โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

Effects of Concentration of Suspended Particles on the Filtration Rate in the Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

ชื่อนิสิต นางสาวมณฑาทิพย์ ลือศิริ **เลขประจำตัว** 5932818623

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

มณฑาทิพย์ ลือศิริ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

Effects of Concentration of Suspended Particles on the Filtration Rate in the Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

Monthathip Luesiri

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ	ผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)
โดย	นางสาวมณฑาทิพย์ ลือศิริ
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก	อาจารย์ ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต ในรายวิชา 2309499 โครงงานวิทยาศาสตร์

..... หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

(อาจารย์ ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี จิตประไพ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิชฌิกา ศิวายพราหมณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุจารี บุรีกุล)

Project Title	Effects of Concentration of Suspended Particles on the Filtration Rate in the Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)
By	Miss Monthathip Luesiri
Field of Study	Marine Science
Advisor	Supanut Pairohakul, Ph.D.
Co-advisor	Associate Professor Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Ph.D.

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's Degree.

..... Head of Marine Science Department

(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph.D.)

PROJECT COMMITTEE

..... Project Advisor

(Supanut Pairohakul, Ph.D.)

..... Project Co-advisor

(Assoc. Prof. Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Ph.D.)

..... Member

(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph.D.)

..... Member

(Asst. Prof. Itchika Sivaipram, Ph.D.)

..... Member

(Sujaree Bureekul, Ph.D.)

ชื่อโครงการ ผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินของแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)
ชื่อนิสิต นางสาวมณฑาทิพย์ ลือศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ
ปีการศึกษา 2562
ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

หอยแมลงภู่ *Perna viridis* เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งทะเลที่ได้รับผลกระทบจากปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาการตอบสนองเชิงสรีระต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของหอยแมลงภู่ *P. viridis* ยังมีการศึกษาน้อย การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยที่มีต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ หอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนและอายุ 6 เดือนถูกทำการปรับสภาพก่อนเริ่มทำการทดลองในน้ำทะเลที่มีระดับความเค็มเท่ากับ 28 psu เป็นระยะเวลาอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ จากนั้นทำการวัดอัตราการกรองกินก่อนเริ่มทำการทดลองและทำการย้ายหอยแมลงภู่ไปยังภาชนะที่มีระดับความเข้มข้นของปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบด้วย 0 (ชุดควบคุม), 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร หอยแมลงภู่จะถูกเลี้ยงอยู่ในตะกอนแขวนลอยที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 20 วัน และทำการวัดอัตราการกรองกินอีกครั้งในวันที่ 15 และหลังสิ้นสุดการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยส่งผลให้อัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอัตราการกรองกินจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของตะกอน โดยหอยแมลงภู่ที่ถูกเลี้ยงในตะกอนความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการกรองกินลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่หอยแมลงภู่ชุดควบคุมอัตราการกรองกินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทั้ง 2 ช่วงอายุ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองทางสรีระในแง่ของอัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* ต่อความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยซึ่งอาจส่งผลให้หอยแมลงภู่มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงหากเผชิญกับภาวะที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สูงในระยะยาว

คำสำคัญ: *Perna viridis* ตะกอนแขวนลอย การกรองกิน

Project Title	Effects of Concentration of Suspended Particles on the Filtration Rate in the Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)
Name	Miss Monthathip Luesiri
Advisor	Supanut Pairohakul, Ph.D
Co-advisor	Associate Professor Thaithaworn Lirdwitayaprasit, Ph.D
Academic Year	2019
Department	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

Green mussel *Perna viridis* is a marine coastal invertebrate that has been affected by an increasing of suspended solid (SS). This study aims to investigate effects of concentration of suspended particles on the filtration rate in the green mussel *P. viridis*, which have commercial and ecological values in marine coastal ecosystems. The two age-classes of the mussels including 2 months and 6 months were individually acclimated at the salinity of 28 psu at least a week prior to the experiment. Then, the filtration rates were measured before they were exposed to the SS treatments. After that, the animals were exposed to the different experimental SS for 20 days. The filtration rate of the mussels was measured on day 15 and day 20 after the exposure to the SS conditions. The results showed that the filtration rate of the mussels decreased with an increasing of the SS concentrations. The filtration rates of the mussels at 250 and 500 mg/l of the SS treatments had significantly lower on day 20 compared with the initial time. While the control group in both two age-classes exhibited a constant rate of the filtration among the sampling times. The results showed that the physiological response of green mussel *P. viridis* to the concentration of SS may resulted in mussel having growth rate decreased. Regarding to the current study, the results demonstrate impacts of high suspended solids which can cause decreased rates of the filtration in *P. viridis*. These changes in the filtration may reflect a deficiency in gill functions and ventilation of the mussels leading to various physiological stresses and reduced growth. Therefore, an increasing of suspended solids in the water column should be considered as one of the threats to filter feeders particularly coastal bivalves.

Keywords: *Perna viridis*, Suspended solids, Filtration rate

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล และรองศาสตราจารย์ ดร.ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำการโครงการ และตรวจสอบแก้ไขโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณสถานีวิจัยประมงศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างหอยแมลงภู่ในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล ที่ให้ความกรุณาในเครื่องวัดความขุ่นในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ คุณอิงอร ทองคำดี ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช รวมถึงขอขอบคุณ คุณอับดุลเล๊าะ สิดิ และ คุณปรีชา เสนสิทธิ์ ที่คอยช่วยเหลือในอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณนางสาวปิ่นมนัส บูชา นางสาวรสนันท์ อัยลา นางสาวมัติกา รื่นรวย นางสาวณัฐนันท์ วาระเพียง และนางสาวณัฐริกา เพชรคง เพื่อนผู้ช่วยเหลือในการไปเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่และช่วยดูแลตัวอย่าง

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน เพื่อน ๆ พี่ ๆ ภายในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในครั้งนี้ และครอบครัวที่คอยช่วยเหลือในการทำการทดลองและเป็นกำลังใจในการทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ครั้งนี้ให้สำเร็จไปได้อย่างดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
Abstract ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญรูป ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ตะกอนแขวนลอย 3
2.2 ผลกระทบที่เกิดจากตะกอนแขวนลอย 4
2.2.1 ผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 5
2.2.2 ผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อหอยสองฝา 6
2.2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ 7
2.3 ชีววิทยาของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* 8
2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป 8
2.3.2 ลักษณะการกรองกิน 9
2.3.3 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ 10
2.3.4 ความสำคัญของหอยแมลงภู่ *P. viridis* 12
บทที่ 3 วิธีการศึกษา 13
3.1 ตัวอย่างสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง 13

3.2 การเตรียมแพลงก์ตอนพืช 13
3.3 การศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกิน 13
3.4 การนับความหนาแน่น *Isochrysis* sp. ในตัวอย่างน้ำ 14
3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 15
บทที่ 4 ผลการศึกษา และอภิปรายผลการศึกษา 16
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 21
5.1 สรุปผลการศึกษา 21
5.2 ข้อเสนอแนะ 21
เอกสารอ้างอิง 22

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 การไหลของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำ 3
รูปที่ 2-2 การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่ง 4
รูปที่ 2-3 โครงสร้างเหงือกที่เกิดความเสียหายหลังจากสัมผัสกับตะกอนเป็นเวลา 7 วัน 7
รูปที่ 2-4 หอยแมลงภู่ *Perna viridis* 8
รูปที่ 2-5 การกระจายตัวของ *Perna viridis* 8
รูปที่ 2-6 รูปแบบของ muscle scar บนเปลือกข้างขวาของ *Perna viridis* 9
รูปที่ 2-7 โครงสร้างเหงือกของหอยสองฝา 10
รูปที่ 2-8 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ในระยะวัยอ่อนจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด 11
รูปที่ 2-9 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ในระยะเจริญพันธุ์จากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด 12
รูปที่ 4-1 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ในแต่ละช่วงเวลา 16
รูปที่ 4-2 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ในแต่ละช่วงเวลา 17
รูปที่ 4-3 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา 18
รูปที่ 4-4 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา 18
รูปที่ 4-5 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา 19
รูปที่ 4-6 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา 19

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลของผลกระทบจากตะกอนแขวนลอยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 5

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids) ในพื้นที่ชายฝั่งมีค่าสูงขึ้น ซึ่งการกระจายตัวของตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ชายฝั่งนั้นอาจมาจากการปล่อยน้ำจากแม่น้ำ และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ การไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้นอาจจะเพิ่มระดับของตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (Cheung และ Shin, 2005) ผลกระทบจากปริมาณตะกอนแขวนลอยจึงเป็นสาเหตุสำคัญอย่างยิ่งที่นำไปสู่ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำที่สูงขึ้น และทรัพยากรด้านการประมงที่ลดลง (Bilotta และ Brazier, 2008) บริเวณที่มีการเลี้ยงหอยส่วนใหญ่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลทำให้ได้รับผลกระทบจากปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สูงอาจทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไปจากการสะสมความเป็นพิษต่าง ๆ ในตะกอน และส่งผลให้เกิดการตายของสิ่งมีชีวิตหน้าดิน

หอยแมลงภู่ *Perna viridis* เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่ง สามารถพบได้ในหลายพื้นที่ทั้งบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ไปจนถึงบริเวณที่มีน้ำท่วมถึงตลอดเวลาในช่วงเวลาน้ำขึ้น โดยมีการกระจายตัวตลอดแนวชายฝั่งอินโดแปซิฟิก (Siddall, 1980) หอยแมลงภู่ *Perna viridis* จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมาก เป็นสิ่งมีชีวิตที่สำคัญในการหมุนเวียนพลังงาน สารอาหาร และตะกอนทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างมวลน้ำและพื้นท้องน้ำ หอยแมลงภู่มีลักษณะการกินอาหารแบบกรองกิน ส่วนใหญ่กินสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนเป็นอาหาร นอกจากนี้หอยแมลงภู่ *Perna viridis* ยังมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจเนื่องจากเป็นสัตว์ทะเลเศรษฐกิจ ผู้คนนิยมบริโภคเป็นอาหาร และเป็นหนึ่งในกลุ่มหอยสองฝาที่สำคัญ โดยมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในอินเดียและประเทศในพื้นที่เขตร้อน (Nayar, 1980) นอกจากนี้อุตสาหกรรมการเลี้ยงหอยยังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการศึกษาการกินอาหารของหอยแมลงภู่พบว่าประสิทธิภาพในการกรองกินอาหารของหอยขึ้นกับลักษณะเชิงโครงสร้างของเหงือกและประสิทธิภาพการทำงานของเหงือกซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกรองกินอาหาร

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* ทั้งในด้านนิเวศวิทยาและด้านเศรษฐกิจ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งเน้นศึกษานิเวศวิทยาและการตอบสนองต่อโลหะหนัก แต่ยังขาดการศึกษาด้านอัตราการกรองกินโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีต่ออัตราการกรองกินและโครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกิน เพื่อทราบผลของตะกอนแขวนลอยต่อการกินอาหารหอยแมลงภู่ *Perna viridis* ผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาชีวประวัติ ชีววิทยา และการพัฒนาการเลี้ยงหอยแมลงภู่ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยที่มีต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ศึกษาในหอยแมลงภู่ *P. viridis* จากศูนย์วิจัยประมงศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดชลบุรี โดยศึกษาอัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* เมื่อหอยแมลงภู่สัมผัสกับตะกอนเป็นเวลา 20 วัน และแบ่งระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ใช้ในการศึกษาเป็น 3 ระดับ คือ 0, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านชีววิทยาการกินอาหารของหอยแมลงภู่ต่อความเข้มข้นของตะกอนโดยเฉพาะอัตราการกรองกิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการศึกษาชีววิทยาและนิเวศวิทยาของหอยแมลงภู่และสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ซึ่งจัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจในอนาคต

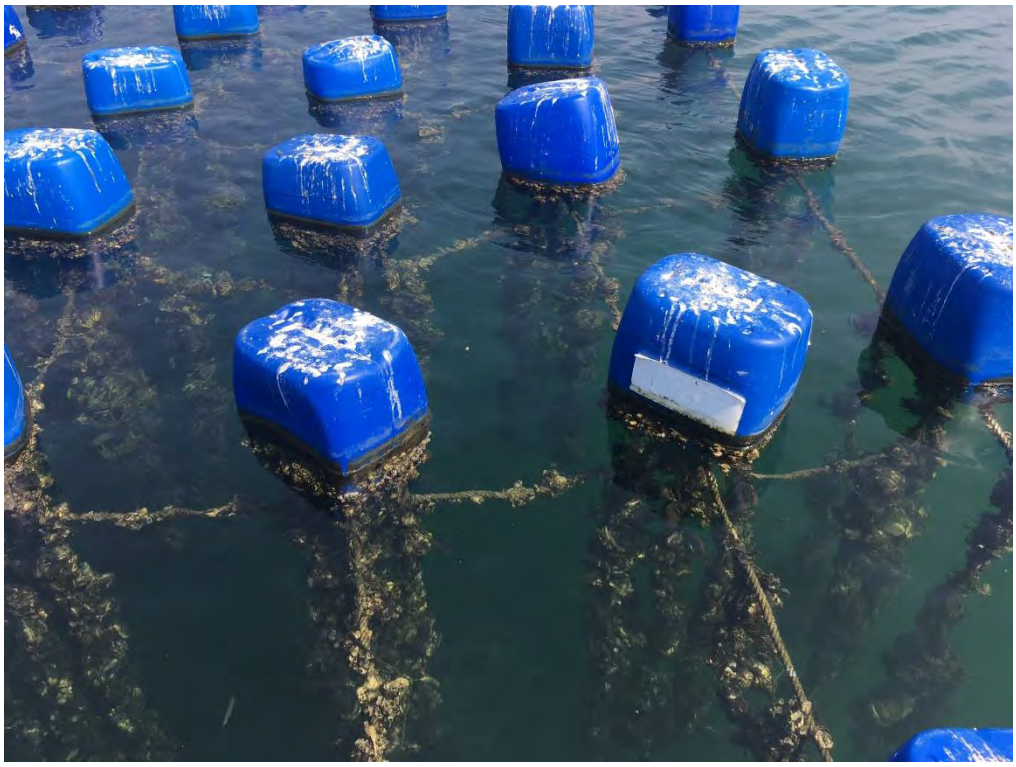
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตะกอนแขวนลอย

ตะกอนแขวนลอย หรือ Suspended solids (SS) คืออนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 ไมโครเมตรที่พบในมวลน้ำ โดยตะกอนแขวนลอยนั้นเกิดจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ตะกอนแขวนลอยในบริเวณชายฝั่งทะเลมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการพังทลายของดินและหินในลักษณะของการผุพัง กัดกร่อนและพัดพาเกิดขึ้นจากน้ำฝนที่ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งสามารถละลายหินคาร์บอเนตส่วนหนึ่งที่จะเกิดเป็นตะกอนแขวนลอยเคลื่อนไปตามกระแสน้ำ นอกจากนี้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในแหล่งน้ำธรรมชาติยังรวมถึงสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ขนาดเล็กอื่น ๆ รวมทั้งแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ และคณะ, 2562) การกระจายตัวของตะกอนแขวนลอยไปยังพื้นที่ชายฝั่งส่วนใหญ่มาจากการไหลของน้ำท่าซึ่งการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้นอาจจะเพิ่มระดับของตะกอนแขวนลอยในมวลน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (Cheung และ Shin, 2005) (รูปที่ 2-1) อีกทั้งตะกอนแขวนลอยยังเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ชัดเจน

รูปที่ 2-1 การไหลของตะกอนแขวนลอยบริเวณปากแม่น้ำ
(https://www.sperdirect.com/turbidity.html)

จากการศึกษาของ ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ (2528) ได้ศึกษาปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำต่าง ๆ ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 25 – 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในปัจจุบันบริเวณชายฝั่งทะเลมีแนวโน้มเสื่อมโทรมลงจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การขุดลอกร่องน้ำ และการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง ทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงขึ้นจนส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำรวมทั้งหอยแมลงภู่ที่มีการเพาะเลี้ยงอย่างกว้างขวางในบริเวณชายฝั่ง (รูปที่ 2-2) จากรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงสุด 1,016 มิลลิกรัมต่อลิตรในเดือนสิงหาคม 2562 (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2562)



รูปที่ 2-2 การเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่ง

2.2 ผลกระทบที่เกิดจากตะกอนแขวนลอย

ผลกระทบจากปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นสาเหตุสำคัญอย่างยิ่งที่นำไปสู่ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำที่สูงขึ้น และทรัพยากรด้านการประมงที่ลดลง (Bilotta และ Brazier, 2008) ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สูงมากสามารถส่งผลต่อระบบนิเวศ สารแขวนลอยในน้ำจะไปบดบังการส่งผ่านของแสงลงสู่น้ำ ส่งผลโดยตรงกับผลผลิตเบื้องต้นในน้ำจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช หากมีในปริมาณสูงมากจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เช่น การอุดตันตามช่อง

เหงือกทำให้ระบบหายใจผิดปกติ ทำให้สัตว์น้ำวัยอ่อนเจริญเติบโตช้า (ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ และคณะ, 2562) และทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตหรือความอุดมสมบูรณ์เปลี่ยนไปจากการตกตะกอนทับสัตว์หน้าดิน หรือสะสมความเป็นพิษต่าง ๆ ในตะกอน ส่งผลให้เกิดการตายของสิ่งมีชีวิตในทะเล (Cheung และ Shin, 2005)

2.2.1 ผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

ตะกอนแขวนลอยสามารถส่งผลกระทบต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในขณะที่ตะกอนแขวนลอยไหลผ่านทางช่องเหงือกหรือช่องว่างต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำลายอวัยวะที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจหรือทำให้สิ่งมีชีวิตถูกโจมตีจากผู้ล่ามากขึ้น (Bilotta และ Brazier, 2008) จากการศึกษาหลาย ๆ การศึกษาพบว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นนั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จากการศึกษาของ White และ Gammon (1976) พบว่า การเพิ่มขึ้นของตะกอนแขวนลอยทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลง (drift rate) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ในด้านความอุดมสมบูรณ์มีการลดลงมากกว่า 95% โดยความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลง (drift rate) เป็นสองเท่าตลอดช่วงการควบคุม ซึ่งเป็นการตอบสนองเชิงพฤติกรรม การเพิ่มขึ้นของอัตราการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นจากตะกอนแขวนลอยมากกว่าตะกอนที่ทับถม และส่งผลให้จำนวนประชากรลดลงในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 25–90% (Gammon, 1970) จากการศึกษาของ Nuttall และ Bielby (1973) พบว่าจำนวนประชากรลดลงหรือสิ่งมีชีวิตนั้นหายไป ความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังลดลง (Quinn et al., 1992) และยังส่งผลให้เกิดการลดลงของความอุดมสมบูรณ์และ richness ของสัตว์เหล่านั้น (Shaw และ Richardson, 2001) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังนั้นจะส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร (Bilotta และ Brazier, 2008) การศึกษาเกี่ยวกับผลของผลกระทบจากตะกอนแขวนลอยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

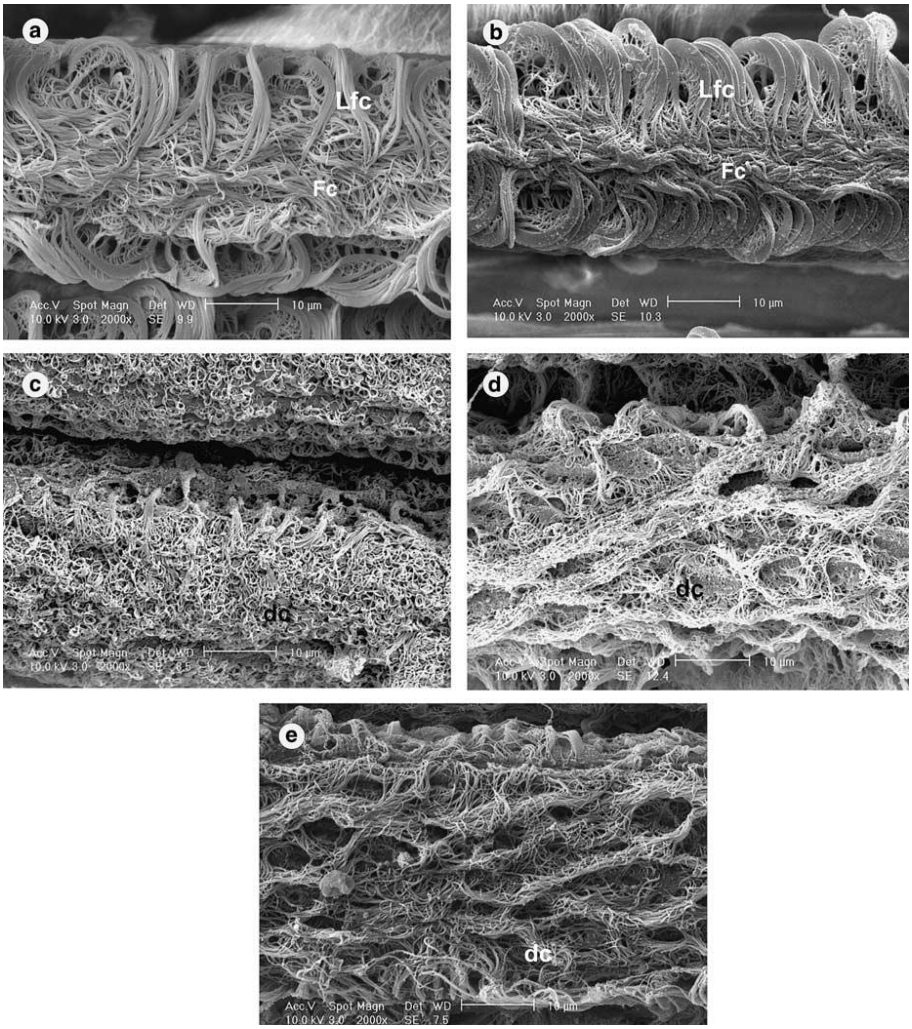
ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลของผลกระทบจากตะกอนแขวนลอยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

สิ่งมีชีวิต	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	ประเทศ	อ้างอิง
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 25 – 90%	สหรัฐอเมริกา	Gammon (1970)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่	สัตว์ไม่มีกระดูกสันเกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นสองเท่า	สหรัฐอเมริกา	White และ Gammon (1976)

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังลดลง 26%	นิวซีแลนด์	Quinn et al. (1992)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ประชากรมีจำนวนลดลงหรือหายไป	อังกฤษ	Nuttall และ Bielby (1973)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเกิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 7 เท่า	ออสเตรเลีย	Doeg และ Milledge (1991)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ความมอุดมสมบูรณ์และ richness ลดลง	แคนาดา	Shaw และ Richardson (2001)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	อัตราการตายไม่เพิ่มขึ้น	นิวซีแลนด์	Suren et al. (2005)
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน	อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเพิ่มขึ้น	แคนาดา	Rosenberg และ Wiens (1978)

2.2.2 ผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อหอยสองฝา

หอยสองฝาส่วนใหญ่มักจะมีการกินอาหารในลักษณะกรองกิน ทำให้ตะกอนแขวนลอยสามารถเข้าไปปกคลุมหรืออุดตันเหงือกได้ จากการศึกษาของ Yonge (1962) พบว่าหอยนางรมที่มีการให้อาหารที่มีความเข้มข้นสูงมาก ส่งผลให้เหงือกถูกปกคลุมไปด้วยอนุภาคต่าง ๆ ของอาหาร ทำให้เหงือกไม่สามารถรับอาหารเข้ามาและถูกขับออกไปในรูปของ Psuedofeces เนื่องจากกลไกการคัดแยกอาหารของเหงือกถูกใช้งานมากเกินไป (Ali, 1970) ซึ่งทำให้น้ำยากที่จะผ่านเข้าไปยังเหงือกส่งผลให้ความสามารถในการกรองกินลดลง นอกจากนี้ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูงยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและเนื้อเยื่อของเหงือก โดย Cheung และ Shin (2005) พบว่าเหงือกของหอยแมลงภู่เกิดความเสียหายทั้งด้าน frontal และ abfrontal ของ gill filament ตลอดจนการหายไปของ cilia ทั้งสองด้านของโครงสร้างเหงือก หลังจากหอยเผชิญกับตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500, 750 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูป 2-3



รูปที่ 2-3 โครงสร้างเหงือกที่เกิดความเสียหายหลังจากสัมผัสกับตะกอนเป็นเวลา 7 วัน (Cheung and Shin, 2005)

2.2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลกระทบของตะกอนแขวนลอยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

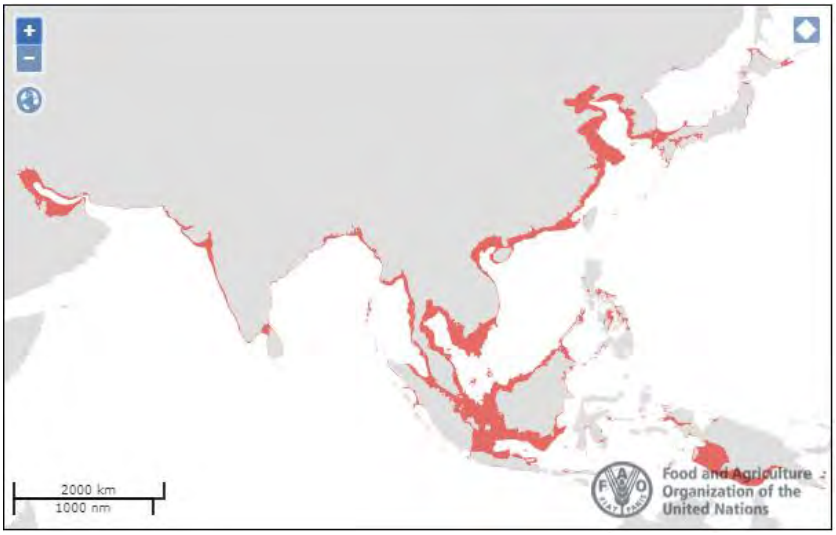
ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากตะกอนแขวนลอยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตสัมผัสกับตะกอนแขวนลอย สารเคมีและองค์ประกอบของตะกอนแขวนลอยและการกระจายขนาดอนุภาคของตะกอนแขวนลอย (Bilotta และ Brazier, 2008) ซึ่งความรุนแรงของผลกระทบจะขึ้นกับปัจจัยทั้งหมด โดยแตกต่างกันระหว่างสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมทำให้ยากที่จะคาดการณ์ผลกระทบของปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง แต่ระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตสัมผัสกับตะกอนแขวนลอยและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำด้วย

2.3 ชีววิทยาของหอยแมลงภู่ *Perna viridis*

2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป

หอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) หรือ Asian green mussel (รูปที่ 2-4) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังซึ่งจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา (Mollusca) ชั้นไบวาลเวีย (Bivalvia) อันดับไมทิโลอิดา (Mytiloida) วงศ์ไมทิลิเดอิ (Mytilidae) มีถิ่นอาศัยอยู่ตามชายฝั่งอินเดียและภูมิภาคอินโดแปซิฟิกตั้งแต่ประเทศญี่ปุ่นไปจนถึงนิวกินีและทางตะวันตกของอ่าวเปอร์เซียไปจนถึงหมู่เกาะแปซิฟิกทางใต้ (Siddall, 1980; Tan และ Ransangan, 2016) (รูปที่ 2-5) พบในบริเวณที่มีความเค็มตั้งแต่ 18 – 33 ppt และอุณหภูมิ 11 – 32 องศาเซลเซียส (Segnini de Bravo et al.,1998) สามารถอาศัยอยู่ได้ลึกถึง 10 เมตร และอยู่ในความหนาแน่นได้มากสุด 3,500 ตัวต่อตารางเมตร

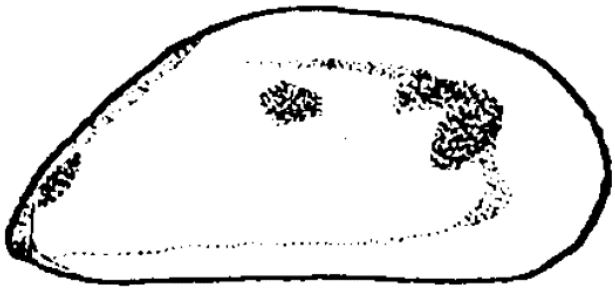
รูปที่ 2-4 หอยแมลงภู่ *Perna viridis*
(http://aquafind.com/articles/Status-Of-Mussel-Culture-In-India.php)



รูปที่ 2-5 การกระจายตัวของ *Perna viridis*
(http://www.fao.org/fishery/species/2691/en)

หอยแมลงภู่ *P. viridis* จะมีเพศแยก (diecious) และมีการปฏิสนธิภายนอก โดยทั่วไปหอยแมลงภู่ *P. viridis* จะวางไข่ปีละสองครั้งระหว่างต้นฤดูใบไม้ผลิและปลายฤดูใบไม้ร่วง (Rajagopal et al., 1998) แต่ในประเทศฟิลิปปินส์และไทยมีการวางไข่ได้ตลอดทั้งปี หอยแมลงภู่ *P. viridis* เป็นหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่มีความยาวประมาณ 80-100 มิลลิเมตร และอาจยาวถึง 165 มิลลิเมตร (NIMPIS, 2002) โดยทั่วไปมีอายุประมาณ 3 ปี ในวัยอ่อนจะมีเปลือกสีเขียวหรือสีเขียวน้ำเงิน และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อมีอายุมากขึ้น (Siddall, 1980)

เปลือกยาวลักษณะเป็นรูปไข่มีปลายเรียวแหลมที่ด้านหน้า หรือ Umbo เปลือกทั้งสองข้างประกบกันโดยมี hinge ligament ยึดไว้อยู่ทางด้านหน้า มีกล้ามเนื้อยึดใช้ในการเปิด-ปิดเปลือกหอยเป็นรูปไตขนาดใหญ่เรียกว่า adductor muscle และจะเกิดรอยบนเปลือกด้านในตรงบริเวณที่มีกล้ามเนื้อยึดไว้ เรียกว่า Scar ในหอยแมลงภู่ *P. viridis* จะพบเพียงแค่ Posterior adductor muscle เป็นรูปไตขนาดใหญ่ แต่พบ Scar 2 ที่ทั้งบริเวณ Anterior adductor muscle และ Posterior adductor muscle (Quayle และ Newkirk, 1989) (รูปที่ 2-6) หอยแมลงภู่เป็นหอยสองฝาที่มีลักษณะการอาศัยโดยการยึดตัวติดกับพื้นผิวโดยใช้ Byssus thread เป็นตัวยึดเกาะ มีร่องอยู่บริเวณด้านท้องซึ่งอยู่ติดกับช่องของ Byssus (byssal pit) เท้าของหอยแมลงภู่มีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีนัก มีขนาดเล็กรูปร่างคล้ายลิ้น



รูปที่ 2-6 รูปแบบของ muscle scar บนเปลือกข้างขวาของ *Perna viridis* (Siddall, 1980)

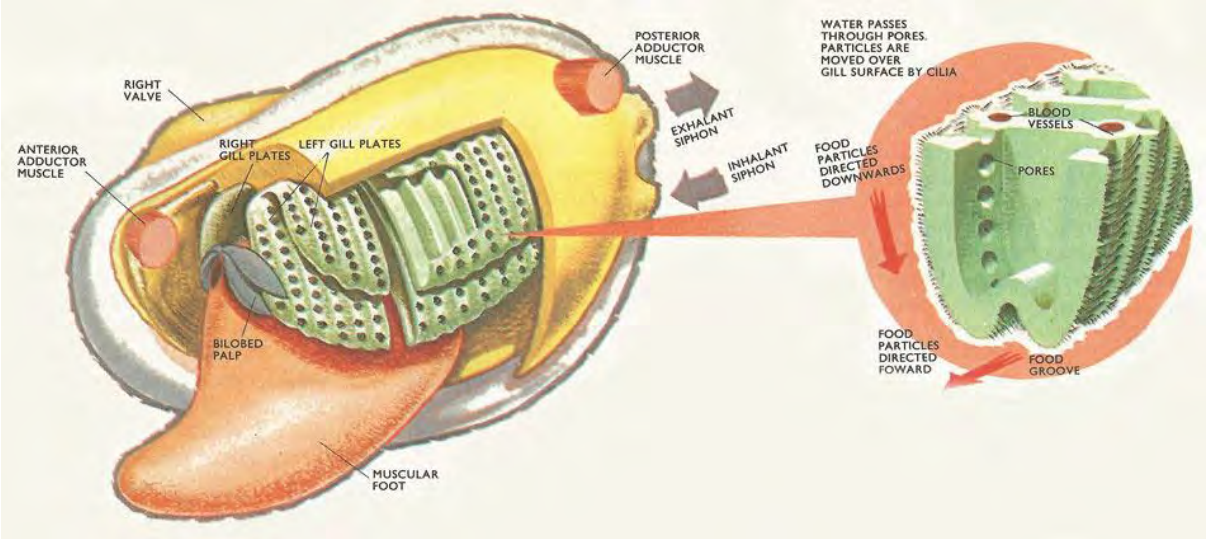
2.3.2 ลักษณะการกรองกิน

หอยแมลงภู่ *P. viridis* เป็น cilliary-mucus suspension feeder หรือมีลักษณะการกินอาหารแบบกรองกินโดยมี cilia และเมือกช่วยในการโบกพัดและจับอาหารทำให้หอยแมลงภู่ได้รับสารอาหารที่จำเป็นจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งหอยแมลงภู่และหอยสองฝามีความสามารถในการกรองกินสูง ในหอยแมลงภู่ เหงือกและ cilia มีความเกี่ยวข้องกับการนำน้ำเข้า จับอาหารรวมทั้งขนส่งอาหารเข้าร่างกาย (Morton, 1983) โดยน้ำทะเลจะไหลเข้ามาทาง Inhalant Siphon ก่อนจะผ่านเหงือกซึ่งที่เหงือกของหอยแมลงภู่จะมี gill filaments หรือซี่กรองไว้กรองและจับอาหารหรืออนุภาคขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำทะเล เช่น แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และสารอินทรีย์อื่น ๆ ในมวลน้ำ โดยหอยแมลงภู่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กได้จนถึงเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด

0.46 ไมโครเมตร (Vakily, 1989) หอยแมลงภู่จะปล่อยเมือกออกมาเพื่อช่วยในการจับอาหารที่ติดอยู่บนชี่กรอง หลังจากนั้นจะใช้ cilia โบกพัดก้อนอาหารให้เคลื่อนที่เข้าไปด้านใน และก้อนอาหารจะถูกกวาดต้อนเข้าปากโดย labial palps ที่จะทำหน้าที่ควบคุมการนำอาหารเข้าปาก และยังคัดอนุภาคขนาดใหญ่หรือสิ่งแปลกปลอม เช่น Psuedofeces ออกทาง Exhalant Siphon พร้อมกับมวลน้ำ (Rajagopal et al., 2006) อัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* จะขึ้นกับขนาดตัว อุณหภูมิ และความเค็ม ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิ 30 °C และความเค็ม 30 – 35 ppt (Rajagopal, 1991) และจากการศึกษาของ Wong และ Cheung (1999) พบว่า *P. viridis* มีอัตราการดูดซึมสารอินทรีย์สูงสุด 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอัตราการดูดซึมได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นและคุณค่าของสารอาหารรวมทั้งชนิดและสายพันธุ์ของแพลงก์ตอน (Ren et al., 2000) โดยที่ประสิทธิภาพในการกรองกินอาหารของหอยแมลงภู่ขึ้นกับลักษณะเชิงโครงสร้างและประสิทธิภาพการทำงานของเหงือกซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกรองกินอาหาร

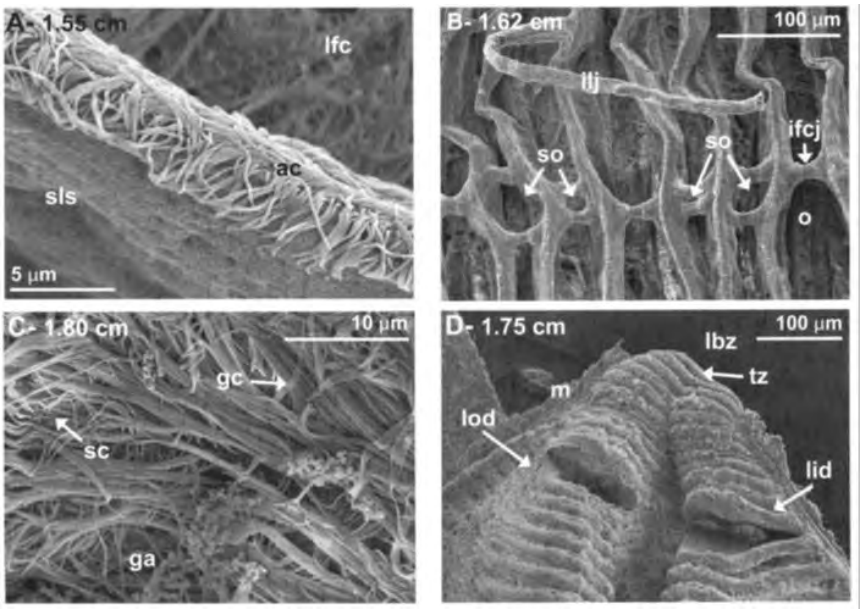
2.3.3 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่

ในหอยสองฝาที่มีลักษณะการกินอาหารแบบกรองกิน เหงือกมีความสำคัญอย่างมากเป็นตัวกลางระหว่างสิ่งแวดล้อมล้อมกับอวัยวะภายใน (Cannuel et al., 2009) พบเหงือกครั้งแรกในระยะตัวอ่อน (pediveliger) และความซับซ้อนของโครงสร้างและการทำงานของเหงือกเพิ่มขึ้นจนชัดเจนในระยะ Juvenile เหงือกของหอยสองฝานั้นมีลักษณะเป็นเหงือกโบราณ (ctenidia) คล้ายกับเหงือกหอยที่มีวิวัฒนาการต่ำ (รูปที่ 2-7) โดยมีเส้นใย (gill filament) ยาวในแต่ละด้านของแกนกลางและพับกลับเข้าหาแกนกลางเป็นรูปดับเบิลยู (W) เส้นใยจะวางเรียงตัวอยู่ข้างกันและก่อตัวเป็นแผ่น lamellae ที่มีท่อน้ำแนวตั้งจำนวนมากอยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็นตะแกรงขนาดเล็กของรูน้ำเข้า (ostia) ป้องกันอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ผ่าน lamellae และเข้าไปยัง epibranchial

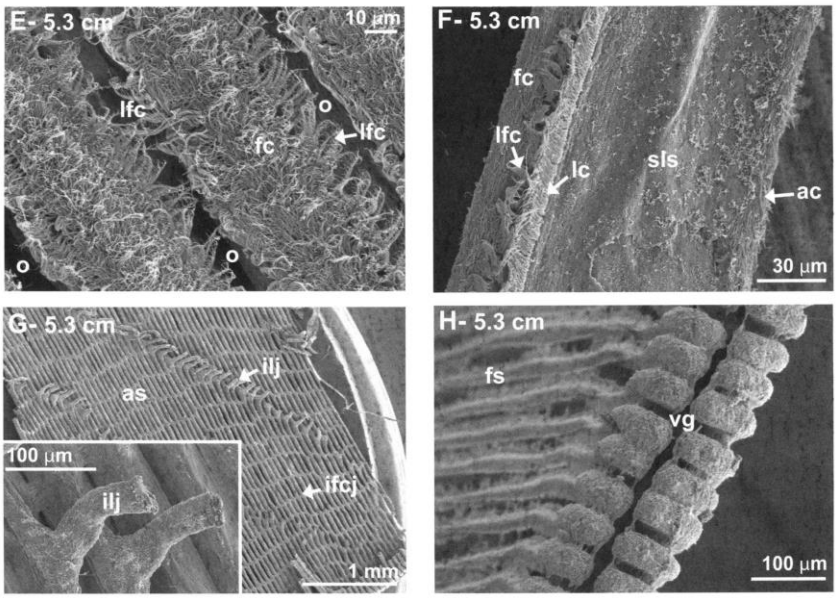


รูปที่ 2-7 โครงสร้างเหงือกของหอยสองฝา
(https://www.daviddarling.info/encyclopedia/B/bivalve.html)

เมื่อศึกษาโครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบว่า ในระยะวัยอ่อน (Juvenile) อายุประมาณ 1 – 2 เดือน และระยะเจริญพันธุ์ (Adult) มีการพัฒนาและการเติบโตของเหงือกตลอดช่วงตัวทั้งด้านขวาและด้านซ้าย (รูปที่ 2-8 (D)) บริเวณ gill filament ประกอบด้วย frontal cilia, latero-frontal cirri, lateral cilia และ abfrontal cilia (รูปที่ 2-8 (A) และรูปที่ 2-9 (E)) ที่บริเวณ cilia จะพบ frontal ciliary tract และ abfrontal ciliated band ตั้งแต่ระยะวัยอ่อนเป็นต้นไป (รูปที่ 2-9 (F)) ventral grooves หรือ ร่องหน้าท้อง ถูกปิดสนิท สามารถมองเห็นได้แต่ภายนอกเท่านั้น (รูปที่ 2-9 (H)) ที่บริเวณ gill arches และ gill filament พบ simple cilia อยู่เป็นกลุ่มชัดเจนยาวตลอดแนวแกน frontal และ abfrontal (รูปที่ 2-8 (C)) และพบแผ่นกั้นระหว่าง frontal, latero-frontal และ lateral ciliations จาก abfrontal ciliation ในระยะเจริญพันธุ์ ที่ด้าน abfrontal พบ abfrontal ciliation มีขนาดกว้างมากขึ้นเมื่อใกล้กับ interlamellar tissue junctions และ interfilamentar ciliary junctions และมีการแยกส่วนเนื้อเยื่อ interlamellar ในแนวทแยงมุมซึ่งอยู่ที่ด้านท้องของ gill lamellae (รูปที่ 2-9 (G)) ที่บริเวณเหงือกจะพบ ostia ที่ถูกคั่นด้วย interfilamentar ciliary junctions (รูปที่ 2-9 (G)) ใกล้กับ ventral grooves แกนเหงือก และบริเวณกลางเหงือกตามลำดับ (รูปที่ 2-8 (B))



รูปที่ 2-8 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ในระยะวัยอ่อนจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Cannuel et al., 2009)



รูปที่ 2-9 โครงสร้างเหงือกของหอยแมลงภู่ในระยะเจริญพันธุ์จากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Cannuel et al., 2009)

2.3.4 ความสำคัญของหอยแมลงภู่ *P. viridis*

หอยแมลงภู่ *P. viridis* มีความสำคัญอย่างมากทั้งในด้านเศรษฐกิจและนิเวศวิทยา นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เป็นทรัพยากรประมงชายฝั่งที่สำคัญ ผู้คนนิยมบริโภคเป็นอาหารจึงเป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญ และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการจับทั้งจากธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยง และเป็นหนึ่งในกลุ่มหอยสองฝาที่สำคัญ โดยมีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในอินเดียและประเทศในพื้นที่เขตร้อน (Nayar, 1980)

หอยแมลงภู่ *P. viridis* จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมาก เป็นสิ่งมีชีวิตที่สำคัญในการหมุนเวียนพลังงาน สารอาหารและตะกอนทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างมวลน้ำและพื้นท้องน้ำ หอยแมลงภู่มีลักษณะการกินอาหารแบบกรองกิน ส่วนใหญ่กินสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนเป็นอาหาร เช่น *Isochrysis galbana*, *Skeletonema costatum* และ *Chlorella autotrophica* ทำให้ได้สารอาหาร เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) จากแพลงก์ตอนหรือสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เมื่อหอยแมลงภู่ถูกเก็บเกี่ยว สารอาหารเหล่านี้จะถูกนำออกจากระบบและนำกลับมาใหม่ในรูปของชีวมวลของหอยแมลงภู่ ในหลาย ๆ ประเทศมีการใช้บริการจากระบบนิเวศ (Ecosystem service) ของหอยแมลงภู่ เพื่อใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำ และใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อตรวจสอบสุขภาวะของสภาพแวดล้อมในน้ำ

บทที่ 3 วิธีการศึกษา

การศึกษาผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินและโครงสร้างทางเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกหอยแมลงภู่ *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) ได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติการใช้สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Protocol Review No. 2023004)

3.1 ตัวอย่างสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

หอยแมลงภู่ *Perna viridis* ถูกลำเลียงจากสถานีวิจัยประมงศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดชลบุรี มายังภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิประมาณ 29 องศาเซลเซียส โดยลำเลียงมาในกล่องโฟมขนาดใหญ่ บรรจุหอยแมลงภู่ 9 ตัวต่อกล่อง หอยแมลงภู่ที่ใช้ในการทดลองมีสองขนาด ได้แก่ หอยแมลงภู่อายุ 2 เดือน และ 6 เดือน โดยมีความยาวเท่ากับ 2 และ 6-7 เซนติเมตร ตามลำดับ ก่อนเริ่มทำการทดลองทำการพักตัวอย่างสัตว์ทดลองเพื่อให้สัตว์ทดลองลดความเครียดจากการเดินทางและให้สัตว์เกิดการปรับตัวกับสภาพของสถานที่เลี้ยง โดยทำการเลี้ยงหอยแมลงภู่ในกล่องพลาสติกของระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบคอนโด ขนาด 27 x 37 x 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยจะทำการบรรจุหอยแมลงภู่เพียงหนึ่งตัวต่อกล่อง น้ำทะเลที่ใช้ในการทดลองถูกเตรียมจากเกลือทะเลสังเคราะห์ ความเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 28 psu อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 26-30 องศาเซลเซียส และทุกกล่องพลาสติกจะถูกปั๊มอากาศลงสู่น้ำตลอดเวลา ทำการพักตัวอย่างสัตว์ทดลองก่อนทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน ตลอดระยะเวลาของการพักตัวอย่างสัตว์ทดลอง ทำการให้สาหร่าย *Isochrysis* sp. ความหนาแน่น 9 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นอาหารโดยให้อาหารทุก 2 วันในช่วงเวลา 13.00-17.00 น. หลังจากช่วงเวลาของการให้อาหารทำการดูดตะกอนที่เกิดขึ้น น้ำทะเลในแต่ละกล่องพลาสติกถูกเปลี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ในทุก ๆ วัน

3.2 การเตรียมแพลงก์ตอนพืช

นำ *Isochrysis* sp. จากห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอน มาเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ให้มีหนาแน่น โดยใช้สูตรอาหารเลี้ยง medium T1 (Ogata et al., 1987)

3.3 การศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกิน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินและโครงสร้างทางเนื้อเยื่อวิทยาของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* โดยหลังจากทำการพักตัวอย่างเป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อให้

สัตว์ทดลองปรับตัวและเกิดความเคยชินกับระบบการเลี้ยงและภาชนะที่ใช้เลี้ยง หอยที่ทำการทดลองจะถูกนำไปหาค่าอัตราการกรองกิน โดยจะนำไปใส่ในถังขนาด 27 x 37 x 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีน้ำทะเลกรองความเค็ม 28 psu ปริมาตร 2 ลิตร ประมาณ 30 นาที เพื่อให้หอยปรับสภาพ จากนั้นเติมสาหร่าย *Isochrysis* sp. 500 มิลลิลิตรลงไป ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในทุกกล่องทดลองปริมาณ 1 มล. ณ นาทีที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 90 ตามลำดับใส่ใน micro centrifuge tube และรักษาสภาพสาหร่ายด้วยฟอร์มารีนที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 4% ซึ่งจะทำการวัดอัตราการกรองกินก่อนทำการทดลอง ในวันที่ 15 และหลังเสร็จสิ้นการทดลอง หอยที่ทำการวัดอัตราการกรองกินแล้วจะถูกย้ายไปยังภาชนะที่มีระดับความเข้มข้นของปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 3 ระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ได้แก่ 0, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำทะเลที่ใช้ในการทดลองถูกเตรียมจากเกลือทะเลสังเคราะห์ ในแต่ละระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยใช้สัตว์ทดลอง 5 ตัว ระหว่างทำการทดลองสัตว์ทดลองถูกเลี้ยงโดยให้สาหร่าย *Isochrysis* sp. เป็นอาหาร ทำการให้อาหารทุก 2 วัน ในช่วงเวลา 13.00-17.00 น. หลังจากช่วงเวลาของการให้อาหาร ทำการดูดตะกอนที่เหลือ น้ำทะเลในแต่ละกล่องพลาสติกถูกเปลี่ยน 50 เปอร์เซ็นต์ในทุก ๆ วัน เพื่อป้องกันการเกิดการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอยและการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียมไอออนในน้ำทะเล และเติมตะกอนลงไปเพื่อให้ระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมีค่าเท่าเดิม โดยจะทำเลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นเวลา 20 วัน

3.4 การนับความหนาแน่น *Isochrysis* sp. ในตัวอย่างน้ำ

นำตัวอย่างน้ำที่เก็บในแต่ละช่วงเวลามาหาค่าความหนาแน่นสาหร่าย โดยใช้ Hemocytometer นับจำนวนเซลล์ 4 ซ้ำ เพื่อค่าหาเฉลี่ยแล้วคำนวณหาความหนาแน่นของสาหร่าย

ศึกษาอัตราการกรองกิน คำนวณจากสูตร (Riisgard, 1988)

$$\textbf{Filtration rate} = (v/t) * \ln(C_0/C_t)$$

โดยที่ v = ปริมาตรน้ำที่ใช้

t = เวลาที่ใช้

C_0 = ความเข้มข้นของ *Isochrysis* sp. ที่ 0 นาที

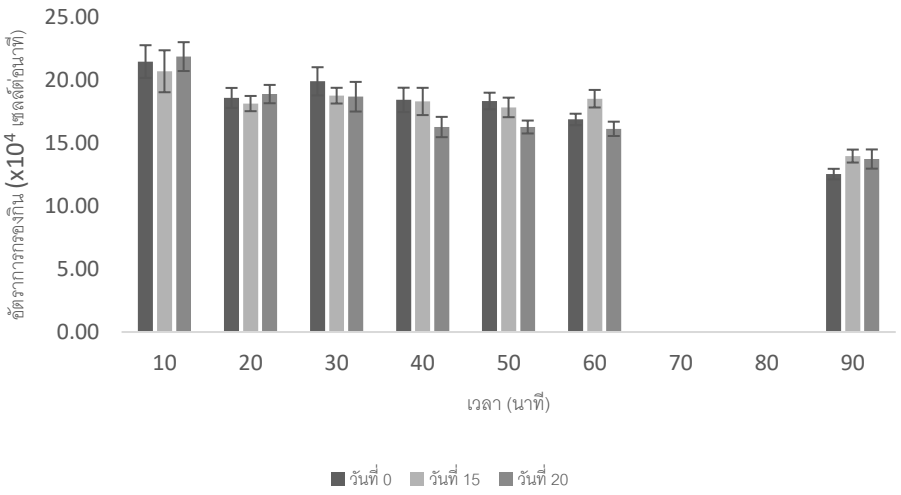
C_t = ความเข้มข้นของ *Isochrysis* sp. ที่ t นาที

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

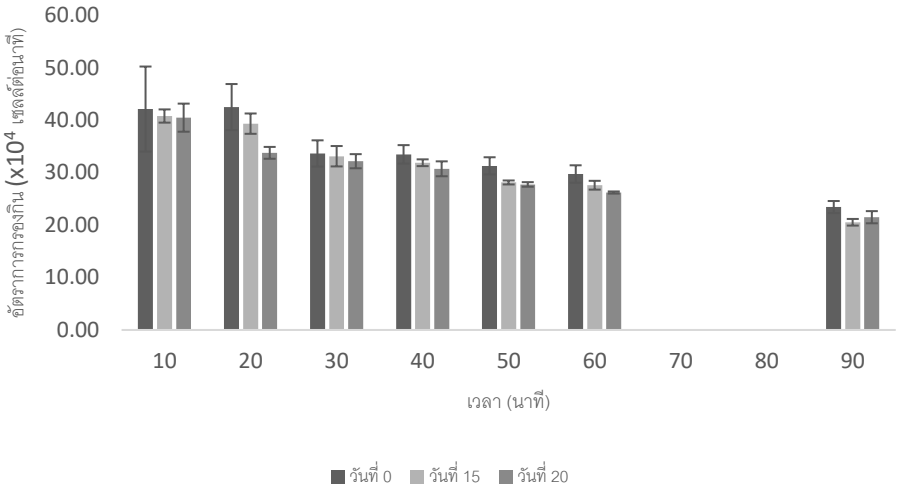
ในการศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยต่ออัตราการกรองกินใช้การคำนวณสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และใช้การเปรียบเทียบหลากหลาย (Post-hoc test) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในงานนี้นั้นใช้ระดับช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS Statistic

บทที่ 4 ผลการศึกษา และอภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาอัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *Perna viridis* เมื่อถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า หอยแมลงภู่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการกรองกินหลังจากถูกเลี้ยงในตะกอนที่มีความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 15 วัน แต่อัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ในชุดควบคุมทั้งช่วงอายุ 2 เดือน และ 6 เดือน พบว่าหอยแมลงภู่มีอัตราการกรองกินอยู่ในช่วง 100,000 – 260,000 เซลล์ต่อนาที และจากการทดสอบด้วยวิธี repeated one-way ANOVA พบว่าอัตราการกรองกินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งก่อนและหลังการทดลอง (หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; F= 1.129, p>0.05 non-sig; หอยอายุ 6เดือน; F= 0.281, p>0.05 non-sig) ดังแสดงในรูป 4.1 และ 4.2 และเมื่อเทียบระหว่างช่วงอายุ อัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ในชุดควบคุมทั้งช่วง 2 อายุ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (repeated measure one-way ANOVA; F= 0.812, p>0.05 non-sig) ส่วนหอยแมลงภู่ที่สัมผัสกับตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรทั้งช่วงอายุ 2 เดือน และ 6 เดือน มีอัตราการกรองกินต่ำกว่าหอยแมลงภู่ที่สัมผัสกับตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อถูกเลี้ยงอยู่ในตะกอนแขวนลอยภายในระยะเวลา 15 วัน

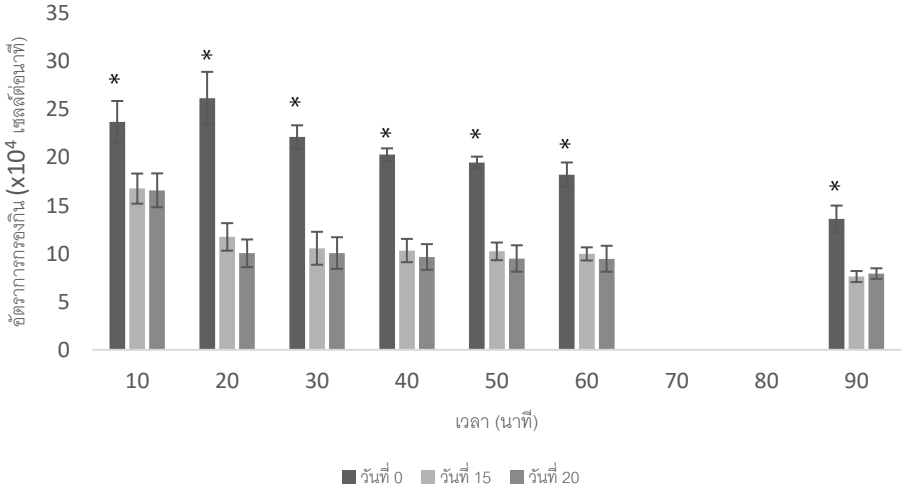


รูปที่ 4-1 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ในแต่ละช่วงเวลา

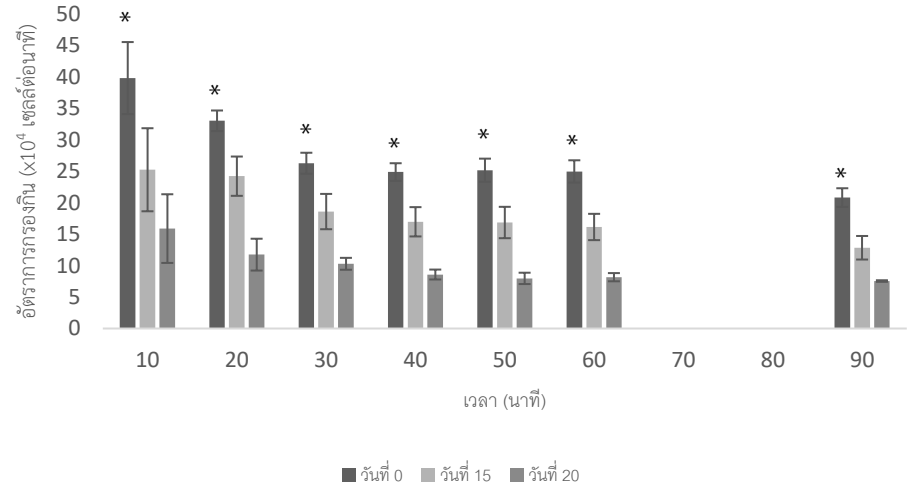


รูปที่ 4-2 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชุดควบคุม) ในแต่ละช่วงเวลา

หอยแมลงภู่ที่สัมผัสกับตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการกรองกินมีค่าลดลงเมื่ออาศัยอยู่ในตะกอนแขวนลอยเป็นเวลานาน หอยแมลงภู่ทั้ง 2 ช่วงอายุที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 20 วัน พบอัตราการกรองกินค่อย ๆ ลดลง จากประมาณ 130,000 – 260,000 เซลล์ต่อนาที เหลือเพียงประมาณ 70,000 – 160,000 เซลล์ต่อนาที (รูปที่ 4.3 และ 4.4) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี repeated one-way ANOVA พบว่าอัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ในชุดการทดลองนี้มีอย่างน้อย 2 วันที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; $F= 3.030$, $p<0.05$ sig; หอยอายุ 6เดือน; $F= 0.727$, $p<0.05$ sig) จากการวิเคราะห์โดยใช้ Bonferroni method พบว่าอัตราการกรองกินในวันที่ 15 และ 20 แตกต่างจากก่อนเริ่มทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ในทั้ง 2 ช่วงอายุ (ในวันที่ 15 หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; $F= 9.491$, $p<0.05$ sig; หอยอายุ 6เดือน; $F= 9.154$, $p<0.05$ sig, ในวันที่ 20 หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; $F= 10.060$, $p<0.05$ sig; หอยอายุ 6เดือน; $F= 17.819$, $p<0.05$ sig)



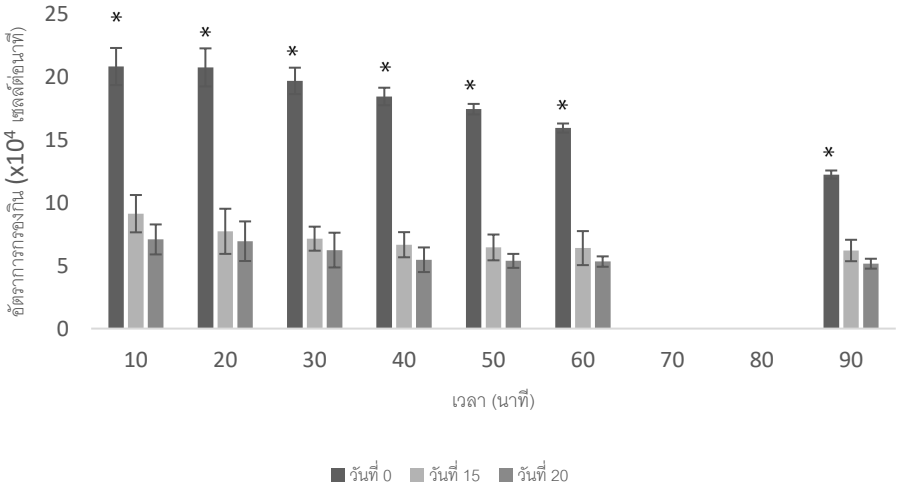
รูปที่ 4-3 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา (* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)



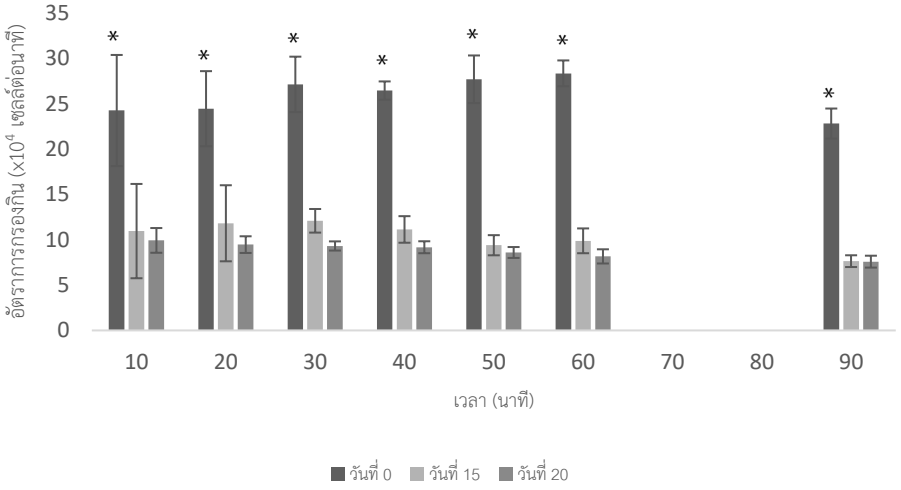
รูปที่ 4-4 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา (* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

หอยแมลงภู่ที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 20 วัน พบอัตราการกรองกินค่อย ๆ ลดลง จากประมาณ 130,000 – 290,000 เซลล์ต่อนาที เหลือเพียงประมาณ 50,000 – 100,000 เซลล์ต่อนาที (รูปที่ 4.5 และ 4.6) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี repeated one-way ANOVA พบว่าอัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ในชุดการทดลองนี้มีอย่างน้อย 2 วันที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; $F= 2.714$, $p<0.05$ sig; หอยอายุ 6เดือน; $F= 0.408$,

p<0.05 sig) และจากการวิเคราะห์โดยใช้ Bonferroni method พบว่าอัตราการกรองกินในวันที่ 15 และ 20 แตกต่างจากก่อนเริ่มทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ในทั้ง 2 ช่วงอายุ (ในวันที่ 15; หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; F= 10.802, p<0.05 sig; หอยอายุ 6เดือน; F= 15.456, p<0.05 sig, ในวันที่ 20; หอยอายุ 2 เดือน; repeated measure one-way ANOVA; F= 11.962, p<0.05 sig; หอยอายุ 6เดือน; F= 16.982, p<0.05 sig)



รูปที่ 4-5 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 2 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา (* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)



รูปที่ 4-6 อัตราการกรองกิน (ค่าเฉลี่ย ± Standard Error) ของหอยแมลงภู่ *P. viridis* อายุ 6 เดือนที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแต่ละช่วงเวลา (* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

เมื่อพิจารณาจากระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้อัตราการกรองกินลดลง ตรงกับการศึกษาของ Bacon et al. (1998) ที่ได้ทำการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยแครง *Placopecten magellanicus* และหอยกาบ *Mya arenaria* และ Velasco และ Navarro (2002) ที่ได้ทำการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยสองฝา *Mulinia edulis* และ *Mytilus chilensis* ต่อการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยพบว่าหอยสองฝามีค่า clearance rate ที่ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของตะกอน เมื่อหอยเผชิญกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูง พบว่าหอยมีการตอบสนองโดยลดอัตราการกรองกินและขับ pseudofeces ที่มีสารอินทรีย์ต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากการอุดตันของตะกอนแขวนลอยบริเวณเหงือกของหอย

นอกจากนี้ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้นสูงอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและเนื้อเยื่อของเหงือก โดย Cheung และ Shin (2005) พบว่าเหงือกของหอยแมลงภู่เกิดความเสียหายทั้งด้าน frontal และ abfrontal ของ gill filament ตลอดจนการหายไปของ cilia ทั้งสองด้านของโครงสร้างเหงือก หลังจากหอยเผชิญกับ ตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 500, 750 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการศึกษาพบว่า หอยมีอัตราการกรองกินที่ลดลงหลังจากถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 250 และ 250 mg/l การลดลงของอัตราการกรองกินอาจจะเกิดจากปฏิเสธอาหารของหอยซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ labial palps (Morton, 1987) นอกจากนี้กลไกการคัดแยกอาหารของหอยสองฝายังส่งผลต่ออัตราการกรองกินของหอย โดยพบว่าหอยที่อยู่ในบริเวณที่มีแพลงก์ตอนหรือตะกอนที่มีความเข้มข้นสูง หอยอาจมีการคัดแยกอาหารเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดการลดลงของอัตราการกรองกิน (Ali, 1970)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการลดลงของอัตราการกรองกินของหอย หลังจากถูกเลี้ยงในน้ำที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สูง การเปลี่ยนแปลงอัตราการกรองของหอยอาจจะส่งผลให้เกิดสภาวะความเครียดเชิงสรีระและมีผลกระทบต่อการตอบสนองเชิงสรีระของหอยในด้านอื่น ๆ จากการศึกษาของ Grant และ Thorpe (1991) พบว่า หอยเปลือกนิ่มที่อยู่ตะกอนเป็นเวลา 35 วันมีปริมาณการใช้ออกซิเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมีการเพิ่มการขับถ่ายแอมโมเนียตลอดเวลา และมีการใช้ร่างกายในสำรองสารอาหารที่ขาดไป แสดงให้เห็นว่าหอยสองฝาที่ได้รับตะกอนแขวนลอยเป็นเวลานานจะมีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดโดยลดอัตราการหายใจและทำให้อัตราการกรองกินลดลงซึ่งเป็นการตอบสนองต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นระยะ แต่เป็นการเพิ่มความอดยากในระยะยาว ซึ่งจะเป็นการลดอัตราการรอดของหอยสองฝา

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและระบบนิเวศชายฝั่งทะเลในหลากหลายด้าน จากการศึกษาผลของตะกอนแขวนลอยที่มีต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* (Linnaeus, 1758) ผลการศึกษาพบว่าหอยแมลงภู่ที่มีอายุ 2 และ 6 เดือน มีอัตราการกรองกินที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่หอยที่เลี้ยงในชุดควบคุม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการกรองกิน นอกจากนี้หอยทั้งสองช่วงอายุที่ถูกเลี้ยงในตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการลดลงของอัตราการกรองกินที่มากกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงในตะกอนแขวนลอยความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 15 วัน หลังจากสัมผัสกับตะกอนแขวนลอย จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลของตะกอนแขวนลอยที่มีต่ออัตราการกรองกินอาหารของหอยแมลงภู่ *P. viridis* ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญเชิงนิเวศวิทยาและทรัพยากรประมงของพื้นที่ชายฝั่งทะเล นอกจากนี้การลดลงของอัตราการกรองกินยังอาจส่งผลให้หอยแมลงภู่เกิดความเครียดเชิงสรีระในด้านอื่น ๆ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการตายและการลดลงของการเจริญเติบโตหากสัมผัสต่อตะกอนแขวนลอยที่มีปริมาณที่สูงในระยะยาว

5.2 ข้อเสนอแนะ

อัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *P. viridis* ต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นการตอบสนองเชิงสรีระอย่างหนึ่ง ซึ่งการตอบสนองเชิงสรีระของสัตว์มีหลายอย่างและยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยน้อย ดังนั้นจึงควรศึกษาอัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งโครงสร้างทางเนื้อเยื่อวิทยาของเหงือกหอยแมลงภู่เพื่อให้การศึกษาการตอบสนองเชิงสรีระของหอยแมลงภู่ต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยมีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ฝ่ายวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 2562. รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.bims.buu.ac.th [8 กุมภาพันธ์ 2563]

พลอยไพลิน ยอดสุรางค์. 2557. การศึกษาผลของความเค็มต่ออัตราการกรองกินของหอยแมลงภู่ *Perna viridis*. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. วิทยาศาสตร์บัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัณฑนา ภิรมย์นิ่ม. 2524. อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการกรองของหอยทะเลสองฝาบางชนิด. Diss. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำ และวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมแหล่งน้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

วิลาวัณย์ สีแก้ว, บุษยา บุนนาค, ภาวิณี พัฒนจันทร์ และ บัณฑิต ติรชุลี. 2554. การศึกษาอัตราการกรองกินอาหารของหอยแครง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง, หน้า 115-121. กรุงเทพฯ

ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ, สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และอนุกูล บูรณประทีปรัตน์. 2562. ปริมาณตะกอนแขวนลอยและสารอินทรีย์ละลายน้ำที่แพร่กระจายสู่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก ในช่วงปี 2553 – 2559. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

ภาษาอังกฤษ

Ali R.M. 1970. The influence of suspension density and temperature on the filtration rate of *Hiatella arctica*. Marine Biology 6: 291-302.

Al-Barwani S.M., Arshad A.B. and Nurul S.M. 2011. Reproductive Biology of Green Mussel *Perna viridis* (Linnaeus 1758). Germany: Lambert academic publishing.

Alabaster J.S. and Lloyd D.S. 1982. Finely divided solids. In: Alabaster, J.S., Lloyd, D.S. (Eds.), Water Quality Criteria for Freshwater Fish, pp. 1–20. London: Butterworth.

Bacon G.S., MacDonald B.A. and Ward J.E. 1998. Physiological responses of infaunal (*Mya arenaria*) and epifaunal (*Placopecten magellanicus*) bivalves to variations in the concentration and quality of suspended particles I. Feeding activity and selection. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 219: 105-125.

Bilotta G.S. and Brazier R.E. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. Water Research 42: 2849-2861.

Carpenter K.E. and Niem V.H. 1998. The living marine resources of the Western Central Pacific Volume 1. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. Rome: Food and Agricuture organization of the united nation.

Cannuel R., Beninger P.G., McCombie H. and Boudry P. 2009. Gill Development and Its Functional and Evolutionary Implications in the Blue Mussel *Mytilus edulis* (Bivalvia: Mytilidae). Biological Bulletin 217: 173-188.

Cheong L. 1982. Bivalve culture in Asia and the Pacific. In Davey F.H. and Graham M. (eds.) Proceedings of a workshop held in Singapore 16–19 February 1982, pp. 69–71. Singapore.

Cheung S.G. and Shin P.K.S. 2005. Size effects of suspended particles on gill damage in green-lipped mussel *Perna viridis*. Marine Pollution Bulletin 51: 801-810.

Doeg T.J. and Milledge G.A., 1991. Effect of experimentally increasing concentration of suspended sediment on macro-invertebrate drift. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 42: 519–526.

Fenske C. 2002. The Ecological Importance of Mussels, Their Effect on Water Quality and Their Possible Use for Coastal Zone Management. In Schernewski G. and Schiewer U. (eds.), Baltic Coastal Ecosystems. Central and Eastern European Development Studies. pp. 53-64. Berlin: Springer.

Fisheries and Aquaculture Department. 2020. Species Fact Sheets *Perna viridis* (Linnaeus, 1758). Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Online]. Available from: http://www.fao.org/fishery/species/2691/en. [8 February 2020]

Gammon J.R. 1970. The effect of inorganic sediment on stream biota. Water Pollution Control Research Series. Washington DC: USGPO.

Gilbertson C.R. and Wyatt J.D. 2016. Evaluation of Euthanasia Techniques for an Invertebrate Species, Land Snails (*Succinea putris*). Journal of the American Association for Laboratory Animal Science 55: 577–581.

Grant J. and Thorpe B. 1999. Effects of Suspended Sediment on Growth, Respiration, and Excretion of the Soft-Shell Clam (*Mya arenaria*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences: 1285-1292.

Hans R.U. 1988. Efficiency of particle retention and filtration rate in 6 species of Northeast American bivalves. Marine Ecology – Progress Series 45: 217-223.

Hull M.S., Chaurand P., Rose J., Auffan M., Bottero J.Y., Jones J.C., Schultz I.R. and Vikesland P.J. 2011. Filter-feeding bivalves store and biodeposit colloidally stable gold nanoparticles. Environmental Science & Technology 45: 6592–6599.

Jacobs P., Troost K., Riegman R. and Van Der Meer J. 2015. Length and weight-dependent clearance rates of juvenile mussels (*Mytilus edulis*) on various planktonic prey items. Helgoland Mar Res 69: 101–112.

Jones S. and Algarswami K. 1973. Mussel fishery resources of India. Proceedings of the Symposium on Living Resources, pp. 641–647. India

Jones H.D., Richards O.G. and Southern T.A. 1992. Gill dimensions, water pumping rate and body size in the mussel *Mytilus edulis* L. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 155: 213–237.

Kennedy A.J., Lindsay J.H., Biedenbach J.M. and Harmon A.R. 2017. Life stage sensitivity of the marine mussel *Mytilus edulis* to ammonia. Environmental Toxicology and Chemistry 36: 89–95.

Lee S.Y. 1986. Growth and Reproduction of the Green Mussel, *Perna viridis* Linnaeus, (Bivalvia: Mytilacea) in Contrasting Environments in Hong Kong. Asian Marine Biology: 111-127.

Leverone J.R. 1995. Growth and survival of caged adult bay scallops (*Argopecten irradians concentricus*) in Tampa Bay with respect to levels of turbidity, suspended solids and chlorophyll a. Florida Science 58: 216-227.

Morton B. 1987. The Functional morphology of the Organs of the Mantle Cavity of *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Mytilacea). American malacological bulletin: 159-164.

Nayar K.N., Mahadevan K., Alagarswami and Meenalshisundaram P.T. eds. 1980. Coastal aquaculture: mussel farming. Progress and prospects. Central Marine Fisheries Research Institute Bulletin 29: 56.

NIMPIS. 2002. Asian Green Mussel. National Introduced Marine Pest Information System. CSIRO. [Online]. Available from: http://www.marine.csiro.au/crimp/Reports/Perna_viridis_sheet.pdf. [8 February 2020]

Nuning M.N., Happy N., Maheno S.W. and Yenny R. 2019. Biological aspects of green mussels *Perna viridis* cultivated on raft culture in Pasaran coastal waters, Indonesia. AACL Bioflux 12: 448-456.

Nuttall P.M. and Bielby G.H. 1973. The effect of china-clay wastes on stream invertebrates. Environmental Pollution 5: 77–86.

Ogata T., Kodama M. and Ishimaru T. 1987. Toxin production in the dinoflagellate *Protogonyaulax tamarensis*. Toxicon 25: 923-928.

Quayle D.B. and Newkirk G.F. 1989. Farming Bivalve Molluscs: Methods for study and development. Canada: World Aquaculture Society

Quinn J.M., Davies-Colley R.J., Hickey C.W., Vickers M.L. and Ryan, P.A. 1992. Effects of clay discharges on streams. Hydrobiologia 248: 235–247.

Rajagopal S. 1991. Biofouling problems in the condenser cooling circuit of a coastal power station with special reference to green mussel, *Perna viridis* (L.). Ph.D. Thesis, University of Madras.

Rajagopal S., Venugopalan V.P., Nair K.V.K, van der Velde G., Jenner H.A. and den Hartog C. 1998. Reproduction, growth rate and culture potential of the green mussel, *Perna viridis* (L.) in Edaiyur backwaters, east coast of India. Aquaculture 162: 187-202.

Rajagopal S., Venugopalan V.P., Van der Velde G. and Jenner H.A. 2006. Greening of the coasts: A review of the *Perna viridis* success story. Aquatic Ecology 40: 273-297.

Reilly J.S., ed. 2001. Euthanasia of Animals Used for Scientific Purposes Second edition. New Zealand: Australian and New Zealand Council for the Care of Animals in Research and Teaching (ANZCCART).

Ren J.S., Ross A.H. and Hayden B.J. 2000. Comparison of Assimilation Efficiency on Diets of Nine Phytoplankton Species of the Greenshell Mussel *Perna canaliculus*. Journal of Shellfish Research 25: 887-892.

Riisgard H.U., Kittner C. and Seerup D. 2003. Regulation of opening state and filtration rate in filter-feeding bivalves (*Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*) in response to low algal concentration. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 284: 105-127.

Rosenberg D.M. and Wiens A.P. 1978. Effects of sedimentation on macrobenthic invertebrates on a northern Canadian river. Water Research 12: 753–763.

Segnini de Bravo M.I., Chung K.S. and Perez J.E. 1998. Salinity and temperature tolerances of the green and brownmussels, *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). Revista de biologia tropical 5: 121–125.

Shaw E.A. and Richardson J.S. 2001. Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 2213–2221.

Siddall S.E. 1980. A Clarification of the Genus *Perna* (Mytilidae). Bulletin of Marine Science: 858-870.

Soon T. and Ransangan J. 2014. A Review of Feeding Behavior, Growth, Reproduction and Aquaculture Site Selection for Green-Lipped Mussel, *Perna viridis*. Advances in Bioscience and Biotechnology: 462-469.

Suren A.M., Martin M.L. and Smith B.J. 2005. Short-term effects of high suspended sediments on six common New Zealand stream invertebrates. Hydrobiologia 548: 67–74.

Tan K.S. and Ransangan J. 2016. Feeding behavior of green mussels, *Perna viridis* farmed in Marudu Bay, Malaysia. Aquaculture Research 48: 1216-1231.

Tsuchiya M. 1980. Biodeposit Production by the Mussel *Mytilus edulis* L. on Rocky Shores. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 47: 203-222.

Vakily J.M. 1989. The Biology and Culture of Mussels of the Genus *Perna*. Philippines: International Center for living Aquatic Resources Management.

Velasco L.A. and Navarro J.M. 2002. Feeding physiology of infaunal (*Mulinia edulis*) and epifaunal (*Mytilus chilensis*) bivalves under a wide range of concentrations and qualities of seston. Marine Ecology Progress Series: 143–155.

White D.S. and Gammon J.R. 1976. The Effect of Suspended Solids on Macroinvertebrate Drift in an Indiana Creek. Indiana Academy of Science 86: 182-188.

Wildish D.J. and Miyares M.P. 1990. Filtration rate of blue mussels as a function of flow velocity: preliminary experiments. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 142: 213-219.

Wong, W.H. and Cheung, S.G. 1999. Feeding Behaviour of the Green Mussel, *Perna viridis* (L.): Responses to Variation in Seston Quantity and Quality. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 236: 191-207.

Yang G., Song L., Lu X., Wang N. and Li Y. 2017. Effect of exposure to suspended solids on the enzymatic activity in the bivalve *Sinonovacula constricta*. Aquaculture and fisheries: 10-17.

Yonge C.M. 1926. Structure and Physiology of the Organs of Feeding and Digestion in *Ostrea edulis*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 14: 295-386.