dumme et al., 2012) ซึ่งทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวมีแนวโน้มสัมพันธ์กับการปนเปื้อนเชิงพื้นที่และฤดูกาล จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประเมินสุขภาพของหอยนางรมปากจیب

### 5.1.3 การคำนวณค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ )

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ที่คำนวณได้ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.21 - 0.59 จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับต่ำจนถึงระดับสูง ส่วนค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในเหงือก มีค่าอยู่ระหว่าง 0.18 - 0.64 จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับต่ำจนถึงระดับสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่า  $I_n$  ตามสูตรในการคำนวณที่ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 1.00 หากมีค่าน้อยแสดงว่าเนื้อเยื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ในทางตรงกันข้ามหากมีค่ามากแสดงว่าเนื้อเยื่อมีการเปลี่ยนแปลงมาก ตามระดับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อดังเกณฑ์ของ Costa et al. (2013) อย่างไรก็ตามไม่พบการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับที่สูงมาก เพราะการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อที่ต่อมย่อยอาหารและเหงือกโดยตรงมากกว่าการพบปรสิต เนื่องจากน้ำหนักของลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่พบแบคทีเรียหรือโพรโทซัวร์มีค่า 2 และ 3 คะแนนตามลำดับ ซึ่งทำให้ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพสูงขึ้น สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ในพื้นที่และฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อมากกว่าปรสิตต่าง ๆ (Ojeda, Arrighetti, & Giménez 2015) ดังนี้

#### 5.1.3.1 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร

จากผลการศึกษาเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจีบพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มากที่สุด ได้แก่ vacuolation, hemocytic infiltration และ bacteria ซึ่งได้รับการรายงานว่าเป็นการตอบสนองทางเนื้อเยื่อวิทยาที่พบบ่อยที่สุดในต่อมย่อยอาหารของหอยสองฝาต่อสารแปลกปลอมและมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรงในระดับเล็กน้อย (David, Salaroli, & Fontanetti, 2008 ; Katalay et al., 2016) ลักษณะ vacuolation ในต่อมย่อยอาหารอาจมีความสัมพันธ์กับความต้องการในการเผาผลาญที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเต็มต่อการแปรผันของอุณหภูมิ และการปนเปื้อนของโลหะ ส่งผลต่อการผลิตเวคิวโอลในต่อมย่อยอาหารการออสโมติกในไต เช่นเดียวกับการเกิด vacuolation ของต่อมย่อยอาหารในหอยแมลงภู่มะนิลา *Mytilus edulis* ที่สัมผัสกับน้ำเสียในพื้นที่อ่าวฟินแลนด์ ในทะเลบอลติก (Sunila, 1987; Nahrgang et al., 2013) หอยแมลงภู่มะนิลา *Mytilus edulis* ที่สัมผัสกับโลหะ เช่น ทองแดงและแคดเมียม (Sarasquete et al., 1993) และหอยฝาเดียว *Crenomytilus greyanus* ที่สัมผัสกับน้ำเสียในอ่าว Peter the Great ในทะเลญี่ปุ่น (Usheva, Vaschenko, & Durkina, 2006) การตอบสนองปัจจัยและมลพิษข้างต้นมีผลต่อความเครียดของเซลล์ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ขยายใหญ่ขึ้นและมีช่องว่างภายในเซลล์อย่างมีนัยสำคัญ (Sunila, 1987; Weinstein, 1997) ภูเมนของต่อมย่อยอาหารเกิดการขยายเซลล์เยื่อของท่อบางลง และเกิดการฝ่อของท่อตามมา (Wu et al., 2019) นำมาสู่ลักษณะ tubular arthropathy ซึ่งคล้ายกับการฝ่อของท่อย่อยอาหารของหอยนางรม *Magallana bilineata* ที่เก็บตัวอย่าง

จากตำแหน่งที่มีการปนเปื้อนของโลหะ (Gold-Bouchot et al., 1995) เช่นเดียวกับการฝ่อของต่อมย่อยอาหารในหอยแมลงภูที่สัมผัสกับแคดเมียม (Cajaraville, Marigómez, Díez & Angulo, 1992; Brown, Cristini, & Cooper, 1992) การฝ่อของต่อมย่อยอาหารเป็นกระบวนการเริ่มแรกของการเกิดเนื้อตายของท่อได้ ซึ่งเป็นการตอบสนองที่ไม่เฉพาะเจาะจง และไม่สามารถซ่อมแซมให้เซลล์กลับมาเป็นเหมือนเดิมได้ (Faggio, Tsarpali, & Dailianis, 2018)

ลักษณะ necrosis คือการตายของเซลล์ คาดว่าเป็นการตอบสนองต่อการอดอาหารทั้งระยะยาวหรือระยะสั้น ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าต่อมย่อยอาหารยังได้รับอาหารอยู่ ซึ่งจากผลในการวิจัยครั้งนี้พบลักษณะอาการเหล่านี้ได้น้อย หรือไม่พบเลยในบางพื้นที่ในบางฤดูกาล (Canesi et al, 2008) ในส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ระหว่างต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) ที่พบได้มากที่สุดคือ ลักษณะ hemocytic infiltration เป็นการแทรกซึมของเม็ดเลือด แสดงถึงคุณสมบัติของเซลล์แมโครฟาจที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งแปลกปลอม เม็ดเลือดมีหน้าที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ ลำเลียงสารอาหาร ขับถ่ายของเสีย ซ่อมแซมเปลือกและบาดแผล เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Donaghy, Hong, Jauzein, & Choi, 2009) โดยปกติสามารถพบเม็ดเลือดได้ทั่วไปทั้งในท้องหัวใจ เส้นเลือด แอ่งเลือด และในอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกายของหอย แต่การแทรกซึมของเม็ดเลือดที่เนื้อเยื่อเกี่ยวพันถือว่าเป็นสภาวะที่ผิดปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงในบริเวณปากแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนอย่างรุนแรงของโลหะในพื้นที่อุตสาหกรรมของแทมปาเบย์ ชายฝั่งตะวันตกของรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกาพบการแทรกซึมอย่างกว้างขวางของเม็ดเลือดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของหอย (Rodríguez-Rúa, Arellano, Canales, Blasco, & Sarasquete, 2005) หากยังพบสารพิษในสิ่งแวดล้อมมาก ก็จะมีผลต่อกิจกรรมของเม็ดเลือดในหอยมากตามไปด้วย ส่งผลให้การแทรกซึมของเม็ดเลือดเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการรวมกลุ่มของเม็ดเลือดจำนวนมาก (hemocyte aggregation) รวมถึงลักษณะ fibroma เป็นลักษณะที่สะท้อนถึงอาการของการสัมผัสกับสารปนเปื้อนในระยะยาว (Brown et al., 1992) และพังผืดบริเวณเนื้อเยื่อที่มีการตาย

ลักษณะการพบ โคลิโนคัลลัสแบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการกรองมาพร้อมกับน้ำ ในเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยประกอบด้วยจุลินทรีย์จำนวนมาก และโครงสร้างชุมชนจุลินทรีย์ที่มีเสถียรภาพสามารถช่วยให้โฮสต์ต้านทานการติดเชื้อที่ทำให้เกิดโรคได้ (Gomez-Gil, Roque, Lacuesta, & Rotllant, 2010; Schmitt et al., 2012) มีรายงานว่าแบคทีเรีย Bacteroides บางสายพันธุ์สามารถเปลี่ยนเป็นเชื้อก่อโรคฉวยโอกาสที่ทำให้เกิดรอยโรคในเนื้อเยื่อจนอาจเสียชีวิตได้ (Li, Qin, Abbott, Li, & Benkendorff, 2007)

อย่างไรก็ตามพบการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยาของหอยนางรม *Crassostrea gigas* แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างพื้นที่เมืองที่ศึกษา และการมีเชื้อก่อโรคที่น้อยในต่อมย่อยอาหาร ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างกิจกรรมที่รุนแรงของมนุษย์กับสุขภาพของหอยนางรมชนิดดังกล่าว (Liu et al., 2003)

### 5.1.3.2 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือก

จากผลการศึกษาพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่พบได้มากที่สุด ได้แก่ vacuolation และ bacteria สอดคล้องกับเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรม *Crassostrea virginica* ที่ตรวจสอบจากแหล่งที่ปนเปื้อนไฮโดรคาร์บอนปิโตรเลียมและโลหะหนักพบว่า มีช่องว่างของเซลล์ เยื่อบุผิว มีการจัดระเบียบแผ่นเยื่อบุผิวผิดปกติ พบการแทรกซึมของเซลล์เม็ดเลือดพร้อมกับเซลล์แบคทีเรียในซี่เหงือก (Morton, 1996)

การพบแควิวโอลในเซลล์ของเหงือก (vacuolation) เซลล์มีลักษณะโป่งออกเป็นถุง ไม่มีนิวเคลียส ทั้งที่แยกเป็นถุงเดี่ยว หรือเชื่อมกันหลายๆถุงจนกลายเป็นพื้นที่ว่าง ไม่พบแควิวโอลอีก รูปแบบหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นถุงที่มีโมเลกุลของสารที่มีขนาดเล็ก จากการทดลองของ Rivera-Ingraham, Nommick, Blondeau-Bidet, Ladurner and Lignot (2016) ได้ศึกษาเหงือกของหอยแมลงภู่ต่อสภาวะที่มีไมโครพลาสติก ทำการตรวจสอบทางจุลพยาธิวิทยาและส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเม็ดบีดถูกนำเข้าไปภายในแควิวโอลและเชื่อมติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ด้วยกระบวนการฟาโกไซโตซิส การเกิดแควิวโอลในเนื้อเยื่อในปริมาณมากมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยเหงือก เช่น ซี่เหงือกบวมซี่เหงือกหดตัว ซี่เหงือกมีความหนาลดลง หรืออาจหายไปเป็นแถบ (lamella deformation)

นอกจากนี้ยังพบการแทรกซึมของเม็ดเลือด (hemocytic infiltration) บริเวณฐานไปจนถึงปลายของซี่เหงือก การแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อในบริเวณที่มีการอักเสบ ชนิดเม็ดเลือดที่พบมากที่สุดที่พบในหอยนางรมคือ เม็ดเลือดชนิดที่มีแกรนูลภายใน (granulocyte) สามารถทำหน้าที่กำจัดเซลล์แบคทีเรียโดยการกลืนกิน (phagocytosis) ในบางบริเวณของซี่เหงือกมีรวมกลุ่มของเม็ดเลือดจำนวนมาก (hemocytic infiltration) พบเม็ดเลือดรวมกลุ่มอยู่ใกล้กันจำนวน 10-20 เซลล์เป็นต้นไป (Talley et al., 2022)

การที่เหงือกมีการสร้างเมือกในปริมาณมากกว่าปกติเป็นการตอบสนองเพื่อขจัดสารพิษให้เจือจางลงหรือเอาสารพิษออกจากร่างกาย เช่น แบคทีเรีย หรือปรสิตชนิดอื่นๆ แต่ในการศึกษากครั้งนี้พบโคโลนิคัลยาแบคทีเรียมากกว่าโปรโตซัวร์ ซึ่งจะไปลดพื้นที่ผิวสัมผัสของเหงือก ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง ตามที่ Hietanen, Sunila and Kristoffersson (1988) ได้ศึกษาการรับสังกะสีทำให้เกิดปฏิกิริยาอักเสบทันทีที่เหงือกของหอยแมลงภู่ *Mytilus edulis* โดย

ทำให้หลอดเลือดดำขยายตัว เซลล์เหงือกหลังเมือกในปริมาณมากจนเหงือกเกิดความเสียหาย และ เซลล์เม็ดเลือดถูกทำลาย

#### 5.1.4 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือก

5.1.4.1 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารที่ได้จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566 และการทดสอบทางสถิติในปัจจุบันของพื้นที่

จากผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในต่อมย่อยอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับ รายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566 และการทดสอบทางสถิติ สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม A คือกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับต่ำ ได้แก่ เนื้อเยื่อหอยในพื้นที่หาด สุชาดา จ.ระยอง และแสมสาร จ.ชลบุรี สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566 ทั้ง 2 ฤดูกาล ที่รายงานว่าพื้นที่หาดสุชาดาและแสมสารอยู่ในพื้นที่ที่คุณภาพน้ำ อยู่ในเกณฑ์ดี จึงพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารที่มีค่าน้ำหนักน้อย เป็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับเบื้องต้นมากกว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรูปแบบอื่น ได้แก่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ vacuolation พบได้มากที่สุด ในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes) มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ลักษณะ hemocytic infiltration พบได้มากที่สุด ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 และพบลักษณะ คล้ายโคโลนิของแบคทีเรีย (bacteria) มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 ตามลำดับ

กลุ่ม B คือกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง ได้แก่ เกาะล้าน จ.ชลบุรี และเกาะลอย จ.ชลบุรี สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือปี 2566 ที่ รายงานว่าพื้นที่เกาะล้าน และเกาะลอยอยู่ในพื้นที่ที่คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ปานกลางหรือพอใช้ พบ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารที่มีค่าน้ำหนักน้อย เป็นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับเบื้องต้นมากกว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรูปแบบอื่นเช่นเดียวกับ กลุ่ม A ได้แก่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ vacuolation พบได้มากที่สุด ในท่อของต่อมย่อยอาหาร (tubular changes) ลักษณะ hemocytic infiltration พบได้มากที่สุด ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างต่อมย่อยอาหาร (intertubular changes) และพบลักษณะคล้ายโคโลนิของแบคทีเรีย (bacteria) แต่ สามารถพบลักษณะอื่นๆเพิ่มเติม ได้แก่ ลักษณะ hemocytic infiltration ในเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 พบลักษณะ hemocytic aggregation ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างต่อม

ย่อยอาหาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่รุนแรงขึ้น เมื่อพื้นที่เก็บตัวอย่างมีการปนเปื้อนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจิบในฤดูฝนของทั้ง 2 พื้นที่ ไม่สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 เพราะพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี มีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง ซึ่งสูงกว่ารายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ในฤดูฝน เนื่องจากในช่วงที่มีการเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจิบได้เกิดปรากฏการณ์แพลงก์ตอนบลูม (plankton bloom) เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มักเกิดในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม มีการไหลของน้ำจืดพัดพาธาตุอาหารลงสู่ท้องทะเล ทำให้เกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตชนิด *Noctiluca scintillans* เป็นแพลงก์ตอนพืชที่ไม่สร้างสารชีวพิษ แต่ส่งผลน้ำทะเลมีสีเขียว มีกลิ่นเหม็น (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกเฉียงใต้, 2566) จากการสังเกตบริเวณโดยรอบพบซากสัตว์น้ำ เช่น ปลาขนาดเล็ก ปู และหอย อยู่บริเวณชายหาด คาดว่าปริมาณออกซิเจนอาจไม่เพียงพอจนเป็นอันตรายกับสัตว์น้ำ (สุวรรณิชัย, 2558) จึงพบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่ชัดเจนคือการพบแบคทีเรียจำนวนมากในต่อมย่อยอาหาร

ส่วนพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ไม่สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ในฤดูฝนเช่นกัน เนื่องจากมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ไม่ได้เป็นค่าระดับสูงตามข้อมูลคุณภาพน้ำทะเล เนื่องจากหอยนางรมเป็นสัตว์ที่มีความทนทานต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและสารเคมี สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ได้อย่างเหมาะสมในระยะเวลาอันสั้น (Chueycham et al., 2021; Abidin, Leksono, Risjani, & Kingtong, 2021)

ในกลุ่ม C คือกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับสูง ได้แก่ อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ สอดคล้องกับรายงานผลการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีความเข้มข้นโดยเฉพาะในฤดูฝน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสสูง แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด ทองแดง ตะกั่ว สังกะสีมีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ จึงพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารในระดับเบื้องต้นเหมือนกับในกลุ่ม A และ B แต่พบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่รุนแรงขึ้น เมื่อพื้นที่เก็บตัวอย่างมีการปนเปื้อนเพิ่มขึ้น ได้แก่ ลักษณะ tubular atrophy ในเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 พบลักษณะ fibroma ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันระหว่างต่อมย่อยอาหารมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 พบลักษณะ protozoans ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อของหอยนางรมในฤดูแล้งของทั้ง 2 พื้นที่ ไม่สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้ ปี 2566 คือพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง

ซึ่งต่ำกว่ารายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 ในฤดูแล้งว่าอยู่ในระดับสูง อาจเนื่องมาจากหอยนางรมอาศัยอยู่ในบริเวณปากแม่น้ำและเขตน้้ำขึ้นน้ำลง ตามธรรมชาติ และมีความสามารถในการปรับตัวที่หลากหลายเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง (Zhang, Li, Liu, & Yu 2018)

รายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 ทั้ง 2 ฤดูกาล ที่ใช้เป็นข้อมูลเทียบเคียงกับลักษณะเนื้อเยื่อหอยในพื้นที่ต่าง ๆ ที่หอยนางรมอาศัยอยู่สอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมของมนุษย์ในปริมาณน้อยที่สุดไปจนถึงปริมาณมากตามลำดับ (Blanco-Rayón et al., 2019) โดยพื้นที่กลุ่มที่ 1 เป็นหมู่บ้านชาวประมงตั้งอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งที่เปิดโล่งมากกว่าและอยู่ห่างจากบริเวณท่าเรือ ในขณะที่พื้นที่ในกลุ่มที่ 2 เป็นแหล่งที่ทำกิจกรรมของมนุษย์รองลงมา เช่น การท่องเที่ยว การเดินเรือ การทำประมง ส่วนพื้นที่ในกลุ่มที่ 3 มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแอ่ง เป็นปากแม่น้ำ มีแหล่งชุมชนอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่น ก่อให้เกิดมลพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งอุตสาหกรรม คร่าวเรือ และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งน้ำทิ้งจากแหล่งดังกล่าวมีความสกปรกสูง เช่น ปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนสูง(กรมควบคุมมลพิษ, 2566) ทำให้เกิดการสะสมความเข้มข้นของสารมลพิษทั้งในน้ำและตะกอนตลอดเวลา ในสภาพแวดล้อมเหล่านี้ กระบวนการตกตะกอนเป็นกระบวนการหลัก เป็นแหล่งที่กักเก็บ และเป็นช่องทางเปลี่ยนผ่านของสารมลพิษทางเคมีหลายชนิดจากแผ่นดินไหลลงสู่ทะเล (Botté, Freije & Marcovecchio, 2010)

**5.1.4.2 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกที่ได้จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 และการทดสอบทางสถิติในปัจจัยของพื้นที่**

จากผลการวิจัยเมื่อนำค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกทำการทดสอบเปรียบเทียบทางสถิติสามารถจัดกลุ่มตามระดับความรุนแรงของพื้นที่ที่กิจกรรมของมนุษย์ได้เป็น 4 กลุ่ม ซึ่งมีระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อจากต่ำไปสูงตามลำดับ ดังนี้

1. กลุ่ม A ได้แก่ พื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยอง และเกาะล้าน จ.ชลบุรี
2. กลุ่ม B ได้แก่ พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี และเสมสาร จ.ชลบุรี
3. กลุ่ม C ได้แก่ พื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ และอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี
4. กลุ่ม D ได้แก่ พื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และเกาะลอย จ.ชลบุรี

โดยมี 2 พื้นที่ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อได้ชัดเจนว่าอยู่กลุ่มใด คือ พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี และอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี สำหรับพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเดียวกับพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยอง และเสมสาร จ.ชลบุรี โดยในฤดูแล้ง พื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรีมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อคือลักษณะ vacuolation

เช่นเดียวกับพื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี ส่วนในฤดูฝนมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อคือลักษณะ lamella deformation เช่นเดียวกับพื้นที่หาดสุขลา จ.ระยอง สำหรับอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรีถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มระดับการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเดียวกับพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ โดยในฤดูแล้งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อคือ mucous cell, lamella deformation และการพบแบคทีเรีย ลักษณะการพบแบคทีเรียสูงเช่นเดียวกับพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ในฤดูฝนมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อคือ vacuolation และการพบแบคทีเรีย เช่นเดียวกับพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ

เนื่องจากเหงือกเป็นเนื้อเยื่อที่สัมผัสกับน้ำโดยตรง (Soldatov, Gostyukhina, & Golovina 2007) เป็นเป้าหมายแรกของสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำ เป็นทางเข้าหลักของสารมลพิษเข้าสู่ลำตัวของ หอยสองฝา (Arrighetti, Teso, & Penchaszadeh, 2015) จึงไวต่อความผันผวนของน้ำ ทำให้การตอบสนองของสารต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ในเนื้อเยื่อนี้สะท้อนถึงคุณภาพน้ำทะเลได้เร็วกว่าเนื้อเยื่ออื่นๆ การตอบสนองในเนื้อเยื่อเหงือกโดยเฉลี่ยแล้วมีปริมาณสูงกว่าในต่อมย่อยอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ และบ่งชี้ถึงการสัมผัสกับอนุมูลอิสระภายในเนื้อเยื่อเป็นเวลานาน การสัมผัสกับเป็นเวลานานอาจเกิดจากกระบวนการล้างพิษหรือจากการเผาผลาญภายในร่างกาย (Zaldibar et al., 2007) สอดคล้องกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในเหงือกของหอยนางรม *Crassostrea rhizophorae* ที่เพิ่มขึ้นตามแหล่งที่มาของมลพิษจากกิจกรรมของมนุษย์ ผลลัพธ์ที่คล้ายกันพบในเหงือกหอยนางรมที่มีสารมลพิษต่าง ๆ เช่น หอยนางรม *Crassostrea angulate* ที่สัมผัสกับทองแดงในความเข้มข้นที่สูงขึ้น (Rodríguez-Rúa et al., 2005) หอยนางรม *Crassostrea* sp. ที่สัมผัสกับโลหะหนักที่มีค่าสูงในบริเวณท่าเรือปากแม่น้ำ (Noletto et al., 2021) หอยแมลงภู่ *Brachidontes rodriguezii* จากบริเวณท่าเรือในจังหวัดบัวโนสไอเรส (Arrighetti et al., 2019) และหอยนางรม *Crassostrea rhizophorae* ที่เก็บรวบรวมจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ (Valdez Domingos et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือกที่คล้ายกันในหอยนางรม *Magallana gigas* ที่สัมผัสกับอาหารไดโนแฟลกเจลเลตที่เป็นพิษ (Noletto et al., 2021)

**5.1.4.3 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกที่ได้จากการคำนวณกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 และการทดสอบทางสถิติในปัจจุบันของฤดูกาล**

เมื่อนำผลค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพที่สามารถคำนวณได้ในหัวข้อ 4.3 เปรียบเทียบกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกปี 2566 และการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกของฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง หมายความว่าปัจจัย

ของฤดูกาลอาจทำให้เกิดลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อยอาหารและเหงือกของ หอยนางรมปากจیبที่แตกต่างกัน ในฤดูฝนมีปริมาณน้ำจืดที่ไหลหลากลงในทะเลทำให้ความเค็ม ของน้ำทะเลลดลงกว่าปกติ หากสภาวะความเค็มต่ำต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะมีผลกระทบต่อ กระบวนการในการดำรงชีวิตของหอย ทำให้หอยอ่อนแอและตายลงได้ นอกจากนี้ น้ำจืดจากหลาย แหล่งที่ไหลลงมายังพัดพาตะกอน สิ่งสกปรก สารปนเปื้อนรวมทั้งแร่ธาตุและสารพิษต่าง ๆ จาก แผ่นดินลงสู่ทะเล ตะกอนปริมาณมากที่มากับน้ำจะรบกวนกระบวนการกรองกินอาหาร และการ หายใจของหอย (ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก, 2566) สอดคล้อง กับปัญหาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก ที่จำแนกรายพารามิเตอร์ พบว่าในฤดูฝนสูงกว่าฤดู แดดได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) ฟอสเฟต – ฟอสฟอรัส ( $PO_4^{3-}-P$ ) ไนเตรต – ไนโตรเจน ( $NO_3^- -N$ ) สารแขวนลอย (SS) ความเป็นกรด – ด่าง (pH) แอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen, TAN) อุณหภูมิ (Temp.) ยกเว้น ค่าออกซิเจนละลาย (DO) การชะล้างสิ่งต่าง ๆ จากบ้นกกลงสู่ทะเลทำให้หอยเผชิญกับมลพิษต่าง ๆ มากขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ มากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในต่อมย่อย อาหารพบลักษณะ tubular atrophy ในพื้นที่อ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี และปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ. สมุทรปราการ มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบ ได้น้อยที่สุดคือ necrosis สามารถพบได้ในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ในฤดูฝนเท่านั้น

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเหงือก พบข้อสังเกตคือลักษณะ mucous และ hemocytic infiltration ในพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี และอ่าวชลบุรี จ.ชลบุรี จะมีค่าสูง กว่าพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบ ได้น้อยที่สุดคือ ลักษณะ brown granule สามารถพบได้สูงสุดในพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ในฤดู ฝน อย่างไรก็ตามหอยที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปีมีวงจรชีวิตที่เฉพาะเจาะจงสำหรับ แต่ละสายพันธุ์ เช่น การจำศีล การอพยพ (Benito et al., 2019; Geiser, 2004 ; McNamara and Houston, 2008) ปัจจัยที่แตกต่างในแต่ละฤดูกาลสามารถส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อ กระบวนการทางสรีรวิทยา และมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของโรคของสัตว์น้ำ (Arrighetti, Teso, & Penchaszadeh, 2007) เช่นเดียวกับการทำกิจกรรมของมนุษย์ในแต่ละฤดูการย่อมมีความ แตกต่างกัน ส่งผลให้แต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่างมีระดับการปนเปื้อนที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึง ความแตกต่างระหว่างพื้นที่ศึกษาและฤดูกาล ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างกิจกรรม ของมนุษย์กับสุขภาพของเหงือกและต่อมย่อยอาหารของหอยนางรม

จากรายงานการศึกษาของ Sardi, Sandrini-Neto, Cunha Lana, & Camus (2020) เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอยสองฝา กับปัจจัยของพื้นที่เก็บตัวอย่างและความแปรปรวนในฤดูกาล โดยสุ่มตัวอย่างหอยนางรม *Crassostrea rhizophorae* และ *Anomalocardia flexuosa* ใน 2 ฤดูกาลหลัก คือ ฤดูร้อนที่มีฝนตกและฤดูหนาวที่มีอากาศแห้งแล้งที่อ่าว Paranaguá ประเทศออสเตรเลีย พบว่าในหอย *C.rhizophorae* ควรเลือกใช้เนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารเป็นตัวแทนสปีชีส์เฝ้าระวังที่เหมาะสมในการบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำ เพราะแสดงความแปรปรวนตามฤดูกาลเพียงเล็กน้อย และแนะนำให้ใช้หอย *A.flexuosa* ทั้งในส่วนของเหงือกและต่อมย่อยอาหาร สำหรับหอย *C.rhizophorae* พบว่ามีค่ากิจกรรมที่สูงในฤดูหนาว ส่วนหอยแครง *A.Flexuosa* พบว่ามีค่ากิจกรรมที่สูงในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะในเหงือก เช่นเดียวกับการศึกษาเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารและเหงือกของหอย *Crassostrea gigas* ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดบัวโนสไอเรส ประเทศอาร์เจนตินา ในเดือนพฤศจิกายน (ฤดูใบไม้ผลิของออสเตรเลีย) และเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูร้อนของออสเตรเลีย) พฤษภาคม (ฤดูใบไม้ร่วงของออสเตรเลีย) และสิงหาคม (ฤดูหนาวของออสเตรเลีย) ซึ่งพารามิเตอร์ของเหงือกจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้นตามฤดูกาล โดยเฉพาะในฤดูร้อน ความสูงของพลิคา เส้นใยของเหงือกและความหนาของเยื่อบุผิวเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ส่วนเยื่อบุผิวของต่อมย่อยอาหารจะลดลงจากเดือนที่อากาศอบอุ่นไปจนถึงเดือนที่อากาศหนาวเย็น ส่วนอัตราส่วนระหว่างเซลล์เชื่อมต่อกับไคเวอร์ติคูลาจะสูงขึ้นในเดือนที่อากาศอบอุ่น ผลลัพธ์เหล่านี้อาจมาจากกิจกรรมบริเวณท่าเรือและปริมาณนักท่องเที่ยวซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมากในฤดูร้อน และยังเป็นผลมาจากปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดที่ปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Geng et al., 2021)

## 5.2 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าวิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อมีแนวโน้มที่ดีสำหรับการประเมินสุขภาพของหอยนางรมปากจیب โดยค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ (Histopathological index;  $I_h$ ) ที่คำนวณได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และมีความสอดคล้องกับคุณภาพน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อ โดยพบว่าค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพในฤดูฝนมีค่ามากกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) อีกทั้งยังพบว่าเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารมีความสอดคล้องกับคุณภาพน้ำทะเลมากกว่าเนื้อเยื่อเหงือก ข้อมูลนี้สามารถนำไปพัฒนาวิธีการตรวจสอบเนื้อเยื่อเพื่อบ่งชี้สุขภาพของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทยรวมถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลอื่น ๆ ที่มีหอยชนิดนี้อาศัยอยู่

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับเกณฑ์ในการคำนวณค่าดัชนีจุดพยาธิวิทยาให้มีระดับค่าคะแนนที่ตรงกันกับข้อมูลระดับคุณภาพน้ำทะเล เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบข้อมูลให้สอดคล้องกันมากขึ้น
2. ควรเก็บข้อมูลปัจจัยทางกายภาพพร้อมกับการเก็บตัวอย่างหอยนางรมปากจیبเพื่อให้ข้อมูลมีความเที่ยงตรงมากขึ้น
3. ควรตรวจสอบสุขภาพของเนื้อเยื่อหอยนางรมปากจیبเป็นประจำทุกปี เพื่อให้สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อได้อย่างต่อเนื่อง
4. ควรศึกษาลักษณะการเกิดเมือกในเนื้อเยื่อเหงือกเพิ่มเติมในอนาคต ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อเยื่อน่าสนใจ



บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งพื้นที่ภาคตะวันออก 2566. เข้าถึงได้จาก <https://epo13.pcd.go.th/th/news/detail/171732>
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2562). ฐานข้อมูลขยะทะเล. เข้าถึงได้จาก <http://tcc.dmcg.go.th/thaicoastalcleanup/publicRelations/content/38>
- นัยนชนก เกียรติกุลพงศ์. (2567). โครงสร้างเนื้อเยื่อของเหงือกหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cucullata*. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยบูรพา (71). ชลบุรี: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- บพิช จารุพันธ์และนันทพร จารุพันธ์. (2540). สัตววิทยา (4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตนชาติ กิ่งสกุลกาญจน์. (2560). การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในระยะเริ่มต้นของหอยนางรมปากจีบ *Saccostrea cucullata* (Born, 1778). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รัตนา สมัญญา และสุทิน กิ่งทอง. (2557). กายวิภาคและมิถุนวิทยาของเหงือกหอยตะไกรกรมดำ *Crassostrea iredalie*. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19(3), 422-433.
- ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก. (2566). แพลงก์ตอนบลูมบุกเกาะล้าน เปลี่ยนสีน้ำทะเลอันไร้อันตราย. เข้าถึงได้จาก <https://4occ.isoc.go.th/04news/?p=17265>
- ศุภลักษณ์ โรมนรัตน์. (2545). เทคนิคเนื้อเยื่อสัตว์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2555). การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก. กรุงเทพฯ: บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด.
- สำนักงานบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออก. (2564). รายงานหลักแผนงานพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (พ.ศ. 2560-2564). เข้าถึงได้จาก [https://www.nesdc.go.th/ewt\\_dl\\_link.php?nid=6381](https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6381)
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13(ชลบุรี). (2563). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออก 2563. เข้าถึงได้จาก <http://reo13.mnre.go.th/th/information/list/1847>

- สุกัญญา พลิตกุล และสิทธิชน รัตนจันทร์. (2561). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อหอยตะไกรกรมขาวในระยะความเป็นพิษกึ่งเฉียบพลันของปรอท. *สัตวแพทย์มหานครสาร*, 13(1), 35-47.
- สุชาติ อุปถัมภ์, มาลียา เครือตาชู, เยาวลักษณ์ จิตรามวงศ์ และศิริวรรณ จันทเดมิย์. (2538). *สังขวิทยา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศักดิ์โสภณาการพิมพ์.
- สุวัจน์ ธีรุตส. (2558). *ชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงหอยนางรม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หรรษธร ณรงค์, วิจิตรา ศรีสอน และถัณฐาน ชยนนท์. (2565). *เศรษฐกิจภาคตะวันออกพื้นที่ยุทธศาสตร์ด้านการลงทุน*. เข้าถึงได้จาก <http://www.fpojournl.com/eastern-economic-corridor-ec/>
- เอสรามงคลชัยชนะ, เจษฎ์ เกษตระทัต, ณัฐกิต์ โดอ่อน, ศิลปชัย เสนารัตน์, ชาญยุทธ สุกทองคง, วรณีย์ จิรอังกูรสกุล และอนันต์ เคนท้าว (2563). ลักษณะทางเนื้อเยื่อของหอยกาบแหลม *Ensidens ingallsianus* (Lea, 1852) จากแม่น้ำของกาเลียช่วงไหลผ่านอำเภอสังขละบุรี จังหวัด กาญจนบุรีประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 6(1), 37-45.
- Abidin, G., Leksono, A.S., Risjani, Y., & Kingtong, S. (2021). Effect of WAF crude oil exposure to larvae development of the black-scar oyster *Crasostrea iredalei*. *Environmental Earth Sciences*, 890, 012037.
- Arrighetti, F., Landro, S.M., Lambre, M.E., Penchaszadeh, P.E., & Teso, V. (2019). Multiple-biomarker approach in the assessment of the health status of a novel sentinel mussel *Brachidontes rodriguezii* in a harbor area. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 541.
- Arrighetti, F., Teso, V., & Penchaszadeh, P.E. (2015). Ultrastructure and histochemistry of the digestive gland of the giant predator snail *Adelomelon beckii* (Caeno gastropoda: Volutidae) from the SW Atlantic. *Tissue Cell*, 47(2), 171–177.
- Au, D.W.T. (2004). The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 817–834.

- Aukkanimart, R., Boonmars, T., & Sriraj, P. (2013). Anthelmintic, anti-inflammatory and antioxidant effects of *Garcinia mangostana* extract in *Hamster opisthorchiasis*. *Experimental Parasitology*, *154*, 5–13.
- Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., & Wahli, T., (1999). Histopathology in fish: a proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, *22*, 25–34.
- Ben-Horin, S., Heap, G., Ahmad, T., Kim, H., Kwon, T., & Chowers, Y. (2015). The immunogenicity of biosimilar infliximab: can we extrapolate the data across indications. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol*, *9*, 27–34.
- Benito, D., Ahvo, A., Nuutinen, J., Bilbao, D., Saenz, J., Etxebarria, N., Lekube, X., Izagirre, U., Lehtonen, K.K., Marigómez, I., Zaldibar, B., & Soto, M. (2019). Influence of season-dependent ecological variables on biomarker baseline levels in mussels (*Mytilus trossulus*) from two Baltic Sea subregions. *Science of The Total Environment*, *689*, 1087-1103.
- Blanco-Rayón, E., Guilhermino, L., Irazola, M., Ivanina, A.V., Sokolova, I.M., Izagirre, U., & Marigómez, I. (2019). The influence of short-term experimental fasting on biomarker responsiveness in oil WAF exposed mussels. *Aquatic Toxicology*, *206*, 164-175.
- Borja, A., Elliott, M., Carstensen, J., Heiskanen, A.S., & Bund, V.D.W., (2010). Marine management towards an integrated implementation of the European marine strategy framework and the water framework directives. *Marine Pollution Bulletin*, *60*, 2175–2186.
- Botté, S.E., Freije, R.H., & Marcovecchio, J.E. (2010). Distribution of several heavy metals in tidal flats sediments within Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Water, Air, & Soil Pollution*, *210*, 371-388.
- Brown, R.P., Cristini, A., & Cooper, K.R. (1992). Histopathological alterations in *Mya arenaria* following a fuel oil spill in the Arthur Kill, Elizabeth, New Jersey. *Marine Environmental Research*, *34*, 65-68.

- Brunk, U. & Terman, A. (2002). Lipofuscin: Mechanisms of Age-Related Accumulation and Influence on Cell Function. *Free Radical Biology & Medicine*, 33, 611-619.
- Cajaraville, M.P., Marigómez, J.A., Díez, G., & Angulo, E. (1992). Comparative effects of the water accommodated fraction of three oils on mussels -2. Quantitative alterations in structure of the digestive tubules. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 102, 113-123.
- Canesi, L., Ciacci, C., Betti, M., Fabbri, R., Canonico, B., Fantinati, A., Marcornini, A., & Pojana, G. (2008). Immunotoxicity of carbon black nanoparticles to blue mussel hemocytes. *Environment International*, 34, 1114-1119.
- Chen, C., Sun, W., Liang, Z., Wang, X., Liao, Z., Zhang, X., & Yan, X. (2024) Fasting for long term induce digestive gland dysfunction through apoptosis despite short term salvation by autophagy using mussel model. *Aquaculture Reports*, 35, 2352-5134.
- Chueycham, S., Srisomsap, C., Chokchaichamnankit, D., Svasti, Jisnuson., Hummel, K. , Nöbauer K. , Hekmat, O., Razzazi-Fazeli, E., & Kingtong, S. (2021). Toxicity of DDT to the hooded oyster *Saccostrea cucullata*: Mortality, histopathology and molecular mechanisms as revealed by a proteomic approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 225(3), 112729.
- Costa, P. M., Carreira, S., Costa, M. H., & Caeiro, S. (2013). Development of histopathological indices in a commercial marine bivalve (*Ruditapes decussatus*) to determine environmental quality. *Aquatic Toxicology*, 126, 442-454.
- Cravo, A., Pereira, C., Gomes, T., Cardoso, C., Serafim, A., Almeida, C., Rocha, T., Lopes, B., Company, Medeiros, A., R., Norberto, R., Pereira, R., Araújo, O., & Bebianno, M. J. (2012). A multibiomarker approach in the clam *Ruditapes decussatus* to assess the impact of pollution in the Ria Formosalagoon, south coast of Portugal. *Marine Environment Research*, 75, 23-34.
- David, J.A.O., Salaroli, R.B., & Fontanetti, C.S. (2008). The significance of changes in *Mytella falcata* (Orbigny, 1842) gill filaments chronically exposed to polluted environments. *Micron*, 39, 1293-1299.

- Dimitriadis, V. K., Gougoula, C., Anestis, A., Pörtner, H.O., & Michaelidis, B. (2012). Monitoring the biochemical and cellular responses of marine bivalves during thermal stress by using biomarkers. *Marine Environmental Research*, 73, 70-77.
- Donaghy, L., Hong, H.K., Jauzein, C., & Choi, K.S. (2015). The known and unknown sources of reactive oxygen and nitrogen species in haemocytes of marine bivalve molluscs. *Fish & Shellfish Immunology*, 42(1), 91-97.
- Dumree, V., Kruatrachue, M., Trinachartvanit, W., Tanhan, P., Pokethitiyook, P., & Damrongphol, P. (2012). Bioaccumulation of heavy metals in water, sediments, aquatic plant and histopathological effects on the golden apple snail in Beung Boraphet reservoir, Thailand. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 86, 204-212.
- Dumree, V., Tanhan, P., Kruatrachue, M., Damrongphol, P., & Pokethitiyook, P., (2015). Histopathological changes in snail, *Pomacea canaliculata*, exposed to sub-lethal copper sulfate concentrations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 290-295.
- Galtsoff, P. S. (1964). *The American Oyster Crassostrea virginica Gmelin*. Washington, D.C.: United States Government Printing Office.
- Geiser, F. (2004). Metabolic rate and body temperature reduction during hibernation and daily torpor. *Annual Review of Physiology*, 66, 239-274.
- Geng, Q.Q., Guo, M.M., Wu, H.Y., Peng, J.X., Zheng, G.C., Liu, X.Y., Zhai, Y.X., & Tan, Z.J. (2021). Effects of single and combined exposure to BDE-47 and PFOA on distribution, bioaccumulation, and toxicity in blue mussel (*Mytilus galloprovincialis*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228.
- Gold-Bouchot, G., Sima-Alvarez, R., Zapata-Perez, O., & Guemez-Ricalde, J. (1995). Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the American oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 439-445.
- Gomez-Gil, B., Roque, A., Lacuesta, B., & Rotllant, G. (2010). Diversity of vibrios in the haemolymph of the spider crab *Maja brachydactyla*: Vibrios of the spider crab *Maja brachydactyla*. *Journal of Applied Microbiology*, 109, 918-926.

- Faggio, C., Tsarpali, V. & Dailianis, S. (2018). Mussel digestive gland as a model tissue for assessing xenobiotics. *Science of The Total Environment*, 636, 220-229.
- Faggio, C., Pagano, M., Alampi, R., Vazzana, I., & Felice, M.R. (2016). Cytotoxicity, haemolymphatic parameters, and oxidative stress following exposure to sub-lethal concentrations of quaternium-15 in *Mytilus galloprovincialis*. *Aquatic Toxicology*, 180, 258-265.
- Hietanen, B., Sunila, I., & Kristoffersson, R. (1988). Toxic effects of zinc on the common mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) in brackish water. I. Physiological and histopathological studies. *Annales Zoologici Fennici*, 341-347.
- Jemaà, M., Morin, N., Cavelier, P., Cau, J., Strub, J.M., & Delsert, C. (2014). Adult somatic progenitor cells and hematopoiesis in oysters. *Journal of Experimental Biology*, 17, 3067-3077.
- Jones, H.D., Richards, O.G., & Southern, T.A. (1992). Gill dimensions, water pumping rate and body size in the mussel *Mytilus edulis* L. *Marine Pollution Bulletin*, 155, 213-237.
- Joshya, A., Krupesha, S.R., Mini, K.G., Gangadharan, S. & Pranav, P. (2022). Histopathological evaluation of bivalves from the southwest coast of India as an indicator of environmental quality. *Aquatic Toxicology*, 243, 106076.
- Katalay, S., Yavasoglu, A., Yigitturk, G., Oltulu, F., Sari, G., & Yavasoglu, N.U.K. (2016). Histological effects of pollution on gill and hepatopancreas tissues of black mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Imir bay of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 1460-1466.
- Kovitvadhi, S., Kovitvadhi, U., Sawangwong, P., & Trisaranuwatana, P. (2008). Morphometric relationship of weight and size of cultured freshwater pearl mussel, *Hyriopsis* (*Limnoscapha*) *myersiana*, under laboratory conditions and earthen pond phases. *Aquaculture International*, 17(1), 57-67.
- Li, Y., Qin, J.G., Abbott, C.A., Li, X., & Benkendorff, K. (2007). Synergistic impacts of heat shock and spawning on the physiology and immune health of *Crassostrea gigas* : an explanation for summer mortality in Pacific oysters. *The American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 293, R2353-R2362.

- Liu, M., Li, Q., Tan, L., Wang, L., Wu, F., Li, L., & Zhang, G. (2023). Host-microbiota interactions play a crucial role in oyster adaptation to rising seawater temperature in summer. *Environmental Research*, 216, 114585.
- Lowe, D.M., Moore, M.N. & Readman, J.W. (2006). Pathological reactions and recovery of hepatopancreatic digestive cells from the marine snail *Littorina littorea* following exposure to a polycyclic aromatic hydrocarbon. *Marine Environmental Research*, 61(5), 457-470.
- Maisano, M., Cappello, T., Natalotto, A., Vitale, V., & Parrino, V., (2017) Effects of petrochemical contamination on caged marine mussels using a multi-biomarker approach: Histological changes, neurotoxicity and hypoxic stress. *Mar Environ Res*, 128, 114-123.
- Marigómez, I., Soto, M., Cancio, I., Orbea, A., Garmendia, L., & Cajaraville, M.P. (2006). Cell and tissue biomarkers in mussel, and histopathology in hake and anchovy from Bay of Biscay after the Prestige oil spill (monitoring campaign 2003). *Marine Pollution Bulletin*, 53, 287-304.
- McNamara, J.M., & Houston A.I. 2008. Optimal annual routines: behaviour in the context of physiology and ecology. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 363, 301- 319.
- Morton, B. (1996). The biology and functional morphology of *Minnivola pyxidatus* (Bivalvia: Pectinoidea). *Journal of Zoology*, 240(4), 735–760.
- Nahrgang, J., Brooks, S.J., Evenset, A., Camus, L., Jonsson, M., Smith, T.J., Lukina, J., Frantzen, M., Giarratano, E., & Renaud, P.E. (2013). Seasonal variation in biomarkers in blue mussel (*Mytilus edulis*), Icelandic scallop (*Chlamys islandica*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*): implications for environmental monitoring in the Barents Sea. *Aquatic Toxicology (Amsterdam, Netherlands)*, 127 (9037), 21-35.
- National Economic and Social Development Board. (2016). *Summary the eleventh national economic and social development plan, (2012-2016)* / National Economic and Social Development Board, Office of The Prime Minister.
- Nguyen, T.V. & Alfaro, A.C. (2019). Applications of flow cytometry in molluscan immunology: current status and trends. *Fish & Shellfish Immunology*, 15(7), 97.

- Noleto, K.S., Oliveira, S.R.S., Lima, I.M.A., Jesus, W.B., Castro, J.S., Santana, T.C., Cardoso, R.L., Jorge, M.B., & Silva, D.M. (2021). Biochemical and histological biomarkers in *Crassostrea sp.* (Bivalvia, ostreidae) for environmental monitoring of a neotropical estuarine area (são José bay, northeastern Brazil). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 106, 614-621.
- Ojeda, M., Arrighetti, F., & Giménez, J. (2015). Morphology and cyclic activity of the digestive gland of *Zidona dufresnei* (Caenogastropoda: volutidae). *Malacologia*, 58, 157-165.
- Quayle, D.B., & Newkirk, G.F. (1989). *Farming bivalve molluscs: Methods for study and development*. Canada: The International Development Research Centre.
- Owen, G. (1973). The fine structure and histochemistry of the digestive diverticula of the protobranchiate bivalve *Nucula sulcata*. *Proceeding of the Royal Society of London B*, 183, 249-264.
- Rivera-Ingraham, G.A., Nommick, A., Blondeau-Bidet, E., Ladurner, P., & Lignot, J.H. (2016). Salinity stress from the perspective of the energy-redox axis: Lessons from a marine intertidal flatworm. *Redox Biology*, 10, 53-64.
- Rodríguez-Rúa, A., Arellano, J.M., Canales, M.L.G., Blasco, J., & Sarasquete, C. (2005). Accumulation of copper and histopathological alterations in the oyster *Crassostrea angulata*. *Ciencias Marinas*, 31, 455-466.
- Sarasquete M.C., Polo A., & Gonzalez de Canales M.L. (1993). A histochemical and immunohistochemical study of digestive enzymes and hormones during the larval development of *Sparus aurata* L. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 24, 337-344.
- Sardi, A.E., Sandrini-Neto, L., Cunha Lana, P. da., & Camus, L. (2020) Seasonal variation of oxidative biomarkers in gills and digestive glands of the clam *Anomalocardia flexuosa* and the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae*. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111193.
- Schmitt, P., Rosa, R.D., Dupertuy, M., Lorgeril, de J., Bachère, E., & Destoumieux-Garzón, D. (2012). The antimicrobial defense of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. How diversity may compensate for scarcity in the regulation of resident/pathogenic microflora. *Frontiers in Microbiology*, 3, 160.

- Sharaf, H. M. & Shehata, A. M., (2015). Heavy metals and hydro-carbon concentrations in water, sediments and tissue of *Cyclope neritea* from two sites in Suez Canal, Egypt and histopathological effects. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13, 14–21.
- Sokolova, I. (2018). Mitochondrial Adaptations to Variable Environments and Their Role in Animals' Stress Tolerance. *Integrative and Comparative Biology*, 58 (3), 519-531.
- Soldatov, A.A., Gostyukhina, O.L., & Golovina, I.V. (2007). Antioxidant enzyme complex of tissues of the bivalve *Mytilus galloprovincialis* Lam. under normal and oxidative-stress conditions: a review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 43, 556-562.
- Sunila, I. (1987). Histopathology of mussels (*Mytilus edulis* L.) from the Tvarminne area, the Gulf of Finland (Baltic Sea). *Annales Zoologici Fennici*, 24, 55-69.
- Talley, T.S., Loflen, C., Gossett, R., Pedersen, D., Venuti, N., Nguyen, J., & Gersberg, R. (2022). Contaminant concentrations and risks associated with the Pacific oyster in the highly urbanized San Diego Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113-132.
- Tangsitthi, K. (2019). A Histopathological Study of the Digestive Gland of the Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*) from Different Human-Impacted Habitats in Chonburi Province, Thailand. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 10(1), 30 - 45.
- Usheva, L.N., Vaschenko, M.A., & Durkina, V.B. (2006). Histopathology of the digestive gland of the bivalve mollusc, *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) from southwestern Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, 32, 166-172.
- Valdez Domingos, F.X., Azevedo, M., Silva, M.D., Randi, M.A.F., Freire, C.A., Silva de Assis, H.C., & Oliveira Ribeiro, C.A. (2007). Multibiomarker assessment of three Brazilian estuaries using oysters as bioindicators. *Environmental Research*, 105, 350-363.
- Veltman, J., Stoutjesdijk, M., Mann, R., Huisman, H.J., Barentsz, J.O., Blickman, J.G., & Boetes, C. (2008). Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the breast : the value of pharmacokinetic parameters derived from fast dynamic imaging during initial enhancement in classifying lesions. *European Radiology*, 18(6), 1123-33.

- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E., & Koehler, A. (2007). The use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, *146*(3), 281-300.
- Weinstein, J.E. (1997). Fluranthene-induced histological alterations on oysters, *Crassostrea virginica*: seasonal field and laboratory studies. *Marine Environmental Research*, *43*, 201-218.
- Wu, Y.Y., Tian, W.F., Cheng, C.X., Yang, L., Ye, Q.Q., Li, W.H., & Jiang, J.Y. (2019). Effects of cadmium exposure on metabolism, antioxidant defense, immune function, and the hepatopancreas transcriptome of *Cipangopaludina cathayensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *264*, 115416.
- Zaldibar, B., Cancio, I. & Marigómez, I. (2007). Reversible alterations in epithelial cell turnover in digestive gland of winkles (*Littorina littorea*) exposed to cadmium and their implications for biomarker measurements. *Aquat. Toxicol.*, *81*,183-196.
- Zhang, J., Li, Q., Liu, S., & Yu, H. (2018). The effect of temperature on physiological energetics of a fast-growing selective strain and a hatchery population of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture Research*, *49*, 2844-2851.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

แบบรายงานผลการจรรยาบรรณการวิจัย

## สำเนา



ที่ 004/2566

### ใบรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์

คณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ได้พิจารณาโครงการ

รหัสโครงการ IACUC 005/2566

ชื่อข้อเสนอการวิจัย

ภาษาไทย การศึกษาสภาวะเนื้อเยื่อของหอยนางรมเพื่อพัฒนาดัชนีจุลพยาธิสภาพ  
สำหรับบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทย

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.สุทิน กิ่งทอง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางสาวนัยนชนก เกียรติกุลพงศ์

ส่วนงาน/หน่วยงานที่สังกัด

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทาง  
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา แล้ว เห็นว่ามีความสอดคล้องกับข้อกำหนดการดำเนินการต่อสัตว์  
เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ คณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์  
เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์ ตามโครงการนี้  
ได้

วันที่รับรอง : วันที่ 20 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2566

วันที่หมดอายุ : วันที่ 20 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญา แก้วแก่น)

ประธานคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา

### ภาคผนวก ข

- ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของหอยนางรมปากจیبเป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล
- ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล
- ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกของหอยนางรมปากจیبเป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล
- ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่าง 2 ฤดูกาล
- การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ
- การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_n$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากจیبจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีคุณภาพ ( $I_p$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารของนางรมปากจับเป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล

site	sample of digestive gland																Average	SD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
LAS1	0.46	0.25	0.28	0.30	0.37	0.30	0.26	0.28	0.33	0.25	0.12	0.16	-	-	-	-	0.28	0.07
LAS2	0.35	0.42	0.58	0.46	0.32	0.25	0.44	0.39	0.42	-	0.30	0.42	0.30	0.42	0.33	-	0.38	0.09
SMS1	0.25	0.37	0.28	0.09	0.25	0.21	0.16	0.26	0.26	0.14	0.25	0.18	-	0.25	0.21	0.16	0.22	0.06
SMS2	0.32	-	0.21	-	0.23	0.09	0.26	0.30	0.32	0.33	0.32	0.07	0.39	0.14	-	-	0.25	0.10
SUS1	0.11	0.21	0.21	0.14	0.16	0.26	0.16	0.16	0.16	0.33	0.16	0.16	0.30	0.39	-	-	0.21	0.08
SUS2	0.26	0.23	0.26	0.32	0.35	0.23	0.25	0.33	0.19	0.21	0.33	0.26	0.14	0.05	-	-	0.24	0.08
LOS1	0.33	0.25	0.39	0.30	0.28	0.47	0.39	0.26	0.18	0.18	0.25	0.32	0.23	0.37	-	-	0.30	0.09
LOS2	0.35	-	0.42	0.49	-	0.42	0.40	-	0.35	0.33	0.42	0.39	0.39	0.49	0.32	-	0.40	0.05
CBS1	0.37	0.47	0.65	0.23	0.40	0.37	0.35	0.37	0.44	0.40	0.40	0.32	0.32	0.33	-	-	0.39	0.10
CBS2	0.56	0.63	-	0.65	0.61	0.63	0.47	0.51	0.53	0.46	0.51	0.46	0.44	0.58	0.60	-	0.55	0.07
CRS1	0.40	0.25	0.35	0.28	0.33	0.51	0.35	0.25	0.26	0.49	0.30	0.46	0.40	0.21	-	-	0.35	0.09
CRS2	0.65	0.61	0.60	-	0.68	0.51	0.54	0.68	0.51	0.51	0.56	0.56	0.68	0.61	-	-	0.59	0.07





ตารางที่ 23 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร ในหอยนางรมปากชีกจากพื้นที่แสมสาร จ.ระยอง ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of digestive gland																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Tubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	4	2	6	6	2	6	4	4	6	4	6	6	0	0.76		
	Necrosis	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	Tubular atrophy	3	18	0	12	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0.22		
	Vacuolation	1	6	6	4	6	2	6	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6	0.80		
	<b>sum</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>6</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>	
<b><math>I_h</math></b>				0.25	0.46	0.46	0.08	0.25	0.38	0.17	0.25	0.33	0.21	0.25	0.21	0.50	0.13	<b>0.28</b>	<b>0.12</b>		
Intertubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	2	4	0	0	2	0	0	4	0	0	2	2	4	2	2	0.27		
	Hermocytic aggregates	2	12	4	8	0	0	0	0	0	8	0	0	4	4	0	4	0	0.18		
	Brown granule	1	6	6	4	6	2	6	6	6	6	6	2	6	4	0	6	2	0.76		
	Fibroma	2	12	4	4	4	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	0.13		
	<b>sum</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>
<b><math>I_h</math></b>			0.44	0.56	0.28	0.06	0.22	0.17	0.28	0.28	0.50	0.28	0.06	0.33	0.28	0.11	0.33	0.22	<b>0.27</b>	<b>0.12</b>	
Parasitosis	Bacteria	2	12	0	0	0	4	8	0	0	0	4	4	4	0	0	4	4	0.16		
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>	
	<b><math>I_h</math></b>			0.00	0.00	0.00	0.13	0.27	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.13	<b>0.06</b>	<b>0.08</b>	
Sum		114	28	42	32	10	28	24	18	30	30	16	28	20	28	24	18	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
<b><math>I_h</math></b>			0.25	0.37	0.28	0.09	0.25	0.21	0.16	0.26	0.26	0.14	0.25	0.18	0.25	0.21	0.16	<b>0.22</b>	<b>0.06</b>		





ตารางที่ 26 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากชีกจากพื้นที่หาดสุชาดา จ.ระยอง ฤดูฝน

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of digestive gland																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Tubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	6	6	6	6	6	4	2	6	6	2	2			<b>0.76</b>		
	Necrosis	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			<b>0.00</b>		
	Tubular atrophy	3	18	12	0	0	0	12	0	0	6	0	0	0	0	0			<b>0.12</b>		
	Vacuolation	1	6	6	6	6	2	6	2	6	6	6	6	6	6	0			<b>0.83</b>		
	<b>sum</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>Average</b>	<b>SD</b>	
				0.42	0.25	0.25	0.25	0.50	0.17	0.21	0.29	0.17	0.25	0.25	0.17	0.04			<b>0.24</b>	<b>0.10</b>	
Intertubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2	6	4	2			<b>0.88</b>	
	Hermocytic aggregates	2	12	0	8	0	4	8	4	8	12	0	4	8	8	0	0			<b>0.38</b>	
	Brown granule	1	6	4	0	4	6	2	0	0	2	2	6	4	0	0	2			<b>0.38</b>	
	Fibroma	2	12	0	0	0	0	4	4	4	4	0	0	4	4	0	0			<b>0.12</b>	
	<b>sum</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>Average</b>	<b>SD</b>	
				0.28	0.39	0.28	0.44	0.44	0.39	0.50	0.67	0.22	0.44	0.50	0.11	0.11			<b>0.38</b>	<b>0.16</b>	
Parasitosis	Bacteria	2	12	0	0	8	8	0	4	0	0	4	0	8	0	4	0			<b>0.21</b>	
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			<b>0.00</b>	
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		<b>Average</b>	<b>SD</b>	
	$I_h$			0.00	0.00	0.27	0.27	0.00	0.13	0.00	0.00	0.13	0.00	0.27	0.00	0.13	0.00			<b>0.09</b>	<b>0.11</b>
Sum		114	30	26	30	36	40	26	28	38	22	24	38	30	16	6			<b>Average</b>	<b>SD</b>	
				0.26	0.23	0.26	0.32	0.35	0.23	0.25	0.33	0.19	0.21	0.26	0.14	0.05			<b>0.24</b>	<b>0.08</b>	

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีจุลพยาธิวิทยา ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหาร ในหอยนางรมปากชีกจากพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of digestive gland																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Tubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	4	6	2	4	6	6	6	2	0	0	4	4	6	6	0.74		
	Necrosis	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	Tubular atrophy	3	18	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02		
	Vacuolation	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00		
	<b>sum</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>	
$I_h$			0.25	0.21	0.25	0.17	0.21	0.38	0.25	0.25	0.25	0.17	0.13	0.21	0.21	0.25	0.25	<b>0.23</b>	<b>0.06</b>		
Intertubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	0.98			
	Hermocytic aggregates	2	12	8	12	12	8	12	12	12	12	8	8	8	8	8	12	0.81			
	Brown granule	1	6	0	0	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0.07		
	Fibroma	2	12	0	4	4	8	4	8	4	4	0	0	0	4	0	0	0	0.21		
	<b>sum</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
$I_h$			0.50	0.50	0.67	0.72	0.50	0.78	0.67	0.67	0.39	0.33	0.39	0.50	0.39	0.39	0.50	<b>0.52</b>	<b>0.15</b>		
Parasitosis	Bacteria	2	12	8	0	8	0	4	8	8	8	4	0	0	0	12	0	12	0.38		
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
	$I_h$			0.27	0.00	0.27	0.00	0.13	0.27	0.27	0.27	0.13	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>		
Sum			38	28	44	34	32	54	44	44	30	20	20	28	36	26	42	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
HI			0.33	0.25	0.39	0.30	0.28	0.47	0.39	0.26	0.18	0.18	0.18	0.25	0.32	0.23	0.37	<b>0.30</b>	<b>0.09</b>		



ตารางที่ 29 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรมปากชีกจากพื้นที่อำเภอชะอำ จ. ชลบุรี ตุลาคม

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of digestive gland																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Tubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0.98	
	Necrosis	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
	Tubular atrophy	3	18	0	12	18	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0.17	
	Vacuolation	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00	
	<b>sum</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	12	24	30	12	12	12	12	12	12	12	24	12	10	12	12	12	<b>Average</b>	<b>SD</b>
$I_h$			0.25	0.50	0.63	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.21	0.25	0.25	0.25	0.31	0.12	
intertubular changes	Hemocytic infiltration	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00	
	Hemocytic aggregates	2	12	8	12	8	12	12	12	12	12	12	0	12	12	8	4	4	4	0.81	
	Brown granule	1	6	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0.10	
	Fibroma	2	12	0	0	4	0	0	0	0	0	0	8	4	0	0	8	0	0	0.26	
	<b>sum</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	18	18	26	14	22	18	18	20	18	26	14	22	22	16	18	18	<b>Average</b>	<b>SD</b>
$I_h$			0.50	0.50	0.72	0.39	0.61	0.50	0.50	0.56	0.50	0.72	0.39	0.61	0.61	0.44	0.50	0.50	0.54	0.11	
Parasitosis	Bacteria	2	12	12	12	0	12	12	12	8	12	12	12	8	12	4	8	8	8	0.79	
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	12	12	18	0	12	12	8	12	12	8	12	4	8	8	8	<b>Average</b>	<b>SD</b>	
	$I_h$			0.40	0.40	0.60	0.00	0.40	0.40	0.27	0.40	0.40	0.40	0.27	0.40	0.13	0.27	0.27	0.33	0.15	
	Sum		114	42	54	74	26	46	42	40	42	40	50	46	46	36	36	38	<b>Average</b>	<b>SD</b>	
$I_h$			0.37	0.47	0.65	0.23	0.40	0.37	0.35	0.37	0.44	0.40	0.40	0.40	0.32	0.32	0.33	0.33	0.39	0.10	







ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ยค่าดัชนีคุณภาพ (I<sub>p</sub>) ของเนื้อเยื่อเหงือกหอยนางรมปากจับเป็นรายตัวจาก 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างใน 2 ฤดูกาล

site	sample of gills																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
LAS1	0.29	0.29	0.14	0.26	0.10	0.17	0.19	0.19	0.10	0.21	0.10	0.19	-	-	-	-	0.18	0.05
LAS2	0.60	0.19	0.36	0.40	0.43	0.14	0.14	0.19	0.19	-	0.43	0.36	0.19	0.29	0.43	-	0.31	0.11
SMS1	0.45	0.31	0.14	0.14	0.19	0.50	0.14	0.38	0.26	0.31	0.14	0.29	-	0.14	0.29	0.14	0.26	0.11
SMS2	0.50	-	0.40	-	0.40	0.36	0.67	0.21	0.52	0.36	0.36	0.45	0.26	0.24	-	-	0.39	0.13
SUS1	0.14	0.24	0.33	0.29	0.05	0.14	0.17	0.40	0.36	0.17	0.17	0.17	0.19	0.19	-	-	0.21	0.10
SUS2	0.14	0.26	0.19	0.29	0.21	0.29	0.07	0.19	0.33	0.31	0.21	0.12	0.21	0.21	-	-	0.22	0.07
LOS1	0.55	0.52	0.38	0.43	0.45	0.60	0.57	0.60	0.55	0.38	0.48	0.52	0.45	0.52	-	-	0.50	0.07
LOS2	0.79	-	0.67	0.62	-	0.50	0.67	-	0.57	0.67	0.60	0.67	0.57	0.71	0.71	-	0.64	0.06
CBS1	0.69	0.29	0.33	0.40	0.52	0.26	0.43	0.50	0.57	0.38	0.52	0.57	0.45	0.52	-	-	0.46	0.09
CBS2	0.55	0.52	-	0.52	0.57	0.52	0.48	0.57	0.62	0.55	0.57	0.52	0.52	0.52	0.55	-	0.54	0.03
CRS1	0.52	0.50	0.62	0.57	0.33	0.31	0.21	0.17	0.31	0.48	0.19	0.21	0.38	0.43	-	-	0.37	0.14
CRS2	0.38	0.52	0.26	-	0.40	0.50	0.57	0.62	0.57	0.64	0.52	0.60	0.62	0.52	-	-	0.52	0.11



ตารางที่ 35 ค่าดัชนีคุณภาพ (I<sub>h</sub>) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจึกจากพื้นที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ฤดูฝน

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																I <sub>h</sub>			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD		
Cellular changes	Vacuolation	2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0.88		
	Hemocytic infiltration	3	18	12	0	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0.26	
	Brown granule	2	12	8	4	0	8	8	0	0	4	4	12	0	0	12	12	12	12	12	0	0.43	
	Lamella deformation	1	6	4	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	
	Mucous cell	1	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	
	<b>sum</b>		<b>9</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>0.40</b>	<b>0.17</b>	
<b>I<sub>h</sub></b>																							
Parasitosis	Bacteria	2	12	8	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	12	0	12	12	12	0.38		
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>0.15</b>	<b>0.18</b>		
	<b>I<sub>h</sub></b>																						
Sum			0.27	0.00	0.13	0.00	0.13	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.15	0.18	
<b>I<sub>h</sub></b>			84	50	16	30	34	36	12	12	16	16	16	16	36	30	16	24	36	36	0.31	0.11	
			0.60	0.19	0.36	0.40	0.43	0.43	0.14	0.14	0.19	0.19	0.19	0.19	0.43	0.36	0.19	0.29	0.43	0.43	0.31	0.11	

ตารางที่ 36 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากกึบจากพื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																$I_h$		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD	
Cellular changes	Vacuolation	2	12	8	12	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0.93	
	Hemocytic infiltration	3	18	6	0	0	0	18	0	18	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.24	
	Brown granule	2	12	8	8	0	4	4	0	4	0	8	0	12	0	12	0	0	0	0	0.36	
	Lamella deformation	1	6	0	0	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	
	Mucous cell	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
	<b>sum</b>		<b>9</b>	<b>54</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>Average</b>
$I_h$				0.63	0.48	0.22	0.22	0.30	0.70	0.22	0.59	0.26	0.48	0.22	0.44	0.22	0.44	0.22	0.44	0.22	0.38	0.16
Parasitosis	Bacteria	2	12	4	0	0	0	0	4	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>							
	$I_h$			0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.08
Sum		84	38	26	12	12	16	42	12	32	22	26	12	24	24	12	24	12	24	12	0.26	0.11
$I_h$			0.45	0.31	0.14	0.14	0.19	0.50	0.14	0.38	0.26	0.31	0.14	0.29	0.14	0.29	0.14	0.29	0.14	0.26	0.26	0.11

ตารางที่ 37 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจึกจากพื้นที่แสมสาร จ.ชลบุรี ฤดูฝน

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Cellular changes	Vacuolation	2	12	12	12	12	12	12	0	12	12	12	12	12	12	12	12	0.92			
	Hemocytic infiltration	3	18	18	18	18	18	18	0	18	18	18	18	18	6	0	0	0.78			
	Brown granule	2	12	0	4	0	12	0	8	0	8	0	8	4	8			0.39			
	Lamella deformation	1	6	4	0	0	2	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25			
	Mucous cell	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00			
	<b>sum</b>		<b>9</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>44</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
$I_h$				0.78	0.63	0.63	0.56	0.81	0.11	0.81	0.56	0.56	0.70	0.41	0.37		<b>0.58</b>	<b>0.20</b>			
Parasitosis	Bacteria	2	12	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0.17				
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00				
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>			
	$I_h$			0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.07</b>	<b>0.15</b>			
Sum			84	42	34	34	30	56	18	44	30	30	38	22	20	20	<b>Average</b>	<b>SD</b>			
$I_h$				0.50	0.40	0.40	0.36	0.67	0.21	0.52	0.36	0.36	0.45	0.26	0.24	0.24	<b>0.39</b>	<b>0.13</b>			

ตารางที่ 38 ค่าดัชนีคุณภาพวิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากกบจากพื้นที่หาดสุขลา จ.ระยอง ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Cellular changes	Vacuolation	2	12	8	12	12	0	12	12	12	12	12	12	8	8	8	8	8	0.81		
	Hemocytic infiltration	3	18	0	0	12	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0.12		
	Brown granule	2	12	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10		
	Lamella deformation	1	6	4	4	4	4	0	2	4	2	0	6	2	4	4			0.52		
	Mucous cell	1	6	0	0	0	0	2	0	0	4	2	2	0	4	4			0.21		
	<b>sum</b>	<b>9</b>	<b>54</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
	$I_h$			0.22	0.30	0.52	0.44	0.07	0.22	0.26	0.44	0.48	0.26	0.26	0.19	0.30	0.22	0.30	0.13		
Parasitosis	Bacteria	2	12	0	4	0	0	0	0	4	4	4	0	0	4	0	4	0.12			
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0.02			
	<b>sum</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
	$I_h$			0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.13	0.13	0.00	0.00	0.13	0.00	0.13	0.06	0.10		
	Sum		84	12	20	28	24	4	12	14	34	30	14	14	14	16	16	<b>Average</b>	<b>SD</b>		
	$I_h$			0.14	0.24	0.33	0.29	0.05	0.14	0.17	0.40	0.36	0.17	0.17	0.17	0.19	0.19	0.21	0.10		



ตารางที่ 40 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากก๊ิบจากพื้นที่เกาะลอย จ.ชลบุรี ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																$I_h$	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD
Cellular changes	Vacuolation	2	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0.95		
	Hemocytic infiltration	3	18	18	18	6	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	0.93		
	Brown granule	2	12	0	4	8	8	0	8	4	4	0	0	8	0	0	0	0	0.31		
	Lamella deformation	1	6	6	4	6	2	6	6	4	0	6	6	6	4	6	6	6	0.76		
	Mucous cell	1	6	6	6	4	4	6	2	4	6	4	6	6	6	6	6	6	0.86		
	sum	9	54	42	38	32	36	30	44	40	38	34	34	44	34	44	36	Average	SD		
	$I_h$			0.78	0.70	0.59	0.67	0.56	0.81	0.74	0.70	0.63	0.59	0.67	0.81	0.63	0.67	0.68	0.08		
Parasitosis	Bacteria	2	12	4	0	0	0	8	0	8	12	12	0	4	0	4	8	0.36			
	Protozoans	3	18	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05			
	sum	5	30	4	6	0	0	8	6	8	12	12	0	4	0	4	8	Average	SD		
	$I_h$			0.13	0.20	0.00	0.00	0.27	0.20	0.40	0.40	0.40	0.00	0.13	0.00	0.13	0.27	0.17	0.15		
	Sum		84	46	44	32	36	38	50	48	50	46	32	40	44	38	44	Average	SD		
	$I_h$			0.55	0.52	0.38	0.43	0.45	0.60	0.57	0.60	0.55	0.38	0.48	0.52	0.45	0.52	0.50	0.07		







ตารางที่ 44 ค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจึกจากพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จ.สมุทรปราการ ฤดูแล้ง

Reaction pattern	Alteration	W	Max w	sample of gills																$I_h$							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Average	SD						
Cellular changes	Vacuolation	2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0.95		
	Hemocytic infiltration	3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	0.48	
	Brown granule	2	12	0	4	12	0	0	8	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26	
	Lamella deformation	1	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0.90	
	Mucous cell	1	6	0	2	4	6	6	6	4	6	4	0	0	6	2	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0.50	
	<b>sum</b>		<b>9</b>	54	36	38	48	36	24	26	24	26	18	14	26	36	16	18	32	32	32	32	32	32	32	Average	SD
$I_h$				0.67	0.70	0.89	0.67	0.44	0.48	0.33	0.26	0.48	0.67	0.30	0.33	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.53	0.18	
Parasitosis	Bacteria	2	12	8	4	4	12	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.24		
	Protozoans	3	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
	<b>sum</b>	<b>5</b>	30	8	4	4	12	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Average	SD	
	$I_h$			0.27	0.13	0.13	0.40	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.10	0.11	
Sum			84	44	42	52	48	28	26	18	14	26	40	16	18	32	36	36	36	36	36	36	36	36	Average	SD	
$I_h$				0.52	0.50	0.62	0.57	0.33	0.31	0.21	0.17	0.31	0.48	0.19	0.21	0.38	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.37	0.14	



ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพชีวิต (I<sub>h</sub>) ของเนื้อเชื้อต่อมย่อยอาหาร ในหอยนางรมปากจีบจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ Independent Samples T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของฤดูกาลที่แตกต่างกัน

Group Statistics					
season	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
I <sub>h</sub> 1	83	.288945254703022	.106021280400808	.011637347386354	
2	79	.403730846102598	.154292227884190	.017359231879942	

Independent Samples Test									
Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
Equal variances assumed	12.615	.001	5.542	160	.000	.114785591399576	.020713701558448	-.155693112920736	-.073878069878416
Equal variances not assumed			5.492	137.455	.000	.114785591399576	.020899061836654	-.156110830643031	-.073460352156120

ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพ ( $I_h$ ) ของเนื้อเยื่อต่อมย่อยอาหารในหอยนางรม ปากจับจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ ใน 2 ฤดูกาล โดยการทดสอบทางสถิติ การเปรียบเทียบพหุคูณ ของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของพื้นที่ที่แตกต่างกัน

ANOVA					
$I_h$					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.548	5	.310	27.378	.000
Within Groups	1.764	156	.011		
Total	3.312	161			

$I_h$					
Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
Subset for alpha = 0.05					
site	N	1	2	3	
SU	28	.225563909774436			
SM	27	.231968810916179			
LA	26		.336032388663968		
LO	26		.344129554655871		
CR	27			.465237166991553	
CB	28			.466165413533835	
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26.975.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพชีวิตของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจึกจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่ใน 2 ฤดูกาลโดยการทดสอบทางสถิติ Independent Samples T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของฤดูกาลที่แตกต่างกัน

Group Statistics					
season	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
1	83	.334193918531268	.160773778429483	.017647214815059	
2	79	.432790837854129	.175906426051104	.019791019164524	

Independent Samples Test									
Levene's Test for Equality of Variances					t-test for Equality of Means				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Equal variances assumed	.946	.332	-3.727	160	.000	-.098596919322861	.026457157064559	Lower	Upper
Equal variances not assumed			-3.718	156.959	.000	-.098596919322861	.026516195622664	Lower	Upper

ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบค่าดัชนีจุลพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกในหอยนางรมปากจیبที่เก็บจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง 6 พื้นที่โดยการทดสอบทางสถิติ การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เพื่อศึกษาปัจจัยของพื้นที่ที่แตกต่างกัน

ANOVA					
I <sub>h</sub>					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.717	5	.543	38.353	.000
Within Groups	2.210	156	.014		
Total	4.927	161			

I <sub>h</sub>					
Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
site	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
SU	28	.215986394557823			
LA	26	.251831501831502	.251831501831502		
SM	27		.317460317460317		
CR	27			.443562610229277	
CB	28			.501700680272109	.501700680272109
LO	26				.566849816849817
Sig.		.878	.333	.473	.341
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 26.975.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวนัยนชนก เกียรติกุลพงศ์
วัน เดือน ปี เกิด	25 มีนาคม 2536
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	112/84 หมู่ 1 ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	ครูผู้ช่วย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ครู คศ.1 โรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ครู คศ.2 โรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี เกียรตินิยมอันดับ1 คณะศึกษาศาสตร์ สาขาชีววิทยา จากมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก