T_345005

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบสะกอน

นางสาวปรางค์ วัฒนาวรสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3055-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

An 14

31 ก.ค. 2546

โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย
c/o ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอน

นางสาวปราณี วัฒนาวรสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3055-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN HOLOTHURIANS TO CHANGES IN SALINITY AND SEDIMENT COMPOSITION

Miss Pranee Wathanaworasakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-3055-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอน
โดย	นางสาวปราณี วัฒนาวรสกุล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์)

T-345005

ปราณี วัฒนาวรสกุล : การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอน. (PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN HOLOTHURIANS TO CHANGES IN SALINITY AND SEDIMENT COMPOSITION) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์, 85 หน้า. ISBN 974-17-3055-1

Holothuria atra และ *H. leucospilota* เป็นปลิงทะเลสองชนิดที่พบได้ตามชายฝั่งทะเลและแนวปะการังบางพื้นที่ของจังหวัดชลบุรีและระยอง ปลิงทะเลทั้งสองชนิดมีการกระจายตัวในลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยต่างกัน โดยจะพบ *H. atra* ในบริเวณพื้นตะกอนที่เป็นทรายและบริเวณแนวปะการังซึ่งมักเป็นบริเวณที่ห่างจากฝั่งที่ไกลจากกิจกรรมมนุษย์และอิทธิพลของน้ำจืดจากแม่น้ำ ส่วนปลิงทะเล *H. leucospilota* พบได้บริเวณที่พื้นเป็นทราย พื้นทรายปนกรวด หาดหิน พื้นทรายในแนวปะการังและนอกแนวปะการังเอง

ผลการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม 4 ระดับ คือ 15 20 25 และ 30 psu โดยติดตามอัตราการกินอาหาร อัตราการหายใจและอัตราการขับถ่าย การเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่อการกินอาหารของปลิงทะเลทั้งสองชนิด โดย *H. atra* ไม่กินอาหารที่ระดับความเค็ม 15 psu ในขณะที่ *H. leucospilota* มีอัตราการกินต่ำที่ระดับความเค็มเดียวกันนี้ การเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่ออัตราการหายใจของปลิงทะเล *H. atra* แต่พบว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม โดยมีอัตราการหายใจในช่วงเวลาต่างๆที่ความเค็ม 15 20 และ 30 psu มีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ออัตราการขับถ่ายของปลิงทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆ ของปลิงทะเลทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีอัตราการขับถ่ายต่ำที่สุดที่ความเค็ม 15 psu เมื่อพิจารณาภาพรวมของการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลทั้งสองชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยค่าขอบเขตการเติบโตและอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนแสดงให้เห็นว่าระดับความเค็มต่ำมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของปลิงทะเล ปลิงทะเล *H. atra* แสดงผลการตอบสนองโดยการสงวนพลังงานในการขับถ่ายในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการปรับตัวโดยใช้พลังงานในการหายใจและการขับถ่ายเพิ่มขึ้นที่ระดับความเค็ม 20 และ 25 psu แต่ที่ระดับความเค็ม 15 psu ปลิงทะเลชนิดนี้ก็มีการสงวนพลังงานในการขับถ่ายเช่นกัน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบของทรายและทรายแป้งตลอดจนปริมาณอินทรีย์สารต่างกัน 3 ระดับ คือตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็นตะกอนอัตราส่วน 0:1 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 22.37ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:1 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 8.94และตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:2 ปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 13.41 พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบตะกอน โดยมีอัตราการกินตะกอนสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 1:1 และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0:1 ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินตะกอนที่อัตราส่วนต่างๆไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0:1 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนของปลิงทะเลทั้งสองชนิดนี้ พบว่าตะกอนที่มีอัตราส่วนของทรายสูงอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลจะสูงแต่ประสิทธิภาพต่ำและในทางตรงกันข้ามปลิงทะเลจะมีอัตราการกินอาหารต่ำในตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูง ซึ่งปลิงทะเลจะมีประสิทธิภาพการดูดซึมสูง

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอนส่งผลกระทบต่อปลิงทะเลทั้งสองชนิดทำให้มีขีดจำกัดในการปรับตัวทางสรีรวิทยา

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	**ลายมือชื่อนิสิต**.....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**.....
ปีการศึกษา 2545	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**.....

4272336023: MAJOR MARINE SCIENCE

KEY WORD: SALINITY/ SEDIMENT COMPONENT/ HOLOTHURIANS/PHYSIOLOGICAL RESPONSES

PRANEE WATTHANAWORASAKUL : PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN HOLOTHURIANS TO CHANGES IN SALINITY AND SEDIMENT COMPOSITION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. NITTHARATANA PAPHAVASIT, THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PADERMSAK JARAYABHAND, PH.D., pp.

ISBN 974-17-3055-1

Holothuria atra and *H. leucospilota* are two most dominant holothurians in the coral reefs and coastline of Chonburi and Rayong provinces. These holothurians were found distributed in different microhabitats. *H. atra* was common in the sandy beaches and reefs further from shores far from human activities and freshwater influences. While *H. leucospilota* occupied the sandy beaches, rocky shores, sandy beaches within the reefs and coral reefs.

Physiological responses in Holothurians to changes in salinity at 15 20 25 and 30 psu were intigated in term of feeding, respiration and excretion rates. Salinities changes affected the feeding rates of these holothurians. *H. atra* would stop feeding at low salinity of 15 psu while *H. leucospilota* showed the lowest feeding rate at this same salinity. Salinity changes did not showed pronounced effects on the respiration of *H. atra.* The average respiration rates of *H. leucospilota* in difference salinity were not significantly different. However this species did showed variation in respiration rates at different time intervals at salinity of 15 20 and 30 psu. Excretory rates in two holothurians were altered by salinity. The average excretory rates in both holothurians were lowest in salinity of 15 psu. But *H. atra* showed variations in the excretion rates at different time intervals in each salinity. *H. leucospilota* did not showed the same responses. In conclusion, the physiological responses in holothurians to changes in salinity in terms of Scope for growth and O:N ratio showed that low salinity induced physiological stresses. *H. atra* would conserved its energy by reduced excretion. While *H. leucospilota* tried to compensate through respiration and excretion at the salinity of 20 and 25 psu. This species also showed the same physiological responses as *H. atra* at the salinity of 15 psu

The absorption efficiency of organic contents in holothurians were investigated in 3 different sediment compositions, namely sediment with sand:silt of 0:1 with organic content of 22.37%, sediment with sand:silt of 1:1 with organic content of 8.94% and sediment with sand:silt of 1:2 with organic content of 13.41%. The feeding rate and absorption efficiency in *H. atra* varied according to sediment composition. The highest feeding rate in *H. atra* was observed in the sediment with sand:silt of 1:1, while the highest absorption effienciency was observed in the sediment with sand:silt of 0:1. These two holothurians showed the increase feeding rates in the sediment with more sand but with low absorption efficiency. In contrast, these holothurians showed low feeding rates in fine sediment but with high absorption effiency of organic contents

This study revealed that changes in salinity sediment composition due to the environment change would affected the physiological condition of the two holothurians.

Department of Marine Science
Field of study Marine Science
Academic year 2002

Student' s signature Pranee Watthanaworasakul
Advisor' s signature Nittharatana Paphavasit
Co-advisor' s signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.เผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆทางด้านวิชาการและทักษะในการเรียนรู้ ตลอดจนการดำเนินการเพื่อหาทุนการสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ การดำเนินการเพื่อหาสถานที่ในการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ และดำเนินการตรวจสอบแก้ไขความบกพร่องในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบเพื่อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นโดยผ่านการตรวจสอบแก้ไขโดย อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบคุณสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง สถาบันทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ดำเนินการวิจัยตลอดจนเจ้าหน้าที่และนักวิจัยในสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง, เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, เจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และเจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาการประมงชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก กรมประมง ที่ดำเนินความสะดวกในการออกสำรวจทางภาคสนามและการดำเนินการวิจัย นอกจากนั้นการทำวิจัยครั้งนี้ข้าพเจ้ายังได้รับการช่วยเหลือจากเพื่อนๆและพี่ๆโดยเฉพาะ คุณสุเมตต์ ปุจฉาการณ์,คุณอารมณ์ มุจรินทร์, คุณคัมภีร์ ผาติเสนะ สำหรับการให้ข้อมูลและคำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการสำรวจทางภาคสนาม และภาพถ่าย

ผลงานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T_345005 และการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนอีกส่วนหนึ่งจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัว ญาติและเพื่อน สำหรับการสนับสนุนทั้งทางด้านกำลังใจ กำลังกายและกำลังทรัพย์ เพื่อสนับสนุนให้การศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่

1. บทนำ.....1
2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ.....32
3. ผลการศึกษา.....46
4. วิจารณ์ผลการศึกษา.....68
5. สรุปผลการศึกษา.....74

รายการอ้างอิง.....77
ภาคผนวก.....82
ประวัติผู้ขียนวิทยานิพนธ์.....85

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย..... 6
2. ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของปลิงทะเลกลุ่ม deposit-feeder พบที่เกาะอะบรอธรอส (Abrothos) ประเทศออสเตรเลีย.....18
3. การแบ่งแหล่งที่อยู่อาศัยของปลิงทะเลตามขนาดกลุ่มตะกอน.....19
4. อัตราการกินอาหารของปลิงทะเลกลุ่ม deposit-feeder บางชนิด..... 20
5. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคเฉลี่ยของตะกอน (median particle size: M.P.S.) ที่พบในทางเดินอาหารของปลิงทะเลกับขนาดเฉลี่ยโนดูล (nodule) ของหนวดปลิงทะเล....20
6. เอนไซม์ในน้ำย่อยที่พบอยู่ในกระเพาะอาหารของปลิงทะเล.....22
7. การแพร่กระจายของปลิงทะเล *Holothuria atra* และ *H. leucospilota* ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและบริเวณแนวปะการังบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง.....48
8. ค่าน้ำหนักเปียก น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ของค่ามวลชีวภาพของปลิงทะเล *H. atra* และ*H. leucospilota*..... 49
9. ค่าเฉลี่ยอัตราการกินอัตราการหายใจ และอัตราการขับถ่ายจำเพาะในช่วงเวลาต่างๆของปลิงทะเล*H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ.....55
10. ค่าเฉลี่ยอัตราการกิน อัตราการหายใจ และอัตราการขับถ่ายจำเพาะในช่วงเวลาต่างๆของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ..... 56
11. พลังงานที่ได้รับ พลังงานที่ใช้ในการหายใจ พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ขอบเขตการเติบโต และอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ.....59
12. พลังงานที่ได้รับ พลังงานที่ใช้ในการหายใจ พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ขอบเขตการเติบโต และอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเล *H. leucospilota* ใช้ไปในระดับความเค็มต่างๆ.....60
13. อัตราการกินตะกอน และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบต่างๆ ของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* 66

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1. ปลิงทะเลที่มีหนวดลักษณะต่างๆ....15
2. วิธีการใช้หนวดกินอาหารของปลิงทะเลกลุ่มต่างกัน....17
3. ทางเดินอาหารของ *Thyone sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีการกินอาหารที่เป็นอนุภาคที่ล่องลอยในน้ำและ *Paracaudina sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีการกินอาหารที่ปนหรือเคลือบอยู่กับพื้น....22
4. ลักษณะทางเดินอาหาร ระบบการหายใจ และเส้นประสาทกล้ามเนื้อภายในตัวปลิงทะเล...26
5. ปลิงทะเล *Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger,1833....33
6. ปลิงทะเล *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* Brandt, 1835....33
7. บริเวณการสำรวจการกระจาย แหล่งอาศัยของ ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและแนวปะการัง จังหวัดชลบุรี.... 34
8. บริเวณการสำรวจการกระจาย แหล่งอาศัยของในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและแนวปะการัง จังหวัดระยอง....35
9. ขั้นตอนการวัดอัตราการกินตะกอนของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ....37
10. ขั้นตอนการวัดอัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ..39
11. ลักษณะถังพักเลี้ยงปลิงทะเลขนาดความจุน้ำ 1000 ลิตร และมีการดูแลระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด....40
12. บ่อพักปลิงทะเลที่ปราศจากวัสดุรองพื้นบ่อ ระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอดใช้สำหรับรอพักปลิงทะเลก่อนนำมาทดลอง....40
13. ถังบรรจุน้ำทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆที่เชื่อมต่อกับภาชนะปิดที่ใช้สำหรับใส่ปลิงทะเล.... 41
14. การวัดอัตราการกินและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน....43
15. ระบบและถังทดลองเลี้ยงปลิงทะเลที่มีตะกอนทดลองแต่ละระดับ....44
16. ค่าเฉลี่ยของอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลที่ระดับความเค็มต่าง....51
17. ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจในรอบวันของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ....52
18. ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจในรอบวันของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ....52
19. ค่าเฉลี่ยอัตราขับถ่ายในรอบวันของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ....53
20. อัตราการขับถ่ายในรอบวันของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ....54
21. พลังงานที่ปลิงทะเลได้รับที่ระดับความเค็มต่างๆ....61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

22. พลังงานที่ปลิงทะเลใช้ไปในการหายใจที่ระดับความเค็มต่างๆ.....61
23. พลังงานที่ปลิงทะเลใช้ไปในการขับถ่ายที่ระดับความเค็มต่างๆ.....62
24. ขอบเขตการเติบโตของปลิงทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆ.....63
25. อัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆ.....64
26. อัตราการกินตะกอน และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. atra* ในตะกอนที่มีอัตราส่วนต่างๆ.....67
27. อัตราการกินตะกอน และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. leucospilota* ในตะกอนที่มีอัตราส่วนต่างๆ.....67

บทที่ 1

บทนำ

"ปลิงดำ" เป็นปลิงทะเลที่มีการกระจายอยู่ทั่วไปในทะเลโดยเฉพาะในเขต Indo-West Pacific ปลิงดำมีอยู่ 2 ชนิดคือ *Holothuria atra* และ *Holothuria leucospilota* ซึ่งมีแหล่งอาศัยอยู่ตามพื้นทะเล บทบาทของปลิงทะเลในสายใยอาหารคือ เป็นผู้ย่อยสลาย (decomposer) และยังเป็นอาหารของสัตว์น้ำขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันปลิงทะเลมีจำนวนประชากรลดลง เนื่องจากมีการจับปลิงทะเลมากขึ้น ปลิงทะเลที่นำมาบริโภคส่วนใหญ่เป็นปลิงทะเลที่อยู่ในลำดับ (Order) Aspidochirotida (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2542) และนิยมนำมาบริโภคและซื้อขายเพียงไม่กี่ชนิด

จากความนิยมในการบริโภคปลิงทะเลที่มากขึ้นทำให้ปลิงทะเลในธรรมชาติถูกจับเป็นจำนวนมาก จากการสำรวจพบว่าจำนวนปลิงทะเลที่มีราคาสูงมีปริมาณลดน้อยลงอย่างมากในธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ชาวประมงจึงหันมาทำการประมงปลิงทะเลชนิดอื่นที่มีราคาต่ำ แต่มีปริมาณมากในธรรมชาติ เช่น *H. atra* และ *H. leucospilota* ซึ่งระยะหลังพบว่ามีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์จากการทำประมงและแปรรูปมากขึ้น ปัญหาดังกล่าวพบในบริเวณชายฝั่งทะเลด้านอันดามันด้วยโดยพบว่าชาวประมงส่วนใหญ่จะทำการประมงโดยไม่จำกัดขนาด และทำการประมงในเขตอุทยานทางทะเล เช่น หมู่เกาะสุรินทร์ จำนวนปลิงทะเลในธรรมชาติเขตจังหวัดระนอง พังงาและภูเก็ต มีจำนวนลดลงจนไม่พอแก่ความต้องการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นได้ว่าสภาวะการค้าปลิงทะเลนั้นเข้าสู่ภาวะวิกฤต (สมชัย บุศราวิช และนลินี ทองแถม, 2543) นอกจากนี้การลดจำนวนลงของประชากรปลิงทะเลนั้นอาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะจากกิจกรรมมนุษย์

จากการสำรวจสภาพแวดล้อมทางทะเล พบว่าบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยตอนบน มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มค่อนข้างมาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลมาจากแม่น้ำหลายสาย โดยเฉพาะแม่น้ำบางปะกง โดยความเค็มต่ำมากในช่วงฤดูฝนซึ่งมีปริมาณน้ำท่ามาก (พิชาญ สว่างวงศ์ และคณะ, 2541) ในปี 2544 ความเค็มน้ำทะเลในรอบปีมีค่าอยู่ระหว่าง 21.0-34.0 psu (สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ติดต่อส่วนตัว) การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลก่อให้เกิดภาวะเครียดต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเล เนื่องจากปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงแคบ (stenohaline species) ความเค็มเปลี่ยนแปลงไปนั้นจะทำให้สัตว์ต้องมีการควบคุมสมดุลเกลือแร่และปริมาณน้ำภายในตัว (osmoregulation) โดยพยายามควบคุมแรงดันภายในเท่ากับภายนอก (Binyon, 1972; Gilles, 1975; Milne, 1995)

กลไกของการปรับตัวต่อภาวะเครียดนี้ทำให้สัตว์มีการดึงพลังงานที่ได้จากการดูดซึมจากอาหารมาใช้ในการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาด้านต่างๆมากขึ้น ทั้งการกินอาหาร การหายใจ และการขับถ่าย การตอบสนองของสัตว์บางชนิดเมื่ออยู่ในระดับความเค็มต่ำระดับหนึ่งทำให้สัตว์ไม่กินอาหารมีผลทำให้สัตว์ดึงพลังงานที่สะสมในตัวมาใช้เพื่อให้สามารถรักษาสภาพร่างกายให้ดำรงอยู่ต่อไปได้ ผลลัพธ์จะพบว่าสัตว์มีการขับถ่ายของเสียในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนมากขึ้น

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการกระจายของปลิงทะเลคือลักษณะดินตะกอน พบว่าปลิง *H. atra* กระจายอยู่ในบริเวณตะกอนดินที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย (mean particle size) 350 ไมครอน (Roberts, 1979) และกระจายอยู่บริเวณที่มีตะกอนดินขนาดใหญ่มากกว่าบริเวณที่มีตะกอนดินขนาดเล็ก (Roberts and Bryce, 1982) ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายของปลิงทะเลชนิดนี้ในประเทศไทยที่พบที่บริเวณพื้นทรายในทรายในแนวปะการัง (สมศักดิ์ ปัญหา 2525, อารมณ์ มุจรินทร์, 2545) ส่วนปลิงทะเล *H. leucospilota* พบว่ามีการกระจายอยู่ในบริเวณตะกอนดินที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 400 ไมครอน (Roberts, 1979) นอกจากนี้พบการกระจายอยู่ในบริเวณตะกอนดินที่เป็นทรายปนกรวด (Roberts and Bryce, 1982) บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนมีขนาดตะกอนดินเฉลี่ยที่เล็กลง ลักษณะดังกล่าวอาจเป็นผลจากการชะล้างของน้ำจืดซึ่งเป็นแหล่งพัดพาอินทรีย์สารลงมาสู่น้ำทะเล(สมภพ รุ่งสุภาและคณะ, 2541) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงลักษณะดินตะกอนอาจมีผลต่อการกระจายของปลิงทะเลด้วย

การที่จำนวนประชากรของปลิงทะเลในบริเวณอ่าวไทยลดลง เนื่องจากสาเหตุหลักจากการถูกจับแล้วน่าจะมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมด้วย เมื่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลทำให้ปลิงทะเลมีการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาโดยเฉพาะการจัดสรรพลังงาน (energy budget) ซึ่งจะสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการปรับตัวเพื่อให้ดำรงชีพต่อไปในสภาวะที่เปลี่ยนไปได้ ในสภาวะปกติการจัดสรรพลังงานของสัตว์จะมีการเก็บพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปทำให้การจัดสรรพลังงานที่สัตว์จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์นั้นลดลง เนื่องจากมีการจัดสรรพลังงานไปใช้ในด้านการปรับตัวให้มีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาของปลิงทะเลได้แก่ ความเค็มและองค์ประกอบตะกอน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเล *Holothuria leucospilota* และ *Holothuria atra* ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงไป

2. เพื่อศึกษาการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* ในสภาพแวดล้อมที่มีองค์ประกอบตะกอนดินในระดับต่างๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำผลการศึกษามาใช้ในการศึกษาที่ได้มาใช้ในการพิจารณาถึงความรุนแรงและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเล ซึ่งอาจมีผลต่อจำนวนประชากรของปลิงทะเลในธรรมชาติ

การสำรวจเอกสาร

ปลิงทะเลเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ปลิงทะเลตากแห้งนับว่าเป็นอาหารที่ขึ้นชื่อทางประเทศตะวันออกมานานแล้ว ปลิงทะเลที่นำมาบริโภคจะต้องมีขนาดใหญ่ ผนังลำตัวหนาไม่มีท่อคูเวียร์ ซึ่งส่วนมากเป็นปลิงที่อยู่ในลำดับ Aspidochirotida ในทางการค้าปลิงทะเลมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น จีน เรียกว่า "Trepang" หรือ "Nemeko" มาเลเซีย เรียกว่า "Gamat" ฟิลิปปินส์ เรียกว่า "Balat" และทางยุโรป ฝรั่งเศส เรียกว่า "Beche-de-mer" นอกจากนี้ปลิงทะเลยังมีประโยชน์ทางการแพทย์ เนื่องจากปลิงทะเลบางชนิดมี สารโฮโลทูริน (Holothurin) มีคุณสมบัติในการขัดขวางการส่งความรู้สึกของกระแสประสาทได้ ซึ่งนำไปใช้ในการบำบัดความเจ็บปวดของผู้ป่วยหลังการผ่าตัด และยังมีฤทธิ์ยับยั้งโปรโตซัวได้ สารซาโปนินที่เรียกว่า โฮโลท็อกซิน (Holotoxin) เป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่สกัดจากปลิงทะเลบางชนิด มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิด ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยที่มีความพยายามพัฒนานำซาโปนินในปลิงทะเลเพื่อการยั้งการกระจายของเซลล์มะเร็ง (Binyon, 1972) นอกจากนี้น้ำที่ได้จากช่องท้องของปลิงทะเลที่ต้มแล้วนั้นยังสามารถนำมาทำเป็นยาแก้ผิวหนังผุพองได้ (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2542)

นอกจากจะมีความสำคัญที่เป็นอาหารของมนุษย์แล้ว ปลิงทะเลยังมีบทบาทที่สำคัญในระบบนิเวศอีกด้วย คือเป็นผู้ย่อยสลาย (decomposer) ซึ่งช่วยทำให้อินทรียวัตถุขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง และเป็นการปลดปล่อยสารอาหารที่มีขนาดเล็กให้กับสัตว์ขนาดเล็กและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บนพื้นและในตะกอนด้วย นอกจากนี้ปลิงทะเลยังขับถ่ายสารออกมาในรูปแอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารอาหารในระบบนิเวศได้ อาหารที่ปลิงทะเลกินเข้าไปและไม่สามารถย่อยได้ส่วนที่เหลือก็จะขับออกมาพร้อมกับตะกอนที่กินเข้าด้วย ซึ่งจะปลดปล่อยสารทั้งในรูปแขวนลอยและโมเลกุลที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นประโยชน์กับสัตว์ในกลุ่มที่กรองกินอาหารจากน้ำได้อีกด้วย ปลิงทะเลสามารถแบ่งกลุ่มตามลักษณะการกินอาหารออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่กินอนุภาคแขวนลอยอยู่ในน้ำและกลุ่มที่กินอินทรีย์สารที่ตกอยู่บนพื้นหรือปนอยู่กับตะกอน

ในประเทศไทยมีความหลากหลายของชนิดของปลิงทะเลไม่น้อยกว่า 80 ชนิด (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2542) ชนิดของปลิงทะเลที่รายงานว่าพบในประเทศไทยแสดงในตารางที่ 1 ปลิงทะเลที่นำมาบริโภคและซื้อขายเพียง 12 ชนิด ได้แก่ *Holothuria scabra, H. atra, H. nobilis, H. spinifera, H. leucospilota, Bohadschia marmorata, B. argus, B. vitiensis, Stichopus chloronotus, S. variegatus* และ *Thelonota ananas* สำหรับ *H. scraba* และ *B. marmorata* (สีพื้นตัวเป็นสีเทา) เรียกรวมกันเป็น "ปลิงขาว"

ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่าชนิดอื่นๆ และมีราคาแพง ส่วน *H. atra* และ *H. leucospilota* ปลิงทะเลที่มีพื้นตัวเป็นสีดำรวมเรียกว่า "ปลิงดำ" จะมีราคารองลงมาทั้งนี้เนื่องจากลำตัวมีสีไม่สวยและผนังลำตัวบาง (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2542)

จากความนิยมในการบริโภคปลิงทะเลที่มากขึ้น ทำให้มีการจับปลิงทะเลจากธรรมชาติเป็นจำนวนมาก จากการสำรวจพบว่าจำนวนปลิงทะเลที่มีราคาสูงมีปริมาณลดน้อยลงอย่างมากในธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ชาวประมงจึงหันมาทำการประมงปลิงทะเลชนิดอื่นที่มีราคาต่ำแต่มีปริมาณมากในธรรมชาติ เช่น *Holothuria atra* และ *H. leucospilota* ซึ่งระยะหลังพบว่ามีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์จากการทำประมงและแปรรูปมากขึ้น จนกระทั่งชาวประมงในพื้นที่ทำการประมงเฉพาะปลิงทะเลชนิดนี้ทั้งยังพบว่าชาวประมงส่วนใหญ่จะทำการประมงโดยไม่จำกัดขนาด และทำการประมงในเขตอุทยานทางทะเล เช่น หมู่เกาะสุรินทร์ จำนวนปลิงทะเลในธรรมชาติเขตจังหวัดระนอง พังงาและภูเก็ต มีจำนวนลดลงจนไม่พอแก่ความต้องการ ซึ่งเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นได้ว่าสภาวะการค้าปลิงทะเลนั้นเข้าสู่ภาวะวิกฤต (สมชัย บุศราวิช และนลินี ทองแถม,2543)

เมื่อปลิงทะเลในธรรมชาติมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว ย่อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศทางทะเลอย่างแน่นอน โดยเฉพาะเรื่องการสะสมของดินตะกอน การหมุนเวียนของธาตุอาหารในกระบวนการย่อยสลายในบริเวณพื้นท้องทะเลและการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร เนื่องจากปลิงทะเลในธรรมชาตินั้นมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศก็คือ เป็นผู้ใช้สารอินทรีย์ทั้งที่ตกลงมาอยู่ที่พื้นและที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
ทะเลฝั่งอ่าวไทย			
Order Aspirochirotida			
Actinogyga sp.2	สงขลา	น้ำลึกโคลนปนทราย	กรุณา สัตยมาศ, 2525
Holothuria Holothuria (Semperothuria) flavomacurata (Semper, 1868)	เกาะล้าน	ในแนวปะการัง	อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
**Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, 1833	บ้านเพ จ. ระยอง, แสมสาร จ. ชลบุรี ,เกาะล้าน, เกาะไผ่, เกาะเหลือมน้อย เกาะกลึง-บาดาล	พื้นทราย, แนวปะการัง	สมศักดิ์ ปัญหา, 2525; อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
Holothuria (Platyperona) difficilis	เกาะเหลือมน้อย	ติดชายฝั่งขอบในแนวปะการัง	อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
**Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* Brandt, 1835	พบบริเวณพื้นทะเลที่มีแนวปะการัง	พื้นทรายปนเศษหินปะการัง ในแนวปะการัง	อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
Holothuria (Metriatyla) ocellata Jaeger, 1833	สงขลา	-	กรุณา สัตยมาศ, 2525
Holothuria (Lessonothuria) pardalis	เกาะล้าน	ในแนวปะการัง	อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
**Holothuria (Metriatyla) scraba* Jaeger, 1833	บ้านเพ จ. ระยอง	พื้นทราย	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
**Holothuria (theleothuria) notabilis* Lugwig, 1874	สงขลา	พื้นทรายปนเศษหินปะการังเขตน้ำขึ้นน้ำลง	กรุณา สัตยมาศ, 2525
Holothuria (Thymiosycia) impatiens (Forskal, 1775)	เกาะล้าน	ใต้ก้อนหินบริเวณแนวปะการังเขตน้ำขึ้นน้ำลง, หาดหิน	สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2534
**Holothuria spinifera* Theel, 1886	สงขลา	-	กรุณา สัตยมาศ, 2525
**Stichoppus variegatus* Semper, 1968	หมู่เกาะล้านและหมู่เกาะไผ่	พื้นทรายปนเศษหินปะการัง	สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2534

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
Stichoppus var.*hemanii*	เกาะเหลือมน้อย	ขอบนอกแนวปะการัง	สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2534; อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
Order Dendrochirotida			
Pentacta anceps (Selenka, 1833)	เกาะเหลือมน้อย	ขอบนอกแนวปะการัง	สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2534; อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
Pentacta quadrangularis (Lesson,1833)	เกาะสาก	ในแนวปะการัง	
Pentacta austalis (Ludwig, 1876)	สงขลา	-	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508; อารมณ์ มุจรินทร์, 2541
Thyone okeni Bell, 1844	-	-	
Thyone sp I	เกาะครามน้อย	-	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
Thyone sp II	สงขลา	-	กรุณา สัตยมาศ, 2525
Menamaria bilolumnata Dendy and Hincle, 1907	สงขลา	-	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
Cladolebes schmeltzi (Ludwig, 1874)	อ่างศิลา จ. ชลบุรี	-	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
Order Molpadida			กรุณา สัตยมาศ, 2525
Paracaudina chileusis ransonnettii (Muller)	อ่างศิลา จ. ชลบุรี	-	กรุณา สัตยมาศ, 2525
Synapta maculata (Chamisso & Eysenhardt, 1821)	-	-	
ทะเลฝั่งอันดามัน			ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
Order Aspirochirotida	หาดป่าตอง	พื้นทรายน้ำตื้นระดับน้ำต่ำกว่าเขตน้ำลงต่ำสุด	ลักขณา กลินณศักดิ์, 2508
Actinogyga echinites (Jasger ,1833)	หาดไนยาง	พื้นทรายปนเศษหินปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Actinogyga lecanora (Jasger ,1833)	เกาะสิมิลัน	พื้นทราย, ปะการัง และพื้นหิน	
Actinogyga mauritiana (Quoy & Gaimard,1833)	เกาะพีพีดอน	แนวปะการัง ลึก 8 เมตร	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Actinogyga maliaris (Quoy & Gaimard,1833)	เกาะราไว	หาดหินและพื้นทรายปนหินปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
Actinogyga obesa Selenka	-	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Actinogyga sp.1	-	หาดหินและพื้นทรายปนหินปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
**Bohadschia argus* Jaeger, 1833	เกาะราไว	หาดหินและพื้นทรายปนหินปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Bohadschia graeffei (Semper, 1868)	เกาะพีพีดอน	แนวปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
**Bohadschia marmorata* Jaeger, 1833	แหลมพันวา	แนวปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
**Bohadschia vitiensis* (Semper, 1867)	แหลมพันวา	พื้นทรายปนเศษหินปะการัง	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Holothuria(Acanthotrapeza) coluber Semper, 1868	หาดไนยาง	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria(Cystipus) rigida (Selenka,1867)	เกาะสุรินทร์	แนวปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
**Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, 1833	เกาะสุดารา นัว ,หาดไนยาง	หาดทรายและหาดหิน	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Holothuria (Halodeima) edulis Lesson, 1830	เกาะสุดารา นัว	ใต้ก้อนหิน บริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมพร ศรียากร, 2513
Holothuria (Lessonothuria) pardalis Selenka, 1867	แหลมพันวา	ใต้ก้อนหินและปะการัง พื้นทรายปนเศษ	สมพร ศรียากร, 2513
Holothuria (Lessonothuria) verrucosa Selenka, 1867	แหลมพันวา	ปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
		แนวปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea Jaeger, 1833	แหลมพันวา	พื้นทรายปนเศษหินปะการัง	
**Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* Brandt, 1835	หาดไนยาง	แนวปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Metriatyla) albiventer Semper, 1868	หาดกะรน	แนวหญ้าทะเลบริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Metriatyla) ocellata Jaeger, 1833	เกาะมา	พื้นทราย	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
**Holothuria (Metriatyla) scraba* Jaeger, 1833	อ่าวตังเข็น	-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Holothuria (Microthele) axiologa H.L. Clark, 1921	-	พื้นทรายปนเศษหินบริเวณต่ำกว่า	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
	-	ระดับน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
**Holothuria (Microthele) nobilis* (Selenka, 1867)	-		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Microthele) fuscopucntata Jaeger, 1833	-	ใต้ก้อนหินบริเวณปะการังเขตน้ำขึ้นน้ำลง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Platyperona) difficilis Semper, 1868	เกาะสิมิลัน	ใต้ก้อนหิน และในพื้นโคลน	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
	-	ใต้หินปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Selenkothuria) crinaceus Semper, 1868		ใต้ก้อนหินแนวปะการัง	
Holothuria ((Selenkothuria) moebii, Ludwig, 1875	อ่าวตังเข็น	พื้นทรายปนเศษหินเขตน้ำขึ้นน้ำลง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Semperothuria) cinerascens (Brandt, 1835)	หาดคลองม่วง	พื้นทรายในแนวปะการัง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (theleothuria) notabilis Lugwig, 1874	หาดกะรน	ใต้ก้อนหิน	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Thymiosycia) arenicola Semper, 1867	เกาะยาวใหญ่		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Thymiosycia) conusalba Cherbonnier & Feran, 1984	หาดป่าตอง	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Thymiosycia) hilla Lesson, 1830	แหลมพันวา	หาดหิน, ใต้ก้อนหินบริเวณแนวปะการังเขตน้ำขึ้นน้ำลง	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Holothuria (Thymiosycia) impatiens (Forskal, 1775)	-	พื้นทราย	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
	ทางใต้ตะกั่วป่า	ทรายละเอียด ทรายปนโคลน	สมพร ศรียากร, 2513
Holothuria bivittata (Mistukuri,1912)		เปลือกหอยปนทราย ลึก 18-19 เมตร	
Holothuria matensii Semper, 1868	-		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
	เหนือตะกั่วป่า เกาะภูเก็ต	-	สมพร ศรียากร, 2513
		-	
Holothuria monocaria Lesson, 1830		-	

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
Holothuria squamifera Semper, 1868	ภูเก็ต	พื้นทราย, แนวปะการัง และแนวหญ้า	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
**Holothuria spinifera* Theel, 1886	-	ทะเล	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
**Stichopus cholronotus* Brandt, 1835	ภูเก็ต	ใต้ก้อนหิน	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
		แนวปะการัง	
**Stichoppus variegatus* Semper, 1968	อ่าวตังเข็น		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
**Theleonata ananas* (Jaeger, 1833)		ทรายปนโคลน ลึก 19 เมตร	
Order Dendrochirotida	เกาะด้ามขวาน	ทรายปนโคลน	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Cucumaria echinata V. Marenzeller,	เกาะสิมิรัน	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Cucumaria mosaiiac Kochler,		เกาะอยู่ตามซอกหิน	
Cucumaria frondosa Gunnerus,	เกาะภูเก็ต	-	สมพร ศรียากร, 2513
Hemithyone semperi (Bell, 1833)	ทางตะวันตกของประเทศไทย	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Leptapentacta javanicus Sluiter	ภูเก็ต	-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Pentacta quadrangularis (Lesson,1833)	บ้านแหลมสัก	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Pentacta austalis (Ludwig, 1876)	-	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Pseudocolochirus violaceus Theel	ภูเก็ต	-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Pseudocolochirus sp.	ภูเก็ต	ใต้ซอกหินบริเวณน้ำลงต่ำสุด	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Stolus buccalis (Stimpson, 1855)	-	ลึก 76 เมตร	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Actinocucumis typicus Ludwig, 1874	ภูเก็ต	ใต้พื้นทราย	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Afrocucumis africana (Semper, 1868)	แหลมพันวา	โคลนปนเปือกหอย ลึก 12 เมตร	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Globosita argus (Heding & Panning, 1954)	บ้านแหลมสัก		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543

ตารางที่ 1 ชนิดและการกระจายของปลิงทะเลในประเทศไทย (ต่อ)

ชนิด	แหล่งที่พบ	ถิ่นอาศัย	อ้างอิง
Phyllophorus parvipedes H.L. Clark, 1938	ทางตะวันตกของประเทศไทย	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Order Molpadida	หาดนพรัตน์ธารา	-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Acaudina molpadiodes Semper	ใต้ระนอง เกาะภูเก็ต	-	สมพร ศรียากร, 2513
Acauda sp.1		-	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Acauda sp. 2	-	แนวปะการังบริเวณน้ำลงต่ำสุด	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Ankyroderma roretzi Von Marenzeller	ภูเก็ต	-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Order Apodida	ภูเก็ต	แนวปะการัง	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Opheodesoma clarki Heding	ภูเก็ต	-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Opheodesoma australiensis, Heding, 1931		-	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Opheodesoma grisea (Semper, 1868)	แหลมพันวา	โคลนปนทราย ดินเหนียวปนทราย ลึก	มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2516
Pendekaplectana nigra (Semper, 1868)	-	12-27 เมตร	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Polyplectana kefersteini (Selenka, 1867)	อ่าวตังเข็น	หาดทรายปนหิน	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Protankyra pesudodigitata Semper, 1868	-	แนวปะการัง ลึก 7 - 12 เมตร	สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543
Synapta maculata (Chamisso & Eysenhardt, 1821)	เกาะ Bulou Mai Pai สตูล		สมพร ศรียากร,2513
Synapta recta (Semper, 1867)	ใต้ระนอง เหนือเกาะตะรูเตา ใต้เกาะตะลิบง กลางฝั่งทางเหนือของเกาะไห เกาะพีพีดอน		สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม ,2543

ลักษณะชีววิทยาบางประการของปลิงทะเล

1 ลักษณะทั่วไป

ปลิงทะเลจัดอยู่ Phylum Echinodermata สมาชิกใน phylum นี้ได้แก่ ดาวทะเล, เม่นทะเล, ดาวขนนก, ดาวเปราะ, อีแปะทะเส และปลิงทะเล ซึ่งตามลักษณะอนุกรมวิธานปลิงทะเลจัดอยู่ใน Class Holothuroidea ลักษณะเด่นคือมีรูปร่างยาวเป็นทรงกระบอก มีปากอยู่ทางด้านหน้าและมีช่องขับถ่ายอยู่ทางด้านปลาย ปลายด้านหน้าจะมีหนวด (tentacle) อยู่รอบปากมีหน้าที่ในการดักจับอาหาร (Pawson, 1966) เราสามารถแบ่งปลิงทะเลตามลักษณะหนวดได้เป็น 4 กลุ่ม คือ ปลิงทะเลที่มีหนวดแบบพุ่มไม้ (dendritate), ปลิงทะเลที่มีหนวดแบบจาน (peltate), ปลิงทะเลที่มีหนวดแบบขนนก (pinnate) และปลิงทะเลที่มีหนวดแบบนิ้วมือ (digitate) นอกจากนี้เรายังสามารถแบ่งปลิงทะเลตามลักษณะการกินอาหาร และแหล่งอาหาร โดยเราสามารถแบ่งปลิงทะเลจากการกินอาหารได้เป็น 2 กลุ่ม คือ พวกที่กินอาหารที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (suspension-feeder) และปลิงทะเลที่กินอาหารที่ตกอยู่ที่พื้นหรือปนอยู่ในตะกอน (deposit-feeder)ผิวลำตัวปลิงทะเลอาจนุ่ม บางโปรงแสงหรืออาจทึบ บางชนิดจะมีผิวเรียบแต่โดยปกติจะมีพุ่มยื่นออกมาเป็นหูด (warts) และมีแผ่นโครงร่าง (skeleton plates) ขนาดเล็กอยู่ในผิวลำตัว ที่บริเวณด้านท้องจะมีหลอดเท้าอยู่ซึ่งทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ ส่วนหลอดเท้า (podia or tube feet) ด้านหลังไม่ช่วยในการเคลื่อนที่ ในปลิงทะเลส่วนมากจะพบรอยท่อรัศมี (radial canal) ตามแนวยาวของลำตัวปรากฏออกมาภายนอก ซึ่งจะเป็นบริเวณที่มีหลอดเท้าอยู่ การกระจายตัวของปลิงทะเลมักพบว่ามีการกระจายอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณชายฝั่งและบริเวณแนวปะการัง และจะพบว่ามีการกระจายตัวอยู่อย่างเบาบางในเขตทะเลลึก

2 ระบบการหมุนเวียนน้ำและการควบคุมสมดุลน้ำและเกลือแร่ของปลิงทะเล

ระบบท่อการหมุนเวียนน้ำในปลิงทะเล (water vascular system) เป็นลักษณะที่พบเฉพาะในสัตว์กลุ่ม Echinoderm การหมุนเวียนน้ำของปลิงทะเลเกิดขึ้นภายในช่องตัว (coelom) โดยจะมีการสูบน้ำผ่านเข้ามาทางโคเอกา (cloaca) การการสูบน้ำเข้ามานี้จะทำให้เกิดกระบวนการในการทำงานของระบบหายใจ การขับถ่าย การกินอาหารและการเคลื่อนไหวของปลิงทะเลไปพร้อมกัน ช่องลำตัวเป็นช่องที่อยู่ระหว่างผนังลำตัวกับผนังด้านนอกของท่อทางเดินอาหารที่เป็นช่องที่มีขนาดใหญ่ ผนังช่องตัวบุด้วยเยื่อบุที่มีขนโบกให้เกิดการหมุนเวียนของเหลว ซึ่งเป็นการลำเลียงอาหารให้อวัยวะต่างๆได้วิธีหนึ่ง ภายในช่องลำตัวนี้มีเซลล์ช่องตัว (ceolomocyte) จำนวนมากและมีรูปร่างหลายแบบ ชนิดที่มีรูปแบบเป็นแผ่นอยู่ภายในฮีโมโกบิน เรียกว่า เซลล์เลือด

(hemocyte) ใช้ลำเลียงก๊าซ ถ้าอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากจะทำให้ของเหลวนั้นเกิดเป็นสีแดง เซลล์อีกแบบหนึ่งที่มีขนาดเล็กมากไม่มีสีเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่กิน (phagocytic amoebocyte) สามารถเขมือบสารประเภทอาหารที่อยู่ในของเหลวภายในตัวได้ นอกจากนี้ยังมีเซลล์ขนาดเล็กที่เคลื่อนที่แบบอมีบามีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง ท่อที่ใช้ลำเลียงเลือด (hemal canal) มักขนานไปกับท่อของระบบน้ำของเหลวที่ไหลไปตามท่อเลือด มีลักษณะเหมือนของเหลวภายในช่องตัวทุกประการ และประกอบด้วยเซลล์ในช่องตัวทุกชนิด เซลล์เหล่านี้เกิดขึ้นภายผนังของท่อเลือดนั้นเอง

นอกจากการหายใจและการขับถ่ายแล้วระบบท่อหมุนเวียนน้ำทำหน้าที่ควบคุมปริมาตรน้ำและเกลือแร่ระหว่างภายในเซลล์และน้ำที่สูบเข้ามาภายในช่องลำตัวปลิงทะเลด้วย โดยการเคลื่อนที่ผ่านเข้าและออกของโมเลกุลน้ำด้วยการออสโมซิส (osmosis) โดยหากน้ำทะเลที่อยู่ภายนอกมีความเข้มข้นต่ำกว่าภายในเซลล์จะทำให้โมเลกุลของน้ำจะออสโมซิสผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าไปในเซลล์ ในขณะที่การเคลื่อนที่ของเกลือแร่ภายในเซลล์กับน้ำที่อยู่ภายในช่องลำตัว โดยโมเลกุลของเกลือแร่จะเคลื่อนที่แบบแพร่ผ่านจากสารละลายที่มีความเข้มข้นของเกลือแร่มากไปน้อยจนกระทั่ง น้ำภายในเซลล์และภายในช่องลำตัวนั้นมีความเข้มข้นเกลือแร่เท่ากัน โดยหากปลิงทะเลอยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่ำจึงทำให้มีการซึมเข้าของโมเลกุลน้ำเข้าไปในตัวและเกลือแร่เคลื่อนที่แพร่ผ่านออกมาจากเซลล์ ทำให้ปริมาตรน้ำภายในตัวปลิงทะเลมากขึ้นจนเกินความจุน้ำในตัวปลิงทะเลจึงทำให้ปลิงทะเลขยายตัวจนแตกตายในที่สุด ดังนั้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเค็มต่ำลงนี้ปลิงทะเลจะต้องมีการใช้พลังงานสำหรับการปรับตัวทางสรีรวิทยาภายในเซลล์เพื่อคงสภาพชีวิตให้อยู่ในสภาวะนี้ได้

3. การกินอาหารของปลิงทะเล

เราสามารถจำแนกปลิงทะเลเป็น 2 กลุ่ม ตามรูปแบบการกินอาหาร คือปลิงทะเลที่กินอาหารจากอนุภาคที่แขวนลอยในน้ำ และปลิงทะเลที่กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้นหรือปนอยู่กับตะกอน (Roberts and Bryce, 1982) ซึ่งปลิงทั้ง 2 กลุ่ม จะมีลักษณะหนวดและรูปแบบการกินอาหารที่แตกต่างกัน ปลิงทะเลทั้ง 2 กลุ่มนี้จะมีแหล่งอาหารที่ต่างกันแล้วยังมีกลไกการจับอาหารที่ต่างกันด้วย ช่วยให้มีการแบ่งสรรทรัพยากรไม่แก่งแย่งแหล่งอาหารเดียวกันปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่แขวนลอยในน้ำจะมีการดักจับอาหารโดยจะยื่นส่วนหนวดชูขึ้นมาที่ผิวพื้นที่ฝังตัวอยู่ เพื่อทำให้อนุภาคที่ล่องลอยมากับน้ำติดกับเมือกที่สร้างเคลือบไว้ที่ผิวหนวด ส่วนปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่ตกหรือเคลือบอยู่ที่พื้นจะใช้หนวดยื่นออกมาจับอาหาร กลไกการจับอาหารของปลิงกลุ่มนี้นี้อาศัยลักษณะปลายหนวดที่จะแตกแขนงออกเป็นชี่ๆ โดยแผ่กระจายปลายหนวดที่เป็นชี่ๆออกเพื่อทำให้มีพื้นที่รับอาหารมากขึ้น และจะลดช่องว่างระหว่างชี่ในขณะเดียวกันก็หดหนวดเพื่อดัน

อาหารเข้าไปในปาก (Lawrence, 1987) การกระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมของปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารแบบที่เป็นอนุภาคล่องลอยในมวลน้ำและปลิงทะเลกลุ่มที่มีการกินอาหารที่ปนหรือเคลือบที่พื้นทะเล นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วย เนื่องจากปลิงทะเลทั้ง 2 กลุ่มนี้จะมีความแตกต่างกันทางลักษณะทางสรีรวิทยานั้นเอง ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกินอาหารได้แก่ ปริมาณอาหารและชนิดของอาหาร ขนาดอนุภาคตะกอน ปริมาณของจุลินทรีย์ในตะกอน และแสง เป็นต้น

3.1 รูปแบบการกินอาหารของปลิงทะเล

1. ปลิงทะเลที่กินอาหารที่เป็นอนุภาคที่ล่องลอยในน้ำ (suspension-feeder) ปลิงทะเลในกลุ่มนี้มีหนวดลักษณะคล้ายพุ่มไม้ (dendritate) จัดอยู่ในอันดับ Dendrochirotida ได้แก่ *Cucumaria spp.* , *Thyone spp.*, *Psolus spp.* ดังรูปที่ 1

2. กินอาหารที่ปนหรือเคลือบอยู่กับพื้น (deposit-feeder)

ปลิงทะเลกลุ่มนี้มีลักษณะหนวดหลายแบบได้แก่ หนวดแบบจาน, หนวดแบบขนนก และหนวดแบบนิ้วมือ

2.1 ลักษณะหนวดแบบจาน (peltate or shield like)

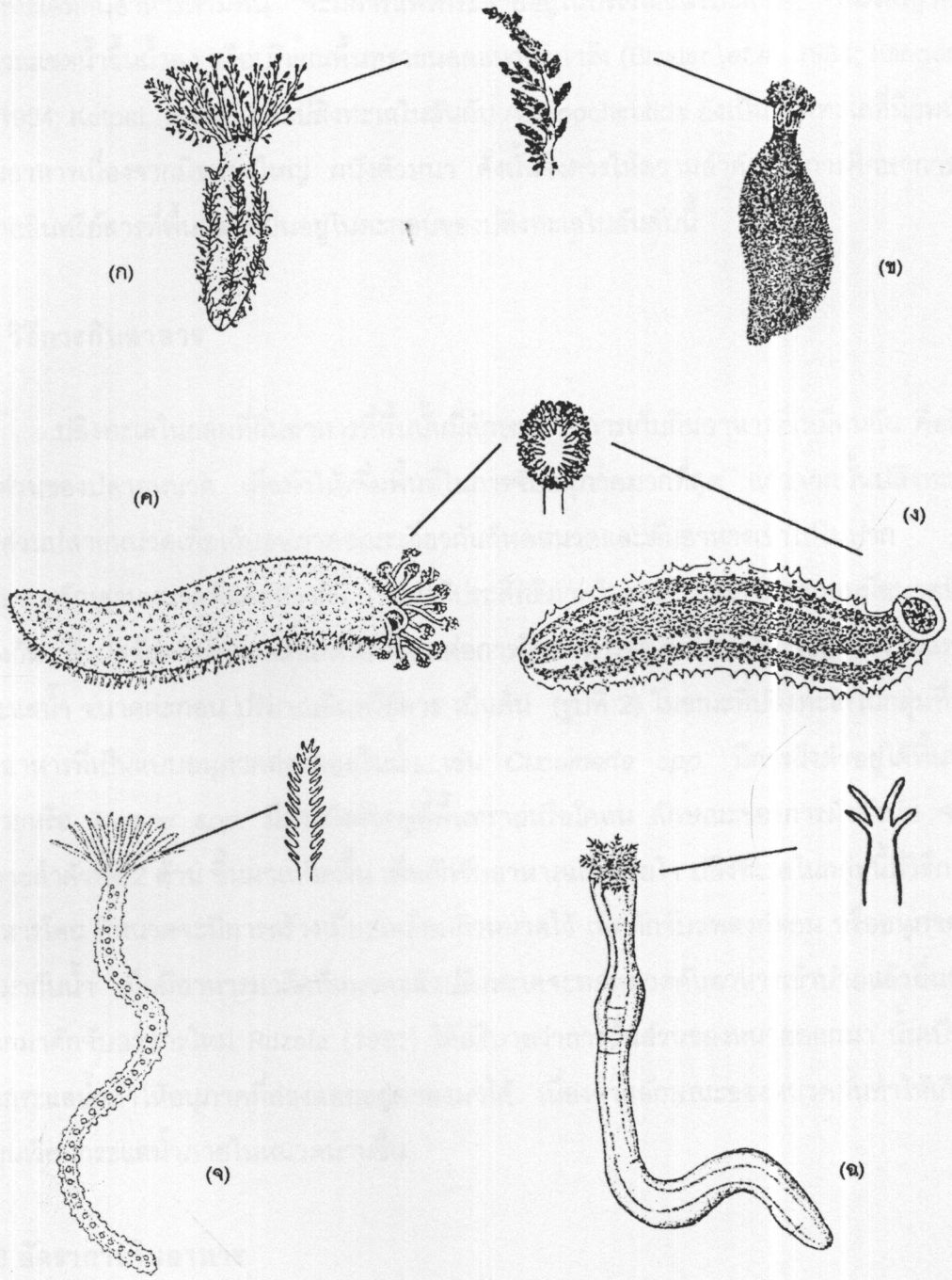
ปลิงทะเลที่มีหนวดลักษณะนี้ได้แก่ ปลิงทะเลที่จัดอยู่ในอันดับ Aspidochirotida ได้แก่ *Holothuria* spp., *Stichopus* spp., *Actinopyga* spp. เป็นต้น และอันดับ Elasipodida ได้แก่ *Elpidia* spp., *Pelagothuria* spp.เป็นต้น (Kutpal, 1975) นอกจากปลิงทะเลแต่ละชนิดจะมีการกระจายอยู่ในบริเวณที่มีตะกอนขนาดแตกต่างกันยังมีลักษณะการกินตะกอนแตกต่างกันด้วย เช่น ในปลิงทะเลบางชนิดจะกินอาหารที่เคลือบอยู่บนพื้น เช่น *Holothuria cinerascens*, *H. difficilis* และ *H. impatiens* เป็นปลิงทะเลที่มีแหล่งอาศัยอยู่บริเวณเดียวกันแต่มีวิธีการกินอาหารแตกต่างกันคือ *Holothuria cinerascens* มีการกินอาหารที่พื้นและที่อยู่ในน้ำ ส่วน *H. difficilis* และ *H. impatiens* มีการกินอาหารที่เคลือบอยู่บนพื้นหรืออยู่บนก้อนหิน (ตารางที่ 2)

2.2 ลักษณะหนวดคล้ายขนนก (pinnate)

ปลิงทะเลที่มีหนวดลักษณะนี้ได้แก่ ปลิงทะเลที่อยู่ใน Order Apodida หรือ Synaptida เช่น *Leptosynapta* spp., *Chiridota spp.*, *Ophedesoma spectabilis* (Clark, 1977) เป็นต้น

2.3 ลักษณะหนวดคล้ายนิ้วมือ (digitate)

ปลิงทะเลที่มีหนวดลักษณะนี้ได้แก่ ปลิงทะเลที่อยู่ในอันดับ Molpodiida เช่น *Molpodia* spp., *Caudina* spp. (Reese, 1966)



รูปที่ 1 ปลิงทะเลที่มีหนวดลักษณะต่างๆ (ก) *Cucumiaria planci* และ (ข) *Thyone sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีหนวดแบบพุ่มไม้ (dentritate tentacle) (ค) *Holothuria forskali* และ (ง) *Stichopus badionotus* เป็นปลิงทะเลที่มีหนวดแบบจาน (จ) *Euapta lappa* เป็นปลิงทะเลที่มีหนวดแบบขนนก และ (ฉ) *Synapta sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีหนวดแบบนิ้วมือ (Kutpal, 1975, Pawson, 1966)

ปลิงทะเลใน Order Aspidochirotida นี้มีการกระจายอยู่มากกว่า Order อื่นในกลุ่มปลิงทะเลที่กินอาหารตามพื้น จะมีการแพร่กระจายอยู่ในบริเวณแนวปะการัง, แนวหญ้าทะเล, บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง หรือบริเวณพื้นทรายนอกแนวปะการัง (Biaxter ,*et.al*, 1984; Klinger, *et. al*, 1994; Kutpal, 1976) และปลิงทะเลในอันดับ Aspidochirotida ยังเป็นปลิงทะเลที่นิยมนำมาเป็นอาหารเนื่องจากมีขนาดใหญ่ ผนังตัวหนา ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญต่อการศึกษาการย่อยสลายอินทรีย์สารที่พื้นและที่ปนอยู่ในตะกอนของปลิงทะเลในอันดับนี้

3.2 วิธีการกินอาหาร

ปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่พื้นนั้นมีลักษณะวิธีการเก็บกินอาหารที่เหมือนกัน คือมีการแผ่ส่วนของปลายหนวด เพื่อทำให้เพิ่มพื้นที่ในการจับอนุภาคมากที่สุด แล้วจากนั้นปลิงทะเลจะหดส่วนปลายหนวดเพื่อเก็บอนุภาคขณะเดียวกันก็หดหนวดและดันอาหารเข้าไปในปาก แต่ลักษณะสัณฐานหนวดที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการจับอนุภาคตะกอนมีขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมด้วยที่มีผลต่อการกินอาหารของปลิงทะเล เช่น ความแรงของกระแสน้ำ ขนาดตะกอน ปริมาณอินทรีย์สาร เป็นต้น (รูปที่ 2) ในขณะที่ปลิงทะเลในกลุ่มที่มีการกินอาหารที่เป็นแบบอนุภาคล่องลอยในน้ำ เช่น *Cucumaria spp.* มีการฝังตัวอยู่ใต้พื้นที่เป็นทรายหรือ *Thyone spp.* มีการฝังตัวอยู่ที่พื้นทรายหรือโคลน ลักษณะของการฝังตัวนั้น จะโผล่ปลายลำตัวทั้ง 2 ด้าน ขึ้นมาเหนือพื้น เพื่อดักจับอาหารและหายใจ ปลิงทะเลในกลุ่มนี้มีวิธีการกินอาหารโดย ที่หนวดจะมีการสร้างเมือกเคลือบผิวหนวดไว้ เพื่อดักจับแพลงก์ตอน หรืออนุภาคที่ตกลงมากับน้ำ เมื่อมีอาหารมาติดที่หนวดแล้วปลิงทะเลจะหดหนวดดันอาหารเข้าปากแล้วยื่นหนวดออกมาดักจับอาหารใหม่ Ruzafa (1991) ได้อธิบายว่าการยื่นส่วนของหนวดออกมา นั้นเป็นวิธีที่ลดกระแสน้ำทำให้อนุภาคที่ล่องลอยอยู่ตกลงมาได้ เนื่องจากลักษณะของหนวดนั้นทำให้เกิดการหมุนเวียนกระแสน้ำภายในหนวดนานขึ้น

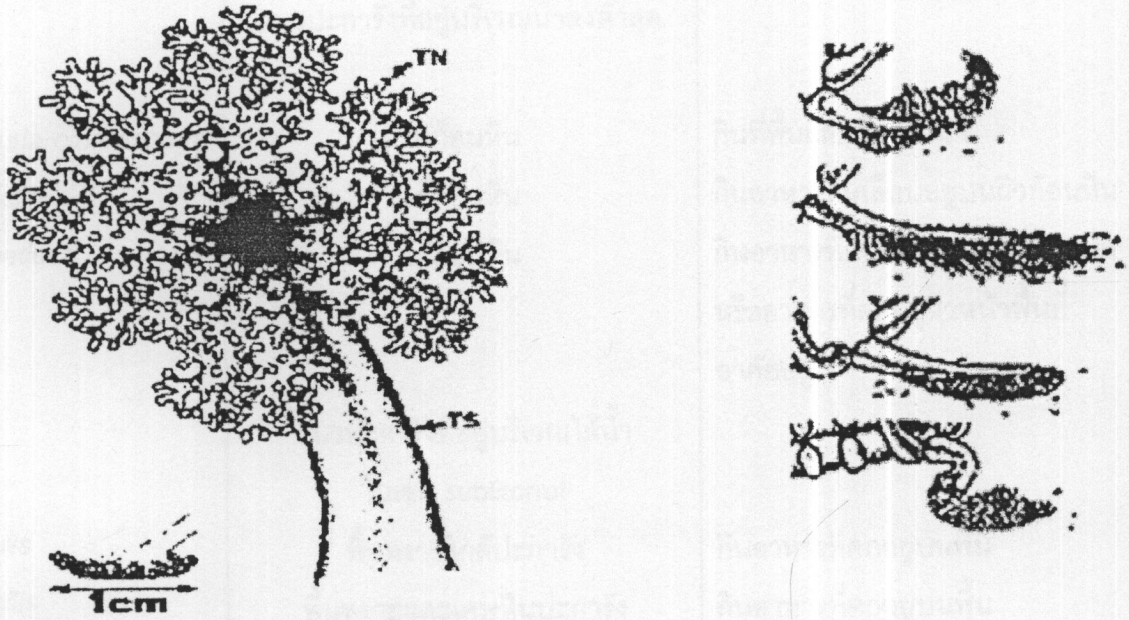
3.3 อัตราการกินอาหาร

มีการศึกษาพบว่าการกินอาหารของปลิงทะเลจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายประการ ได้แก่ ความเค็ม ขนาดของอนุภาคอาหาร ชนิดอาหารและปริมาณจุลินทรีย์

1 ความเค็ม

จากที่กล่าวไปข้างต้นนั้นปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงแคบและระบบการหายใจ การขับถ่ายและการเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อต่างๆนั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นการมีความเค็มน้ำทะเลที่ยังอยู่ในช่วงความเค็มที่ปลิงทะเลสามารถปรับตัวอยู่ได้นั้นอาจไม่มีผลต่อการกินอาหารของปลิงทะเล แต่หากปลิงทะเลอยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่ำกว่าที่สามารถทนอยู่

ได้ จึงมีผลทำให้ปลิงทะเลไม่สามารถกินอาหารได้ เนื่องจากปลิงทะเลจะมีพฤติกรรมลดการสัมผัสน้ำทะเลที่ต่ำลง ซึ่งมีผลต่อการควบคุมปริมาณเกลือแร่และน้ำภายในตัวนั้น พบว่าปลิงทะเล *Thyone sp.* สามารถอยู่ในน้ำทะเลที่จืดลงได้ 24 ชั่วโมง ในขณะที่สามารถอยู่ในน้ำทะเลที่ถูกระเหยได้ 3 สัปดาห์



(ก) (ข)

รูปที่ 2 วิธีการใช้หนวดกินอาหารของปลิงทะเลกลุ่มต่างกัน (ก) กลุ่มที่มีหนวดแบบจาน (peltatate) (ข) กลุ่มที่มีหนวดแบบขนนก (pinnate) (Lawrence, 1987)

ตารางที่ 2. ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของปลิงทะเลกลุ่ม deposit-feeder พบที่ เกาะอะบรอธรอส (Abrothos) ประเทศออสเตรเลีย

(Roberts and Bryce, 1982)

ชนิด	ลักษณะที่อยู่อาศัย	วิถีการกินอาหาร
	แนวปะการังที่อยู่บริเวณน้ำลงต่ำสุด	
Holothuria cinerascens	ใต้ก้อนหิน	กินที่พื้นและที่อยู่ในน้ำ
H. difficilis	ใต้ก้อนหิน	กินอาหารที่เคลือบอยู่บนผิวก้อนหิน
H. impatiens	ใต้ก้อนหิน	กินอาหารที่เคลือบอยู่บนผิวก้อนหิน หรืออาหารที่ตกอยู่ผิวหน้าพื้นที่อาศัยอยู่
	แนวปะการังที่อยู่บริเวณใต้น้ำในเขต sublitorral	
H. edulis	พื้นทรายใกล้ปะการัง	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
H. nobilis	พื้นทรายและเศษหินปะการัง	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
H. atra	เศษหินปะการัง	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
H. hartmeyeri	พื้นทรายละเอียดและโคลน (≈30ม.)	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
Holothuria cf. pervicax	พื้นทรายละเอียดและโคลน (≈30ม.+)	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
Actinogyga echinites	พื้นทราย	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
Actinogyga sp.	พื้นทรายละเอียดและโคลน (≈30ม.+)	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น
Stichopus sp.	พื้นทรายละเอียดและโคลน (≈30ม.+)	กินอาหารที่ตกอยู่บนพื้น

2 ขนาดของตะกอน

โดยพบว่าขนาดของอนุภาคจะมีความสัมพันธ์กับบริเวณที่ปลิงทะเลอาศัยอยู่ (ตารางที่ 3) ในเดียวกันพบว่าชนิดและปริมาณอาหารก็มีผลต่ออัตราการกินอาหารด้วย (ตารางที่ 4) เนื่องจากแหล่งที่มีของอาหารของปลิงทะเลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แหล่ง ได้แก่ แพลงก์ตอนหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซากพืชซากสัตว์ (detritus) และอินทรีย์สารที่มีปนอยู่ในตะกอน (GacGinitie and McGinitie, 1949 อ้างโดย Pawson, 1966)ในการกินอาหารของปลิงทะเลใน Order Aspidochirotida นั้นจะมีการกินตะกอนปนเข้าไปด้วย ซึ่งพบว่ามูลที่ปลิงทะเลขับถ่ายออกมา มี

ตะกอนทุกขนาดที่พบอยู่ในตะกอนรอบๆที่ปลิงอาศัยอยู่ (Klinger, 1994) *Holothuria atra* เป็นชนิดที่พบบริเวณด้านในแนวปะการัง ในขณะที่ *H. leucospilota* ปลิงทะเลที่มากในบริเวณนอกออกไปจากแนวปะการัง *H. atra, H. leucospilota* กินตะกอนโดยเฉลี่ยต่อตัวคือ 29.56 และ 15.75 กรัม (ปริมาณของมูลปลิงทะเลต่อวัน × น้ำหนักแห้งของมูลปลิงทะเล) *Holothuria atra* ในธรรมชาติพบไม่มากนักความหนาแน่น < 1/20 m^2 พบบริเวณน้ำตื้นและพบอยู่ในตะกอนที่มีขนาดใหญ่มากกว่าบริเวณที่มีตะกอนขนาดเล็ก (Roberts and Bryce, 1982) ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (mean particle size) 350 ไมโครเมตร (Roberts, 1979)

ที่หมู่เกาะปารี (Pari Islands) ประเทศออสเตรเลีย *H. atra* พบอยู่ในตะกอนทราย (0.0625 – 2 มิลลิเมตร) *H. leucospilota* พบในบริเวณตะกอบแบบทรายปนเศษหินปะการัง เกาะเบียคอน (Beacon Island) ทางตะวันตกของออสเตรเลีย พบ *H. atra* บริเวณตะกอนแบบเศษหินปะการัง ในขณะที่บริเวณเกาะกวม (Guam) พบ *H. leucospilota* บริเวณใต้ก้อนหินและ *H. atra* บริเวณที่เป็นทราย ตารางที่ (Roberts, 1979) ซึ่งปลิงทะเลแต่ละชนิดจะพบว่ามีขนาดตะกอนเฉลี่ยแตกต่างกัน ดังเช่นใน *Holothuria edulis* และ *Actinopyga echinites* กระจายอยู่บริเวณพื้นที่เป็นทราย (sand) แต่พบว่าค่า M.P.S. ต่างกัน คือ *H. edulis* เท่ากับ 333 ไมโครเมตร แต่ใน *A. echinites* เท่ากับ 150 ไมโครเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 การแบ่งแหล่งอาศัยของปลิงทะเลตามกลุ่มขนาดตะกอน

(Roberts and Bryce, 1982)

หมู่เกาะ ปารี (Pari Islands) : ประเทศอินโดนีเซีย	เกาะเบียคอน (Beacon Island) : ทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย	เกาะกวม (Guam)
ทราย	ใต้ก้อนหิน (เขตน้ำขึ้นน้ำลง)	ใต้ก้อนหิน
Actinopyga echinites	*Holothuria cinerascens*	*Holothuria cinerascens*
Holothuria atra	*H. impatiens*	*H. impatiens*
Bohadschia marmorata	*H. difficilis*	*H. difficilis*
Holothuria edulis	ทราย	*H. pervicax*
Bohadschia argus	*Holothuria edulis*	*Opheodesoma grisea*
B. graeffei	*Actinopyga echinites*	*H. leucospilota*
ทรายปนเศษหินปะการัง	ทรายปนเศษหินปะการัง	ทราย
Stichopus variegatus	*Holothuria nobilis*	*Actinopyga echinites*
Holothuria coluber	เศษหินปะการัง	*Holothuria atra*
H. leucospilota	*Holothuria atra*	*H. nobilis*
Actinopyga lecanora	ทรายปนโคลนเขตน้ำลึก	*H. edulis*
แนวหญ้าทะเล	*H. cf.pervicax*	*Bohadschia marmorata*
Opheodesoma grisea	*H. hartmeyeri*	*B. argus*
Holothuria fuscocinerena	*Stichopus sp.*	หิน
	Actinopyga sp.	*Actinopyga mauritiana*
		B. graeffei

ตารางที่ 4 อัตราการกินอาหารของปลิงทะเลกลุ่ม deposit-feeder บางชนิด (ดัดแปลงจาก Lawrence, 1982)

ชนิด	ปริมาณที่กินเข้าไป (กรัมของน้ำหนักแห้งตะกอนที่กิน/ตัว/วัน)
Bohadschia bivitata	124
B. vitiensis	73
Holothuria atra	85
H. edulis	58
H. flavomaculata	23
H. scabra	196
Isostichopus bodionotus	20-175
Parastichopus parvimensis	Particulate matter 2.8 Granular matter 21.84
Stichopus varieqatus	49
Leptosynapta tenuis	18.43

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของตะกอน (median particle size: M.P.S.)ที่พบในทางเดินอาหารของปลิงทะเลกับขนาดเฉลี่ยโนดูล (nodule) ของหนวดปลิงทะเล (Roberts and Bryce, 1982)

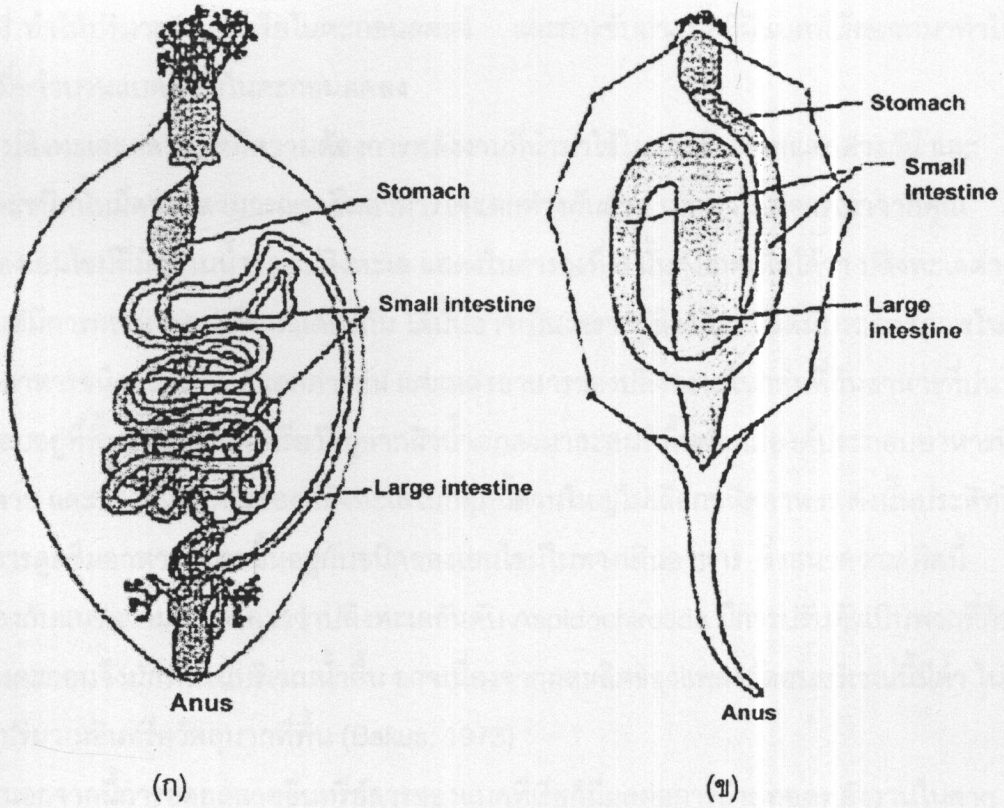
ชนิดปลิงทะเล	ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของตะกอนในทางเดินปลิงทะเลอาหาร (ไมโครเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยโนดูลของหนวดปลิงทะเล (ไมโครเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของกลุ่มโนดูล (ไมโครเมตร)
Holothuria cinerascens	352	115	202
H. impatiens	115	85	407
H. edulis	333	121	230
Actinopyga echinites	150	123	-
Holothuria nobilis	983	130	452
H. atra	1650	250	430
H. hartmeyeri	450	245	572
Actinipygus sp.	140	-	-
H. cf. pervicax	372	160	278
Stichopus spp.	-	180	550

3 ชนิดอาหาร ประสิทธิภาพในการย่อยและความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์

การศึกษาเกี่ยวกับการกินอาหารของปลิงทะเล จากตารางที่ 3-4 แสดงให้เห็นได้ว่าปลิงทะเลแต่ละชนิดมีอัตราการกินอาหารแตกต่างกันแล้วยังพบว่ามีการกระจายตัวในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยแตกต่างกันด้วย โดยในธรรมชาติที่บริเวณระบบนิเวศหนึ่งเราสามารถพบว่ามีการกระจายตัวอยู่ของปลิงทะเลหลายชนิดการอยู่ร่วมกันในที่นี้อาจเนื่องจากการแบ่งสรรทรัพยากร โดยพบว่าปลิงทะเล *H atra* สามารถใช้อินทรีย์ในโตรเจนจากตะกอนทรายประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และปลิงทะเล *S. japonicus* สามารถย่อยอินทรีย์คาร์บอนในตะกอนได้ประมาณ 51-57 เปอร์เซ็นต์ (Trefz, 1956, Choe, 1963 อ้างโดย Bakus, 1973) ดังนั้นปลิงทะเลแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการกินอาหารในขนาดที่แตกกัน ปริมาณที่กินแตกต่างกัน และยังมีพบว่าปลิงทะเลแต่ละชนิดมีเอนไซม์เป็นองค์ประกอบในน้ำย่อยแตกต่างกันด้วย ดังเช่น ใน *Stichopus japonicus* มีเอนไซม์ย่อยลิปิดที่มีฤทธิ์อ่อน แต่ใน *H. atra* จะพบว่ามีเอนไซม์ที่ย่อยลิปิดที่มีฤทธิ์แรง (จากตารางที่ 6) ดังนั้นคุณสมบัติของชนิดเอนไซม์ก็เป็นส่วนที่ทำให้ปลิงทะเลแต่ละชนิดนั้นกินอาหารแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารแบบปนหรือเคลือบที่พื้น ยังมีลักษณะทางสรีระที่แตกต่างกับปลิงในกลุ่มกินอาหารแบบอนุภาคที่ล่องลอยในมวลน้ำ คือทางเดินอาหารในกลุ่มที่กินอาหารแบบอนุภาคที่ล่องลอยในมวลน้ำจะมีความยาวของทางเดินอาหารมากกว่าทางเดินอาหารของปลิงในกลุ่มที่กินอาหารแบบที่ปนหรือเคลือบที่พื้นและตะกอนสัดส่วนความยาวของทางเดินอาหารในกลุ่มที่กินอาหารแบบอนุภาคที่ล่องลอยน้ำมวลน้ำ อาจยาวถึง 3 เท่าของความยาวลำตัว (Anderson, 1966) รูปที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอาหารที่ปลิงทะเลกลุ่มที่กินอาหารจากอนุภาคที่ล่องลอยในน้ำ เช่น แพลงก์ตอน สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ได้แก่ โปรตัวซัว แบคทีเรีย และนอกจากนี้ยังรวมถึงอนุภาคของอินทรียวัตถุขนาดเล็กด้วย ซึ่งในมวลน้ำมีปริมาณอาหารน้อยกว่าอาหารที่มีอยู่ที่พื้น จึงทำให้ปลิงทะเลกลุ่มนี้มีทางเดินอาหารที่ยาวเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซึมอินทรีย์สารมากขึ้นโดยการศึกษาของ Harris (1993) พบว่าจุลินทรีย์และแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ภายในทางเดินอาหารของปลิงทะเล ซึ่งมีการอาศัยอยู่แบบเกื้อกูล (commensal) นั้นมีบทบาทสำคัญต่อ กระบวนการทางสรีรวิทยาของปลิงทะเล เช่น การย่อยสลายองค์ประกอบเชิงซ้อนของอาหาร การสร้างธาตุอาหารที่จำเป็นต่อปลิงทะเล การตึงไนโตรเจน การสังเคราะห์กรดอะมิโน เป็นต้น กระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์ที่เชื่อมไปยังความสามารถในการย่อยอินทรีย์สารหรือประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารจากตะกอนและอนุภาคที่ปลิงทะเลที่กินเข้าไป

ตารางที่ 6 เอนไซม์ที่ในน้ำย่อยที่พบอยู่ในกระเพาะอาหารของปลิงทะเล
(ดัดแปลงจาก Binyon, 1972)

ชนิด	ชนิดเอนไซม์
กลุ่มที่กินอาหารที่เป็นอนุภาคล่องลอยในน้ำ	
Thyone briareus	Protease, invertase, lipase
กลุ่มที่กินอาหารที่ปนหรือเคลือบที่พื้น	
Holothuria sp.	Protase, invertase, lipase, maltase, amylase
H. forskali	Alginase
H. atra	Strong lipase
Stichopus japonicus	Amylase, cellulase, pactinase, dipeptidase, weak lipase



รูปที่ 3 (ก) ทางเดินอาหารของ *Thyone sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีการกินอาหารที่เป็นอนุภาคล่องลอยในน้ำ
(ข) ทางเดินอาหารของ *Paracaudina sp.* เป็นปลิงทะเลที่มีการกินอาหารที่ปนหรือเคลือบอยู่ที่พื้น
(Anderson, 1966)

Massin (1982) รายงานไว้ว่าอุจจาระของ *Holothuria tubulosa* มีปริมาณอินทรีย์สารมากกว่าในตะกอนดินที่อาศัยอยู่ สันนิษฐานได้ว่าปริมาณอินทรีย์สารที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียที่เข้าไปกับอาหารที่ปลิงทะเลกินเข้าไป ซึ่งภายในตัวปลิงทะเลนั้นอาจมีสภาพที่เอื้อต่อการเจริญแบคทีเรียได้ Moriarty (1982) ได้รายงานว่า ระดับของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในทางเดินอาหารตอนต้นของปลิงทะเลมีสูงกว่าในตะกอนที่อาศัยอยู่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนที่มากขึ้น น่าจะมาจากการเจริญของแบคทีเรียที่ผ่านเข้าไปในทางเดินอาหาร Plante and Jumars (1993) พบว่าจำนวนแบคทีเรียทางเดินอาหารตอนต้นของไส้เดือนทะเล *Abarenicola pacifica* มีมากกว่า ตะกอนที่ถูกกินเข้าไป และแบคทีเรียมีจำนวนลดลงในทางเดินอาหารตอนกลาง แสดงให้เห็นว่า มีพฤติกรรมการเลือกกินและการย่อยที่จำกัด และไม่พบว่าแบคทีเรีย Pseudomonad มีการเจริญเติบโตในทางเดินอาหารตอนปลาย นอกจากปลิงทะเลจะได้รับสารอาหารได้จากแบคทีเรียแล้วปลิงทะเลยังมีบทบาทต่อการควบคุมปริมาณแบคทีเรียในตะกอนอีกด้วย เนื่องจากปริมาณแบคทีเรียจะมีเปอร์เซ็นต์ที่มากขึ้น จาก 4.1% ในตะกอนเป็น 12.2% ในทางเดินอาหารตอนต้นของปลิงทะเล *Holothuria tubulosa* แต่จะลดลงเหลือ 11.6%ที่ทางเดินอาหารตอนปลายและ ในมูลปลิงทะเลเหลือ 6.2% เท่านั้น อาจสรุปได้ว่าปลิงทะเลเป็นตัวควบคุมปริมาณความหนาแน่นของแบคทีเรียในตะกอน โดยกินแบคทีเรียซึ่งปนไปกับตะกอนที่ถูกกินเข้าไป ทำให้ปริมาณแบคทีเรียในตะกอนลดลง และการขับถ่ายมูลที่มีแบคทีเรียออกมาทำให้เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนแบคทีเรียในตะกอนลดลง

ปลิงทะเลแต่ละชนิดมีความต้องการพลังงานที่นำมาใช้ในการดำรงชีพแตกต่างกัน และปลิงแต่ละชนิดนั้นมีความสามารถดูดซึมอาหารได้แตกต่างกันด้วย เมื่อเราได้พิจารณาจากคุณสมบัติของเอนไซม์ที่มีอยู่ในน้ำย่อยปลิงทะเล แสดงในตารางที่ 6 นั้นสังเกตเห็นได้ว่า ปลิงทะเลต่างชนิดกันแต่มีการกระจายอยู่บริเวณเดียวกัน ได้นั้นอาจเป็นเพราะปลิงแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารชนิดเดียวกันได้แตกต่างกัน แต่แหล่งอาหารของปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่ปนหรือเคลือบอยู่ที่พื้นทะเล คืออินทรียวัตถุจากผิวน้ำตกลงมาสะสมที่พื้นย่อมมีองค์ประกอบอาหารที่หลากหลาย และการกินอาหารของปลิงทะเลในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ไม่เลือกชนิดอาหาร ดังนั้นประสิทธิภาพในการดูดซึมอาหารนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ซึ่งแนวความ คิดนี้สอดคล้องกับแนวความคิดที่กล่าวว่าปลิงทะเลอันดับ Aspidochirotida มีการปรับตัวเป็นพวกที่กินอาหารในตะกอนจึงมักพบในบริเวณน้ำตื้น อาจเนื่องจากผลผลิตของแพลงก์ตอนบริเวณนี้มีต่ำ ในขณะที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากที่พื้น (Bakus, 1973)

นอกจากนี้การย่อยสลายอินทรีย์สารของแบคทีเรียก็มีผลต่อการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารของปลิงทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่ปนและเคลือบบนพื้นด้วย เนื่องจากแบคทีเรียนั้นมีเอนไซม์ที่ย่อยสลายสารประกอบจำพวก เซลลูโลสหรือมีโครงสร้างซับซ้อนทำให้ย่อยสลายยาก จึง

มักพบว่าสัตว์ทะเลในกลุ่มที่กินอาหารที่ปนหรือเคลือบอยู่ที่พื้นทะเลนั้นไม่สามารถย่อยและดูดซึมอาหารที่เป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนได้ Yingst (1976) พบว่าปลิงทะเล *Parastichopus parvimensis* (Clark) จะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากอินทรียวัตถุ ที่มาจากสาหร่ายสีเขียว, สีน้ำตาล, สีแดง นั้นหากไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากแบคทีเรียหรือเชื้อราก่อน Tenore (1981) พบว่าไส้เดือนทะเลดูดซึมอาหารไปใช้ได้น้อยจากอินทรียวัตถุที่มาจากพืชชั้นสูง ซึ่งมีองค์ประกอบที่มีอัตราส่วนอาหารที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ในขณะที่อาหารที่มาจากสาหร่ายทะเลสัตว์สามารถดูดซึมไปใช้ได้ แต่เขาได้สันนิษฐานว่าแบคทีเรียในตะกอนนั้นสามารถใช้อินทรียวัตถุที่มาจากพืชชั้นสูงในการเจริญได้ ในขณะเดียวกันก็จะเป็นการเพิ่มอินทรีย์ไนโตรเจน ที่ไส้เดือนทะเลสามารถนำไปใช้ได้ ปลิงทะเลบางชนิดใช้สารโพลีเมอร์ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นมาเป็นอาหารได้ Baird & Thistle (1986) พบว่า ปลิงทะเล *Parastichopus badionotus* สามารถนำสารที่ *Pseudomonas atlantica* ดังนั้นความสามารถในการย่อยของปลิงทะเลที่แตกต่างกันจึงอาจเป็นผลทำให้ปลิงทะเลบางชนิดมีการเลือกอาหารได้ *Stichopus chloronotus* Brandt กับ *S. variegatus* Semper จะเลือกกินเฉพาะในตะกอนที่มีสาหร่ายขนาดเล็กอยู่ปริมาณสูงเท่านั้น (Uthicke and Karez, 1999) แต่ในชนิด *Holothuria atra* และ *H. edulis* นั้นไม่พบพฤติกรรมในการเลือกกินประเภทอาหาร เนื่องจาก *Holothuria sp.* จะมีเอนไซม์หลายชนิด และมีเอนไซม์ที่ย่อยอินทรียวัตถุที่เป็นซากจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง แต่เอนไซม์ของ *Stichopus japonicus* เป็นชนิดที่สามารถย่อยอาหารได้จำพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งในแพลงก์ตอนพืชมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าปลิงทะเลในกลุ่มที่มีการกินอาหารที่ปนหรือเคลือบที่พื้นทะเล มักจะกินอาหารในช่วงเวลากลางคืน บางชนิดกินอาหารตลอดเวลา *Holothuria vitensis* พบว่ามีอวัยวะที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับแสงอยู่ที่ปลายด้านท้ายของตัว ปลิงทะเลส่วนใหญ่มีการตอบสนองต่อแสงเป็นแบบ negative (Pawson, 1966) จึงมักพบว่าอัตราการกินอาหารเวลากลางคืนมักจะสูงกว่าในเวลากลางวัน ส่วนปลิงทะเลที่อาศัยอยู่บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง ไม่พบว่ามีการกินอาหารในช่วงเวลาน้ำลง ทั้งนี้เนื่องจากปลิงทะเลมีการหายใจโดย สูบฉีดน้ำเข้าสู่ช่องโคลเอกา และการกินอาหารของปลิงบางชนิดก็รับอาหารที่ตกลงมาจากน้ำ *Bohadchia bivittata* เป็นชนิดเดียวในกลุ่มที่กินอาหารในตะกอน ที่พบว่ามีการฝังตัวลงในพื้น อาจเป็นพฤติกรรมที่หลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่สูงเกินไปเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียน้ำออกจากตัวเมื่อน้ำลง (Roberts & Bryce, 1982)

3.4 วิธีการศึกษาการกินอาหารของปลิงทะเล

ปลิงทะเลทั้งสองชนิดที่ทำการศึกษานั้นเป็นปลิงทะเลที่อยู่ในกลุ่มที่มีการกินอาหารแบบที่ปนหรือเคลือบอยู่ที่พื้น (deposit-feeder) ปลิงทะเลในกลุ่มนี้สามารถพบได้แพร่หลายมากกว่าปลิงทะเลในกลุ่มที่มีการกินอาหารจากอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (suspension-feeder)

1 อัตราการกินอาหารของปลิงทะเล

วิธีการศึกษาเพื่อวัดดูอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลนั้น โดยในการศึกษาตัวอย่างปลิงทะเลที่นำจากธรรมชาติ จะนิยมคำนวณให้อยู่ในรูปค่าเปอร์เซ็นต์ของการกินตะกอนต่อตัวปลิงทะเล (intensity of feeding)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกินตะกอนของปลิงทะเล} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งอาหารที่อยู่ในทางเดินอาหาร}}{\text{น้ำหนักแห้งของปลิงทะเล}} \times 100$$

แต่การศึกษาในห้องปฏิบัติการนั้น จะนิยมคำนวณได้จากอัตราการกิน (feeding rate) คือ ปริมาณตะกอนที่กินเข้าไปต่อตัวปลิงทะเลในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเราสามารถวัดอัตราการกินทางอ้อม โดยวัดปริมาณมูลปลิงทะเลที่ขับถ่ายออกมาในช่วงระยะเวลาหนึ่งต่อตัวปลิงทะเลซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนมีสภาพคงตัวได้ระยะเวลาหนึ่ง

2 ประสิทธิภาพการดูดซึมอาหาร

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมอาหารสามารถคำนวณจากสมการเพื่อหาค่าความแตกต่างของน้ำหนักอาหารที่ให้กับน้ำหนักแห้งของมูลที่ถ่ายออกมา ดังนั้นน้ำหนักส่วนที่หายไปก็คือส่วนที่ถูกดูดซึมไว้นั้นเอง นอกจากนี้เรายังวิธีอื่นที่สามารถวัดได้อีก โดยวัดจากส่วนของอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในอาหาร และอินทรีย์สารที่เหลืออยู่ในมูลปลิงแล้วจึงนำมาคำนวณหาค่า การดูดซึมอินทรียวัตถุจากอาหาร (Absorption efficiency of organic matter)ดังสมการ (Conover, 1966)

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สาร} = \frac{(F - E)}{(1 - E)\,F} \times 100$$

เมื่อ F = ปริมาณของส่วนที่เป็นอินทรีย์สารในตะกอน

E = ปริมาณของส่วนที่เป็นอินทรีย์สารในมูลปลิงทะเล

การหาปริมาณอินทรีย์สารที่มีอยู่ในตะกอนที่เป็นอาหารปลิงทะเลนั้น

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ในตะกอนดินและในมูลปลิง ทำได้ดังนี้

1 นำตะกอนและมูลปลิงไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105° C ปล่อยให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งและบันทึกเป็นน้ำหนัก a

2 ชั่งตัวอย่างตะกอน หรือ มูลปลิง ประมาณ 10-20 กรัม ในคูซิเบิล (crucible)

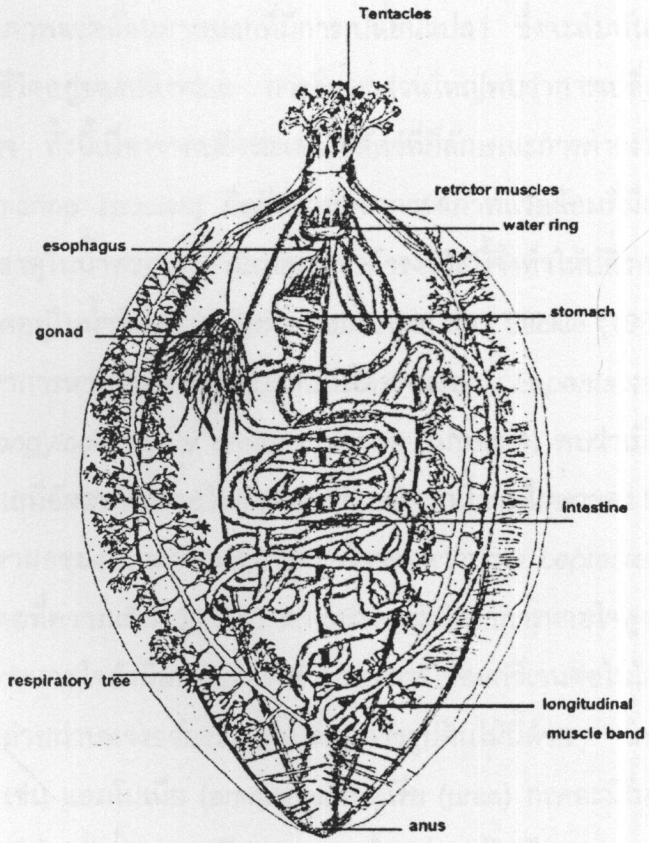
3 นำไปเผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 500° C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หรือเผาที่อุณหภูมิ 700° C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้น แล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกเป็นน้ำหนัก b

4 คำนวณหาปริมาณอินทรีย์สารจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์สารรวม} = \frac{a - b}{a} \times 100$$

4 การหายใจของปลิงทะเล

ปลิงทะเลมีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจและแลกเปลี่ยนก๊าซโดยเฉพาะ นอกเหนือจากการแลกเปลี่ยนก๊าซทางผิวหนังและระบบท่อหมุนเวียนน้ำในตัว ยังมีส่วนที่เป็นอวัยวะแลกเปลี่ยนก๊าซแบบท่อรูปต้นไม้ (respiratory tree) ซึ่งแยกออกมาจากช่องโคลเอกา (cloaca) ท่อแลกเปลี่ยนก๊าซนี้มักจะมีอยู่ 2 ข้างของท่อโคลเอกาทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การสูบฉีดน้ำทะเลเข้าภายในตัวปลิงทะเลเข้าออกทางช่องโคเอกา และเข้าสู่อวัยวะแลกเปลี่ยนก๊าซแบบท่อรูปต้นไม้ ปลิงทะเลในสกุล *Holothuria* ฉีดน้ำเข้าโคลเอกา 6-10 ครั้ง จึงจะอัดน้ำเค็มท่อแลกเปลี่ยนก๊าซทุกแขนง การหดตัวของโคลเอกาแต่ละครั้งปริมาณการใช้ออกซิเจนจะลดลงมา 50-60 % ถ้าปิดปากโคลเอกา



รูปที่ 4 ลักษณะทางเดินอาหาร ระบบการหายใจ และเส้นประสาทกล้ามเนื้อ ภายในตัวปลิงทะเล

4.1 อัตราการหายใจ

อัตราการหายใจ (Respiration rate) คือปริมาณออกซิเจนที่ปลิงทะเลใช้ในการหายใจในช่วงเวลาหนึ่ง (มิลลิกรัมออกซิเจนต่อน้ำหนักแห้งต่อชั่วโมง) โดยค่าคงที่ของ 1 มิลลิกรัมออกซิเจนของปลิงทะเลนั้นจะเท่ากับพลังงาน 3.34 แคลลอรี่ (Hawkins & Lewis, 1982)

$$\text{อัตราการหายใจ} = \frac{[(O_2)\,t_1 - (O_2)\,t_2] \times gdw^{-1}}{t_1 - t_2}$$

โดยที่ O_2 = ปริมาณออกซิเจน (มิลลิกรัม)

t_1 = เวลาเริ่มทดลอง

t_2 = เวลาสิ้นสุดการทดลอง

gdw = น้ำหนักแห้งของปลิงทะเล

4.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการหายใจปลิงทะเล

การศึกษาอัตราการหายใจของปลิงทะเลเป็นการศึกษาเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการปรับตัวทางสรีรวิทยาต่อสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะสัมพันธ์กับการจัดสรรพลังงานสำหรับการดำรงชีวิตอยู่ของปลิงทะเล การศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่ออัตราการหายใจ ทั้งนี้เนื่องจากปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีลักษณะการดำรงชีวิตอยู่เป็นแบบสัตว์ทะเลแท้จริง (true marine species) คือมีความต้องการสภาพแวดล้อมที่มีองค์ประกอบและสัดส่วนของเกลือและแร่ธาตุในน้ำทะเลสูง ลักษณะการดำรงชีวิตนี้จึงทำให้ปลิงทะเลมีความสามารถจำกัดต่อการดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ Saboourin และ Stickle (1981) ทำการศึกษาผลของความเค็มต่ออัตราการหายใจและการขับถ่ายไนโตรเจนของ *Eupentacta quinquesemita* (ปลิงทะเล) และ *Srongylocentrotus droebachiensis* (เม่นทะเล) พบว่าเมื่อความเค็มลดลงทั้งปลิงทะเลและเม่นทะเลมีอัตราการหายใจลดลงด้วย นอกจากนี้การศึกษาของ Shirley และ Stickle (1982) ที่ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อการหายใจของดาวทะเล *Leptasterias hexactis* พบผลที่สอดคล้องกัน โดยที่ความเค็ม 30 psu ดาวทะเลจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าที่ความเค็ม 20 และ15 psu อัตราการหายใจยังมีผลต่ออัตราส่วนของการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน (O:N ratio) ปลิงทะเลจะมีการขับถ่ายผ่านทางอวัยวะแลกเปลี่ยนก๊าซรูปต้นไม้นี้ด้วย โดยของเสียในรูปแบบไนโตรเจนละลายน้ำ เช่น แอมโมเนีย (ammonium) ยูเรีย (urea) กรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) เป็นต้น ส่วนใหญ่จะขับถ่ายของเสียออกมาอยู่ในรูปแอมโมเนีย

5 การขับถ่ายของปลิงทะเล

ปลิงทะเลไม่มีระบบการขับถ่ายโดยเฉพาะ แต่มีเซลล์ที่เรียกว่าอะมีโบไซต์(amoebocytes) นำพาของเสียในระบบหมุนเวียนของน้ำซึ่งจะขับออกมาในรูปของแข็ง และมีการขับถ่ายสารจำพวกที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ออกมาในรูปของแอมโมเนีย ซึ่งเป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็น

องค์ประกอบ (Lawrence ,1987) และอาจขับถ่ายออกมาอยู่ในรูปกรดอะมิโน, ยูเรียและกรดยูริก เพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น (Shirley and Stickle, 1982) แอมโมเนียเป็นของเสียที่ได้จากการสลายโปรตีน ดังนั้นการผลิตแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการย่อยสลายโปรตีน นั้นคืออยู่ในสภาพอดอาหารหรือสัตว์อยู่ในสภาวะที่มีอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูง (Diehl and Lawrence, 1979) การเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยเฉพาะความเค็มต่ำทำให้มีการขับถ่ายแอมโมเนียสูงขึ้น (Jangoux, 1982 ,Shirley and Stickle, 1982b, Stickle *et al*, 1982, Diehl, 1983) ผลการการควบคุมสมดุลย์เกลือแร่ภายในตัวให้เท่าภายนอกตัว (intracellular isosmotic regulation) ก็มีผลต่อการขับถ่ายด้วยเช่นกัน เนื่องจากการควบคุมปริมาณสารอินทรีย์ของเหลวภายในตัวและในเซลล์ จะเป็นกลไกที่ช่วยควบคุมสมดุลของแรงดันออสโมซิสภายในเซลล์ด้วย (Binyon, 1972) เนื่องจากการออสโมซิสของโมเลกุลสารขนาดเล็กเป็นไปได้ยากขึ้นเมื่อ เยื่อหุ้มเซลล์และของเหลวภายในเซลล์เข้มข้นขึ้นนั้นเอง

การวัดพลังงานที่ใช้ในการขับถ่ายโดยตั้งสมมุติฐานว่าปริมาณอินทรียสารที่ปลิงทะเลขับออกมานั้นเป็นพลังงานที่ปลิงทะเลสูญเสียออกมา คือทั้งที่อยู่ในรูปของมูลและแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำด้วย แต่เนื่องจากการขับถ่ายของเสียส่วนใหญ่ของปลิงทะเลจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ดังนั้นเราสามารถวัดปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียในน้ำของปลิงทะเลในช่วงเวลาใดๆ เพื่อหาค่าพลังงานที่ปลิงทะเลสูญเสียออกมาอยู่ในรูปของการขับถ่ายแอมโมเนียได้ โดยมาเทียบต่อน้ำหนักแห้งของปลิงทะเล และเทียบกลับมาอยู่ในรูปของพลังงานได้โดย 1 ไมโครโมลไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียนั้นจะเท่ากับพลังงาน 4.88×10^{-3} แคลลอรี่ (Hawkins & Lewis, 1982) การแปลงอัตราการขับถ่ายให้อยู่ในรูปพลังงานนี้จะเป็นจะศึกษาถึงผลตอบสนองโดยรวมของสัตว์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะปัจจัยความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสัตว์น้ำ ในกรณีของปลิงทะเล เนื่องจากมีขีดจำกัดต่อการดำรงชีวิตอยู่ในน้ำความเค็มต่ำ เมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงสัตว์น้ำก็จะมีการสรีรวิทยาภายในด้วยการปรับตัวทางด้านการจัดสรรพลังงาน ซึ่งพลังงานในการขับถ่ายเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการจัดสรรพลังงานที่นำไปใช้ในการดำรงชีวิต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายนอกแล้วพลังงานที่ถูกจัดสรรสำหรับการขับถ่ายในสภาวะปกติต้องมีการเปลี่ยนไป โดยในสัตว์ที่กินเนื้อเป็นหลักเมื่ออยู่ในสภาวะความเค็มต่ำลงจะพบว่าค่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนต่ำลง นั้นแสดงถึงสัตว์เริ่มมีการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งในกระบวนการสลายโปรตีนนั้นจะมีการขับของเสียกลุ่มสารไนโตรเจนออกมาในรูปแอมโมเนีย เป็นการลดความเป็นพิษและมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีในขณะเดียวกัน การขับถ่ายออกมาในรูปแอมโมเนียยังเป็นรูปแบบหนึ่งของการสงวนพลังงานที่จะสูญเสียออกไปด้วย (Lawrence ,1987)

6 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายและการดำรงชีวิตของปลิงทะเล

ปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีการดำรงชีวิตที่เป็นสัตว์ทะเลแท้จริง ปลิงแต่ละชนิดนั้นจะมีความต้องการต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงทำให้มีปริมาณและการกระจายในที่ต่างๆแตกต่างกัน ปัจจัยที่กำหนดการกระจายของปลิงทะเลก็คือความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสรีระของปลิงทะเลกับลักษณะสภาพแวดล้อมที่ปลิงทะเลอาศัยอยู่ ปัจจัยสภาพแวดล้อมสำคัญที่มีผลต่อการดำรงชีวิตได้แก่ ความเค็ม, ขนาดของตะกอน, ปริมาณอาหาร, ปริมาณจุลินทรีย์ในตะกอน และแสง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการดำรงชีพ โดยเฉพาะการกินอาหารและการใช้พลังงานในการดำรงชีวิตในด้านต่างๆ ได้แก่ การหายใจ การขับถ่าย การเติบโตและการสืบพันธุ์

6.1 ความเค็ม

ปลิงทะเลมีระบบการหมุนเวียนน้ำ การกินอาหาร การหายใจ การหายใจและการเคลื่อนที่ของตัว เกิดขึ้นพร้อมกันโดยอาศัยจากกลไกการสูบน้ำเข้าและออกจากตัว ดังนั้นเมื่อสภาพแวดล้อมมีความเค็มต่ำลงจะมีผลกับทุกระบบ ทั้งนี้ปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีการดำรงชีวิตแบบสัตว์ทะเลแท้จริง โดยที่จะมีการควบคุมสมดุลน้ำและเกลือแร่ระหว่างของเหลวภายในตัวของปลิงทะเลกับภายนอก โดยของเหลวภายในเซลล์และช่องลำตัวของปลิงทะเล จะมีปริมาณเกลือแร่ใกล้เคียงกับน้ำทะเล (Binyon, 1972) และมีความสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงแคบ (stenohaline species) ในเซลล์ของผนังลำตัวปลิงทะเลจะมีคุณสมบัติในการเป็นเยื่อเลือกผ่าน คือ ยอมให้น้ำผ่านเข้าและออกเซลล์ได้ แต่ไม่ยอมให้สารโมเลกุลผ่านเข้าออก หากปลิงทะเลถูกนำไปไว้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ ปลิงทะเลก็รักษาระดับเกลือแร่ภายในตัวไว้ โดยยอมให้น้ำเข้าผ่านตัวมากเพื่อที่จะดึงเกลือจากน้ำที่มีความเค็มต่ำให้ได้ปริมาณเกลือมาก จึงทำให้มีการขับน้ำออกปริมาณน้อย จากเหตุดังกล่าวจึงทำให้ปลิงทะเลเกิดการบวมน้ำและตายในที่สุด (Milne, 1995) *Thyone spp.* สามารถทนอยู่ในน้ำทะเลที่ถูกระเหยได้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แต่สามารถทนอยู่ในน้ำทะเลที่ถูกเจือจางด้วยน้ำจืด 1 เท่า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เท่านั้น (Pearse, 1908 อ้างโดย Pawson, 1966) เมื่ออยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มต่ำลงนั้นทำให้ปลิงทะเลมีอัตราการกินอาหาร การหายใจและการขับถ่ายเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากปลิงทะเลมีการปรับตัวทางสรีรวิทยาต่อเปลี่ยนแปลงความเค็มโดยมีการจัดสรรพลังงานที่นำมาใช้ในการหายใจและการขับถ่ายมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็จะมีการปรับตัวเกี่ยวกับชีวเคมีของภายในเซลล์เพื่อให้ปกป้องเซลล์ต่อการแพร่เข้ามาของน้ำ

6.2 ขนาดตะกอน ปริมาณและชนิดของอาหาร

จากที่กล่าวไปข้างต้นจะแสดงได้ว่าปลิงทะเลแต่ละชนิดมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน ซึ่งนั้นจะพบว่าลักษณะขององค์ประกอบตะกอนที่แตกต่างกัน ทั้งขนาดตะกอน และปริมาณอินทรีย์สาร รวมทั้งชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ซึ่งจะเอื้อประโยชน์ต่อ

การกินอาหาร การย่อยอาหารและการดูดซึมอาหารได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการได้รับพลังงานจากการกินอาหารของปลิงทะเลด้วย

7 การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเลซึ่งได้กล่าวไปในข้างต้นนั้น ยังจะมีผลเชื่อมโยงต่อการจัดสรรพลังงานในการดำรงชีวิตของปลิงทะเล โดยปลิงทะเลจะมีการปรับตัวด้านสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายนอก โดยการปรับตัวด้านสรีรวิทยานี้จะมีผลทำให้ปลิงทะเลมีการปรับตัวเกี่ยวกับการจัดสรรพลังงาน (energy budget) เพื่อทำให้สามารถดำรงชีวิตต่อไปในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปนั้น องค์ประกอบที่สำคัญของการจัดสรรพลังงานได้แก่ พลังงานที่ได้จากการกินอาหาร (energy consumption), ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรียสาร (absorption efficiencies) พลังงานที่ใช้ในการหายใจและพลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย

ขอบเขตการเจริญเติบโต (Scope for growth : P) เป็นการวัดพลังงานที่ได้จากอาหารที่กินเข้าไป ซึ่งนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ และพลังงานที่นำไปใช้ในการปรับสมดุลภายในเซลล์เกี่ยวกับกระบวนการทางชีวเคมีและทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อม ดังนั้นค่าขอบเขตการเจริญเติบโตเป็นค่าของความแตกต่างระหว่างพลังงานที่ดูดซึมได้จากอาหารและพลังงานที่ใช้ในการดำเนินชีวิต เมื่อค่าขอบเขตการเจริญเติบโตมีค่าเป็นบวกหมายถึงพลังงานที่ดูดซึมได้จากอาหารนั้นนำมาใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ แต่หากค่าขอบเขตการเจริญเติบโตมีค่าเป็นลบหมายถึงสัตว์จะมีการใช้พลังงานในการดำเนินชีวิตมากกว่าพลังงานที่ดูดซึมได้จากอาหารซึ่งสัตว์จะมีการนำพลังงานที่เก็บไว้มาใช้ด้วย ขอบเขตการเจริญเติบโต เป็นค่าที่แสดงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของสัตว์ทดลองต่อสภาวะความเครียดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในระดับต่ำไม่ถึงระดับที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย (sublethal stress) แต่หากกระบวนการนี้เกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานสัตว์ก็จะตายในที่สุด (Levinton, 1982) ค่าขอบเขตการเจริญเติบโตเขียนอยู่ในรูปของสมการพลังงานโดยการแปลงค่าต่างๆจากการวัดในห้องทดลองให้เป็นสมการพลังงานโดยแปลงค่าต่างๆ จากการวัดในห้องทดลองให้เป็นสมการสมดุลพลังงาน (energy quivalent)

$$P = A - (R + U)$$

P = พลังงานที่ใช้การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์

A = พลังงานที่ได้จากอาหาร

R = พลังงานที่ใช้ในการหายใจ

U = พลังงานที่ขับถ่ายออกมา

โดยปกติอัตราการกินอาหารและการย่อยอาหารจะผันแปรตามสภาวะความเครียด การเปลี่ยนแปลงการตอบสนองทางสรีรวิทยาจะส่งผลถึงค่าขอบเขตการเจริญเติบโตโดยส่วนรวมทำให้ค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ (Bayne *et al*,1985) นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถศึกษาได้จากค่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสามารถในการปรับตัวของปลิงทะเลเกี่ยวกับการจัดสรรพลังงานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยการศึกษาถึงอัตราส่วนของการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน (N:O ratio) ซึ่งวิธีการศึกษานี้ โดยค่าออกซิเจนได้มาจากการศึกษาอัตราการหายใจและไนโตรเจนมาจากการศึกษาถึงอัตราการขับถ่ายนั้นเอง การศึกษาถึงอัตราส่วนของการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนนั้นเป็นการดูการใช้สารอาหารที่ได้รับหรืออาหารสะสมภายในตัวต่อการเปลี่ยนเป็นพลังงานในการปรับตัวนั้น โดยสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และไขมัน (lipid) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโดยผ่านกระบวนการย่อยสลายนั้น จะได้พลังงานสำหรับไปใช้ในเซลล์และมีของเสียออกไปในรูปก๊าซไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) แต่สำหรับการย่อยสลายสารอาหารประเภทโปรตีนของสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะได้ของเสียออกมาอยู่ในรูปแอมโมเนียโดยค่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนเท่ากับ

$$O:N = \frac{[mgO_2hr^{-1}/16]}{[mgNH_4^{+}\text{-}N\ hr^{-1}/14]}$$

หากผลลัพธ์ของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนที่ได้มีค่าสูงแสดงว่าสัตว์มีการใช้สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมันในการแปลงมาเป็นพลังงาน ในขณะที่ค่าอัตราการออกซิเจนต่อไนโตรเจนต่ำแสดงว่าสัตว์มีการใช้สารอาหารประเภทโปรตีน (Lawrence, 1987) โดยค่าต่ำที่สุดที่แสดงลงถึงการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานนั้นมีค่าเท่ากับ 7 (Widdow, 1984 อ้างโดยปิยะวรรณ ไหมละเอียด, 2539) ในการศึกษาของ Shirley และ Stickle (1982) แสดงให้เห็นว่าสัตว์ที่มีลักษณะการกินอาหารจำพวกเนื้อเป็นหลัก จะทำให้มีค่าอัตราส่วนการใช้ออกซิเจนและการใช้ไนโตรเจนลดลงที่ความเค็มต่ำลง

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1 การสำรวจและการเก็บตัวอย่างปลิงทะเลและตะกอน

1.1 บริเวณพื้นที่การสำรวจและการเก็บตัวอย่างปลิงทะเล

ทำการสำรวจการกระจายของ ปลิงทะเล *Holothuria atra* (รูปที่ 5) และ *H. leucospilota* (รูปที่ 6) ลักษณะการกระจาย ลักษณะของถิ่นอาศัย และลักษณะพื้นและตะกอนที่ถิ่นอาศัยของปลิงทะเล แหล่งการสำรวจได้แก่ ชายฝั่งทะเลและพื้นที่แนวปะการังบริเวณจังหวัดชลบุรี ได้แก่ เกาะสีชัง เกาะร้านดอกไม้ เกาะค้างคาว เกาะล้านและ เกาะขาม (รูปที่ 7) และพื้นที่จังหวัดระยอง ได้แก่ เกาะเสม็ด เกาะมันนอก เกาะมันกลาง และเกาะมันใน (รูปที่ 8) การสำรวจนี้เพื่อกำหนดพื้นที่การเก็บตัวอย่างปลิงทะเลและตะกอนสำหรับนำมาใช้ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

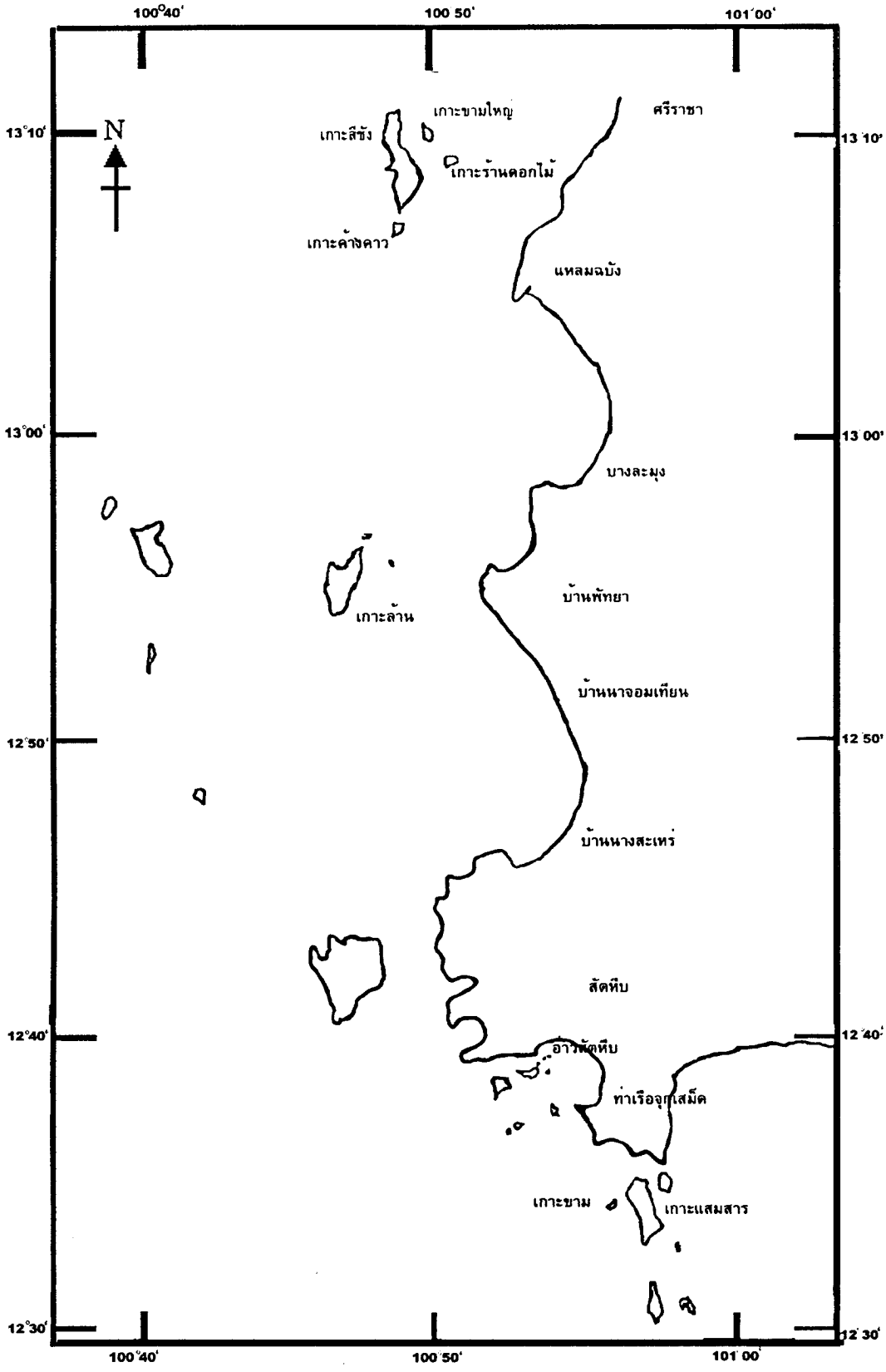
1.2 การสำรวจและการเก็บตัวอย่างปลิงทะเลและตัวอย่างตะกอนโดยการดำน้ำแบบผิวน้ำ (skin diving) และแบบใช้อุปกรณ์ดำน้ำ (scuba diving)

1.3 เก็บตัวอย่างปลิงทะเลด้วยมือ ขนย้ายปลิงทะเลจากสถานที่เก็บตัวอย่างด้วยการบรรจุในกล่องโฟมที่ละลายเมนทอลไว้แล้ว เพื่อช่วยทำให้ปลิงทะเลสลบตลอดช่วงการขนย้าย หลีกเหลี่ยงการขับอวัยวะภายในและลดการบอบช้ำของปลิงทะเล ให้อากาศด้วยเครื่องให้อากาศตลอดช่วงการขนย้าย นำปลิงทะเลที่เก็บนั้นไปพักในบ่อเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

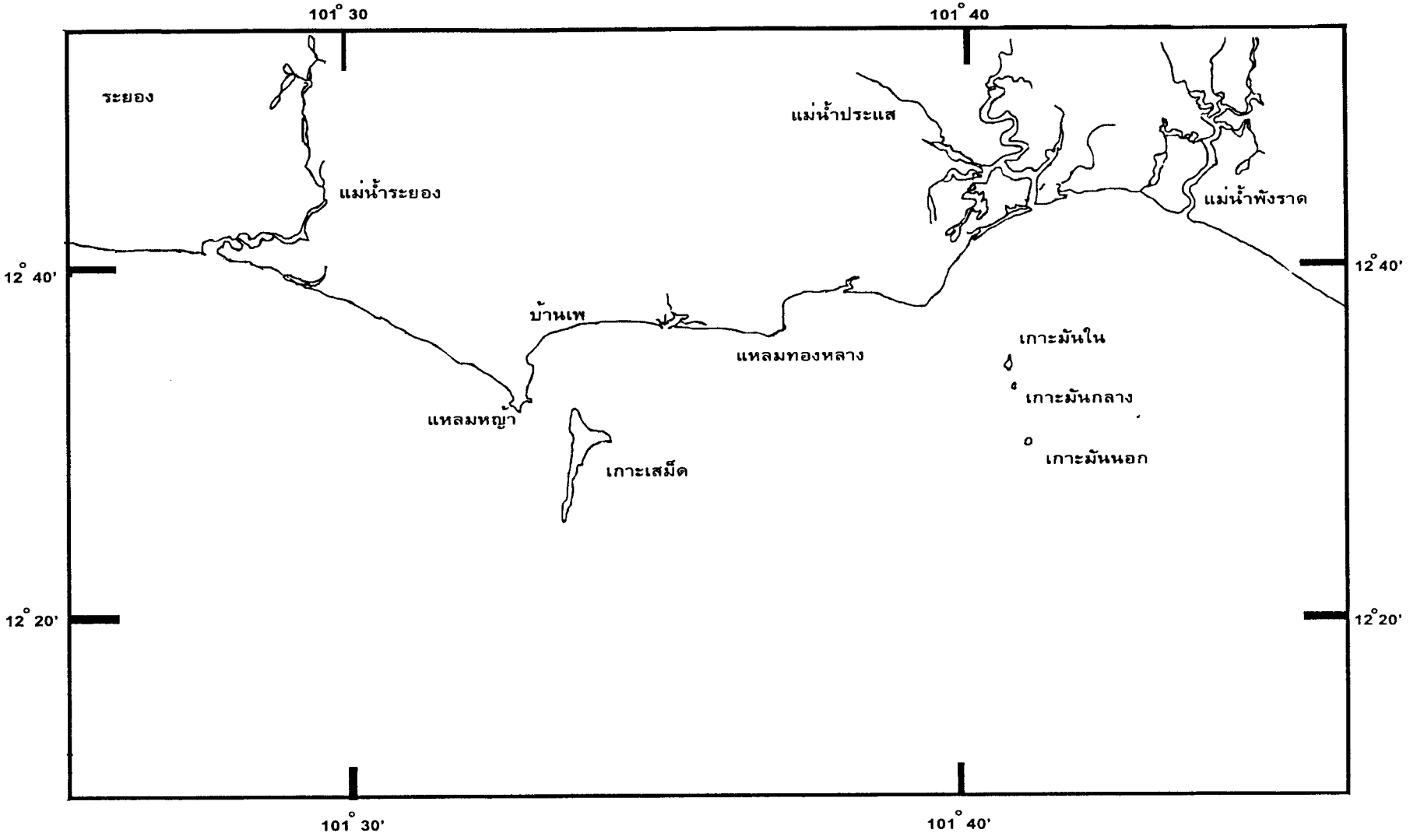
1.4 นำปลิงทะเลที่เก็บพักในบ่อพักที่มีขนาดของความจุน้ำเท่ากับ 1000 ลิตร โดยเลี้ยงแยกชนิดกัน รองพื้นบ่อด้วยตะกอนที่เก็บมากจากที่เก็บตัวอย่างปลิงทะเล ความหนาแน่นที่ใช้ในการเลี้ยงปลิงทะเลเท่ากับ 30 ตัวต่อบ่อ ระบบน้ำในการเลี้ยงเป็นแบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด อัตราการไหล 3 ลิตรต่อชั่วโมง ตลอดช่วงการเลี้ยงให้อาหารสาหร่าย *Nitzschia sp.* และตะกอนที่เก็บจากธรรมชาติ ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพปลิงทะเลอยู่แบบการเลี้ยงห้องปฏิบัติการใช้เวลาอย่างน้อย 1 เดือน (รูปที่ 12)

รูปที่ 5 ปลิงทะเล *Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, 1833

รูปที่ 6 ปลิงทะเล *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* Brandt, 1835



รูปที่ 7 บริเวณการสำรวจการกระจาย แหล่งอาศัยของปลิงทะเล
ในพื้นที่ชายฝั่งและแนวปะการัง จังหวัดชลบุรี



รูปที่ 8 บริเวณการสำรวจการกระจาย แหล่งอาศัยของปลิงทะเล ในพื้นที่ชายฝั่งและแนวปะการัง จังหวัดระยอง

2 การหามวลชีวภาพของปลิงทะเล

2.1 นำปลิงทะเลทั้งสองชนิดที่เก็บได้มาพักในบ่อพักซึ่งไม่มีตะกอนรองพื้นบ่อ พักไว้ในบ่อพักในเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง เพื่อให้ปลิงทะเลมีการขับถ่ายมูลออกมา แล้วชั่งวัดน้ำหนักเปียกของปลิงทะเล ปลิงทะเลที่นำมาจากธรรมชาติมีน้ำหนักเปียกโดยเฉลี่ย 99.9 $\pm$ 30.84 กรัม ซึ่งมีขนาดที่เล็กกว่าปลิงทะเลตัวเต็มวัยประมาณ 2-3 เท่า การเก็บปลิงทะเลขนาดเล็กนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดจากผลของปลิงทะเลที่อยู่ในช่วงการสืบพันธุ์

2.2 นำปลิงทะเลทั้งสองชนิดมาปล่อยทิ้งไว้ในภาชนะที่บรรจุน้ำทะเลซึ่งละลายเมนทอลไว้ ปล่อยทิ้งไว้ในระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้ปลิงทะเลสลบและหลีกเลี่ยงการขับอวัยวะภายในและทางเดินอาหารออกมา

2.3 นำปลิงทะเลทั้งสองชนิดที่สลบแล้วมาตัดเพื่อแผ่ผนังลำตัวออก นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วางพักให้เย็นไว้ในโหลดูดความชื้น

2.4 ชั่งน้ำหนักแห้งของปลิงทะเลและหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งปลิงทะเลต่อน้ำหนักเปียกของปลิงทะเลทั้งสองชนิด

3 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อความเค็มระดับต่าง ๆ

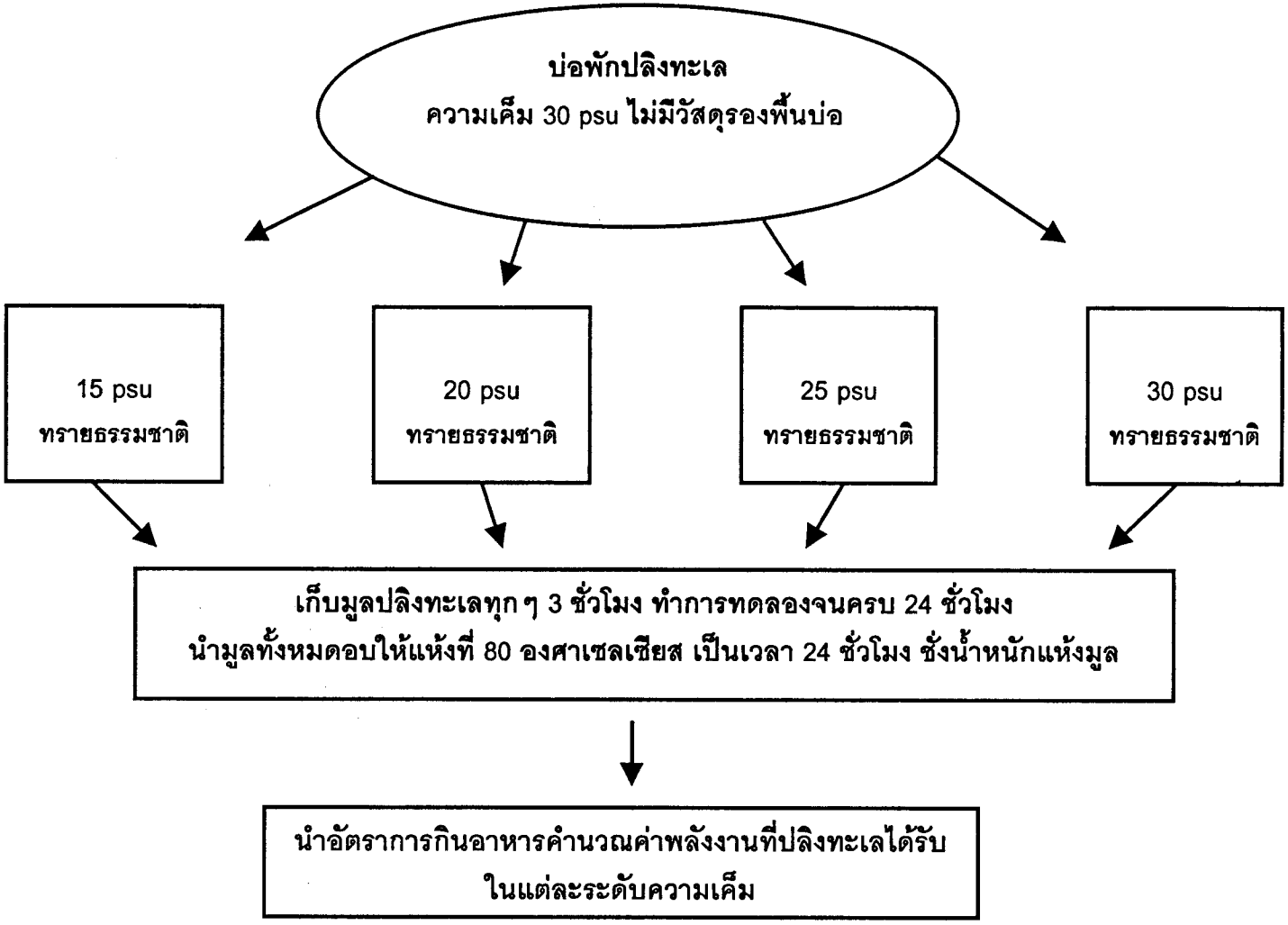
3.1 การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อการกินอาหารของปลิงทะเล

1 นำปลิงทะเลย้ายไปสู่บ่อพักที่ปราศจากวัสดุรองพื้นบ่อที่มีขนาดความจุน้ำ 30 ลิตรและมีระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด เป็นเวลา 2 วัน อัตราการปลิงทะเลต่อบ่อพักเท่ากับ 1 ตัวต่อบ่อ (รูปที่ 13) เพื่อให้แน่ใจว่าปลิงทะเลแต่ละตัวมีการขับถ่ายมูลออกมาแล้วจึงชั่งวัดน้ำหนักเปียกของปลิงทะเลก่อนนำมาทดลอง

2 ย้ายปลิงทะเลไปสู่บ่อทดลองที่มีตะกอนทรายจากธรรมชาติและมีความเค็มน้ำทะเล 15, 20, 25 และ 30 psu

3 เก็บมูลปลิงทะเลทุกๆ 3 ชั่วโมง เก็บมูลปลิงทะเลจนครบ 24 ชั่วโมง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักมูลปลิงทะเลที่ได้เป็นน้ำหนักแห้ง

4 นำค่าอัตราการกินอาหารไปคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ปลิงทะเลได้รับในแต่ละระดับความเค็ม (แสดงแผนภาพของขั้นตอนการทดลองในรูปที่ 9)



รูปที่ 9 ขั้นตอนการวัดอัตราการกินอาหารของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ

3.2 การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ออัตราการหายใจและอัตราการขับถ่าย

1 นำปลิงทะเลย้ายไปสู่บ่อพักที่ปราศจากวัสดุรองพื้นบ่อที่มีขนาดความจุน้ำ 30 ลิตรและมีระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด เป็นเวลา 2 วัน อัตราการปลิงทะเลต่อบ่อพักเท่ากับ 1 ตัวต่อบ่อ (รูปที่ 12) เพื่อให้แน่ใจว่าปลิงทะเลแต่ละตัวมีการขับถ่ายมูลออกมาแล้วจึงชั่งวัดน้ำหนักเปียกของปลิงทะเลก่อนนำมาทดลอง

2 ย้ายปลิงทะเลมาไว้ในภาชนะทดลองที่มีขนาด 25×31×11 ลบ.ซม. ซึ่งปราศจากวัสดุรองพื้นที่มีความเค็มน้ำทะเล 15, 20, 25 และ 30 psu ก่อนมาทดลองนี้ได้ให้อากาศน้ำทะเลอย่างเต็มที่ โดยมีภาชนะบรรจุน้ำทะเลที่ไม่ได้ใส่ปลิงทะเลเป็น blank (รูปที่ 13)

3 เก็บตัวอย่างน้ำในภาชนะทดลองที่เวลาเริ่มต้นกับเวลาทุก 6 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนน้ำใหม่ทุกครั้ง ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าออกซิเจนและแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ ทำการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างทั้งหมด 8 ครั้ง ใน 4 ช่วงเวลา คือชั่วโมงที่ 0, 6, 12 และ18 วิเคราะห์หาค่าออกซิเจนในน้ำทะเล โดยวิธี micro-winkler method ปริมาตรน้ำตัวอย่างเท่ากับ10.0 มล. และวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลโดยวิธี Alternative method (Parson, 1984) นำปริมาณออกซิเจนที่เวลาเริ่มต้น (0, 6, 12, 18) หักลบด้วยปริมาณออกซิเจนที่เวลาสิ้นสุด (6, 12, 18, 24) เพื่อดูอัตราการใช้ออกซิเจนของปลิงทะเลในแต่ละระดับความเค็ม และนำปริมาณแอมโมเนียที่เวลาสิ้นสุด (6, 12, 18, 24) หักลบด้วยปริมาณแอมโมเนียที่เวลาเริ่มต้น (0, 6, 12, 18) เพื่อดูปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียของปลิงทะเลในแต่ละระดับความเค็ม

4 นำค่าปริมาณออกซิเจนและปริมาณแอมโมเนียที่วัดได้จากการทดลอง มาคำนวณเป็นอัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายเฉพาะ โดยเทียบต่อค่ามวลชีวภาพของปลิงทะเลแต่ละชนิด คำนวณเป็นค่าทั้งหมดเป็นหน่วยพลังงาน คำนวณในสมการค่าขอบเขตการเจริญเติบโต (Scope for growth) เพื่อประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลทั้งสองชนิดในระดับความเค็มต่างๆ

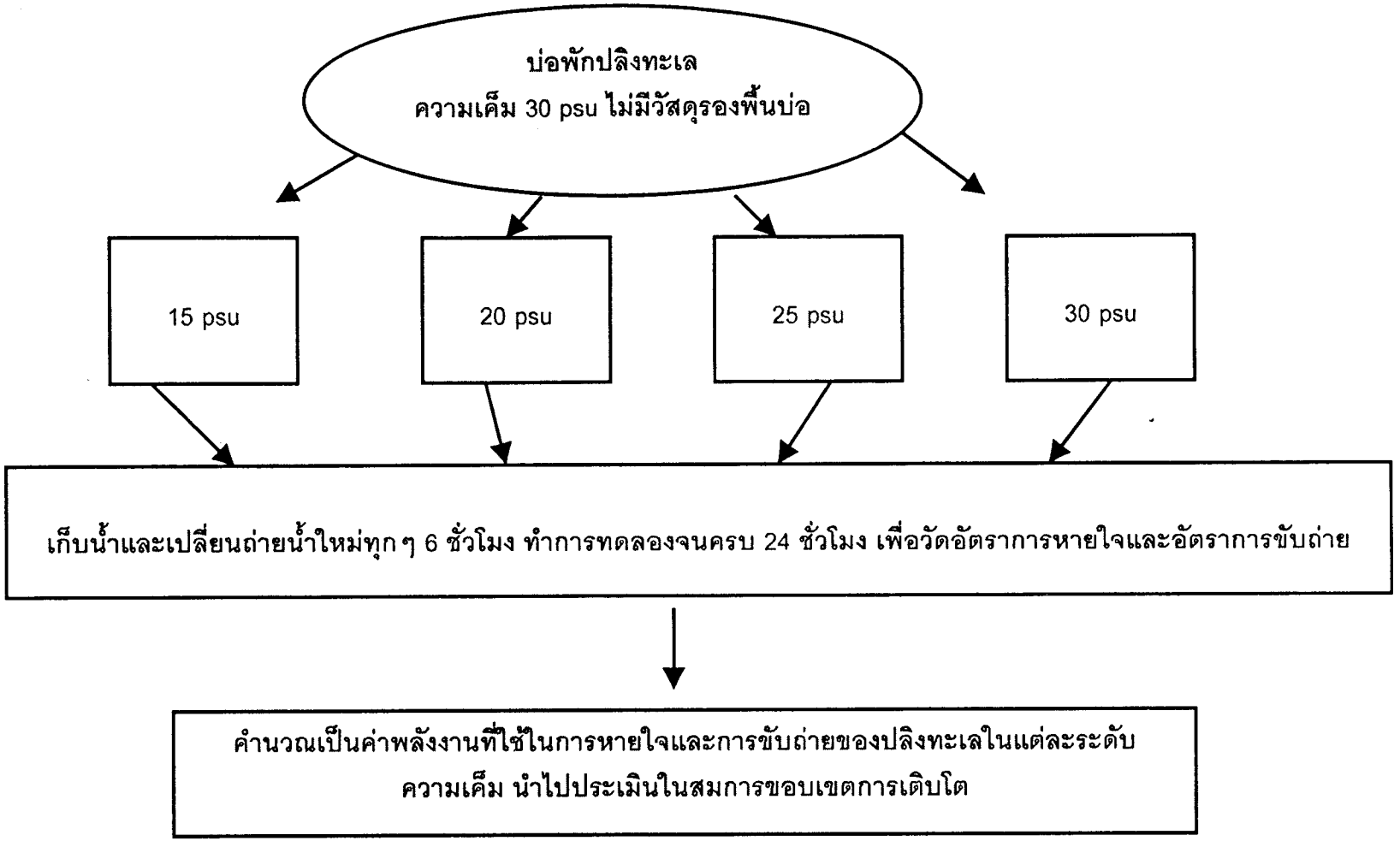
$$P = A - (R + U)$$

A = อัตราการกิน × ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สาร (23.1: Yingst, 1976) × พลังงานที่ได้จากอาหารเท่ากับ 0.012 แคลลอรี่ (หาได้จากปริมาณอินทรีย์สารที่มีในตะกอนเทียบเป็นพลังงาน ปริมาณอินทรีย์สาร 1 กรัม เท่ากับพลังงาน 1.026 แคลลอรี่) (Hughs, 1956)

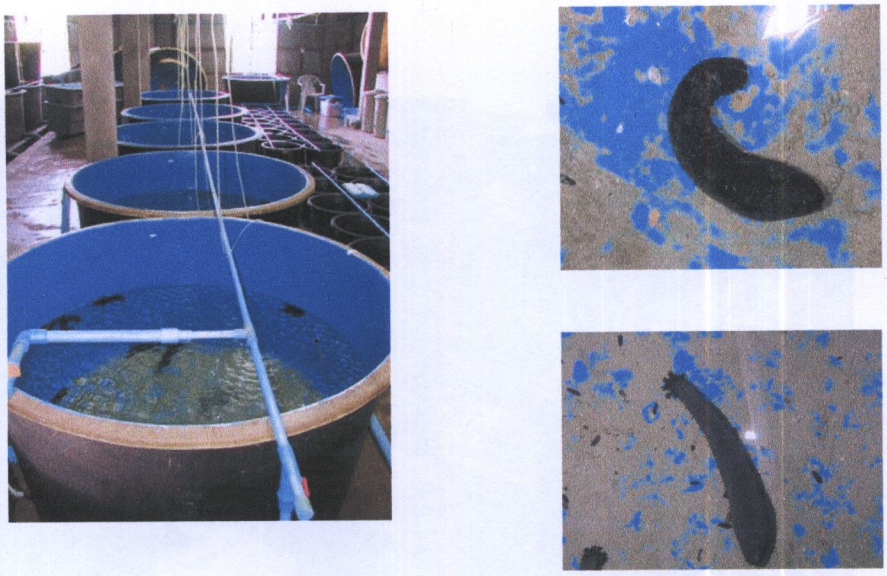
R = อัตราหายใจ × 3.34 แคลลอรี่ (ต่อ 1 มิลลิกรัมออกซิเจน) (Hawkins & Lewis,1982)

U = อัตราการขับถ่าย × 4.88×10^{3} แคลลอรี่ (ต่อ 1 ไมโครโมลของแอมโมเนีย) (Hawkins & Lewis,1982)

(แสดงแผนภาพของขั้นตอนการทดลองในรูปที่ 10)



รูปที่ 10 ขั้นตอนการวัดอัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ

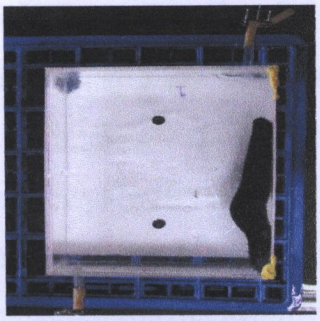


(ก) (ข)

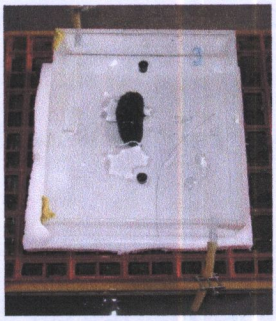
รูปที่ 11 ลักษณะถังพักเลี้ยงปลิงทะเลขนาดความจุน้ำ 1000 ลิตร และมีการดูแลระบบน้ำทะเลแบบไหลผ่านตลอด (ก) ถังพักเลี้ยงปลิงทะเลซึ่งเลี้ยงแยกชนิดกัน ความหนาแน่นบ่อละ 30 ตัวต่อบ่อ มีตะกอนทรายรองที่พื้นถังเลี้ยง (ข) ปลิงทะเล *H. atra* (รูปบน) และ *H. leucospilota* (รูปล่าง) ในเลี้ยงในถังพักเลี้ยงเพื่อปรับสภาพการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการก่อนทดลอง

รูปที่ 12 บ่อพักปลิงทะเลที่ปราศจากวัสดุรองพื้นบ่อ ระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด ใช้สำหรับรอพักปลิงทะเลก่อนนำมาทดลอง

(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 13 (ก) ถังบรรจุน้ำทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆที่เชื่อมต่อกับภาชนะปิดที่ใช้สำหรับใส่ปลิงทะเล (ข) ปลิงทะเล *H. leucospilota* และ (ค) ปลิงทะเล *H. atra*

4 ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลต่อองค์ประกอบดินที่แตกต่างกัน

4.1 เตรียมตะกอนที่ปราศจากอินทรีย์สาร โดยแช่ในสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ออกจากตะกอน ในอัตราส่วนตะกอน 100 กรัมต่อสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำให้สะอาดแล้วอบให้แห้ง และ เตรียมตะกอนดินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร ด้วยการร่อนตะกอนในน้ำผ่านตะแกรงขนาด 1, 0.5, 0.125 และ 0.063 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C เป็นเวลา 3 วัน นำมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำตะกอนทั้งสองมาผสมในอัตราส่วนต่างๆดังนี้ (ตะกอนที่ปราศจากอินทรีย์สาร : ตะกอนขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร) 0:1, 1:1 และ 1:2 หาปริมาณอินทรีย์สารของตะกอนดินในแต่ละระดับเป็นปริมาณอินทรีย์สารเริ่มต้น ใส่ตะกอนดินที่อัตราส่วนต่างๆในถังทดลองที่มีความจุน้ำ 30 ลิตร วัดความเค็มน้ำทะเลและอุณหภูมิน้ำตลอดช่วงทำการทดลอง

4.2 นำปลิงทะเลที่ปรับสภาพในบ่อพักที่ปราศจากวัสดุรองพื้นบ่อซึ่งมีระบบน้ำทะเลเป็นแบบไหลผ่านตลอด ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ปลิงทะเลมีการขับถ่ายมูลออกมาแล้วจึงชั่งน้ำหนักปลิงทะเลเปียกก่อนย้ายมาสู่บ่อเลี้ยงที่เตรียมตะกอนทดลองไว้ (รูปที่ 12)

4.3 สังเกตุและเก็บมูลปลิงทะเลที่ขับถ่ายออกทุกๆ 4 ชั่วโมง นำไปอบให้แห้งและหาปริมาณอินทรีย์สารที่เหลืออยู่ในมูล (รูปที่ 15)

4.4 นำตะกอนในอัตราส่วนต่างๆและมูลปลิงทะเลวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สารมีวิธีทำได้ดังนี้

1 นำตะกอนและมูลปลิงทะเลไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียล ปล่อยให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งและบันทึกเป็นน้ำหนักก่อนเผา

2 เผาครูซิเบิล (crucible) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งและบันทึกเป็นน้ำหนักของครูซิเบิล

3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตะกอนหรือมูลปลิงทะเลประมาณ 10-20 กรัม ในครูซิเบิล

4 นำตัวอย่างตะกอนไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น ชั่งและบันทึกเป็นน้ำหนักหลังเผา

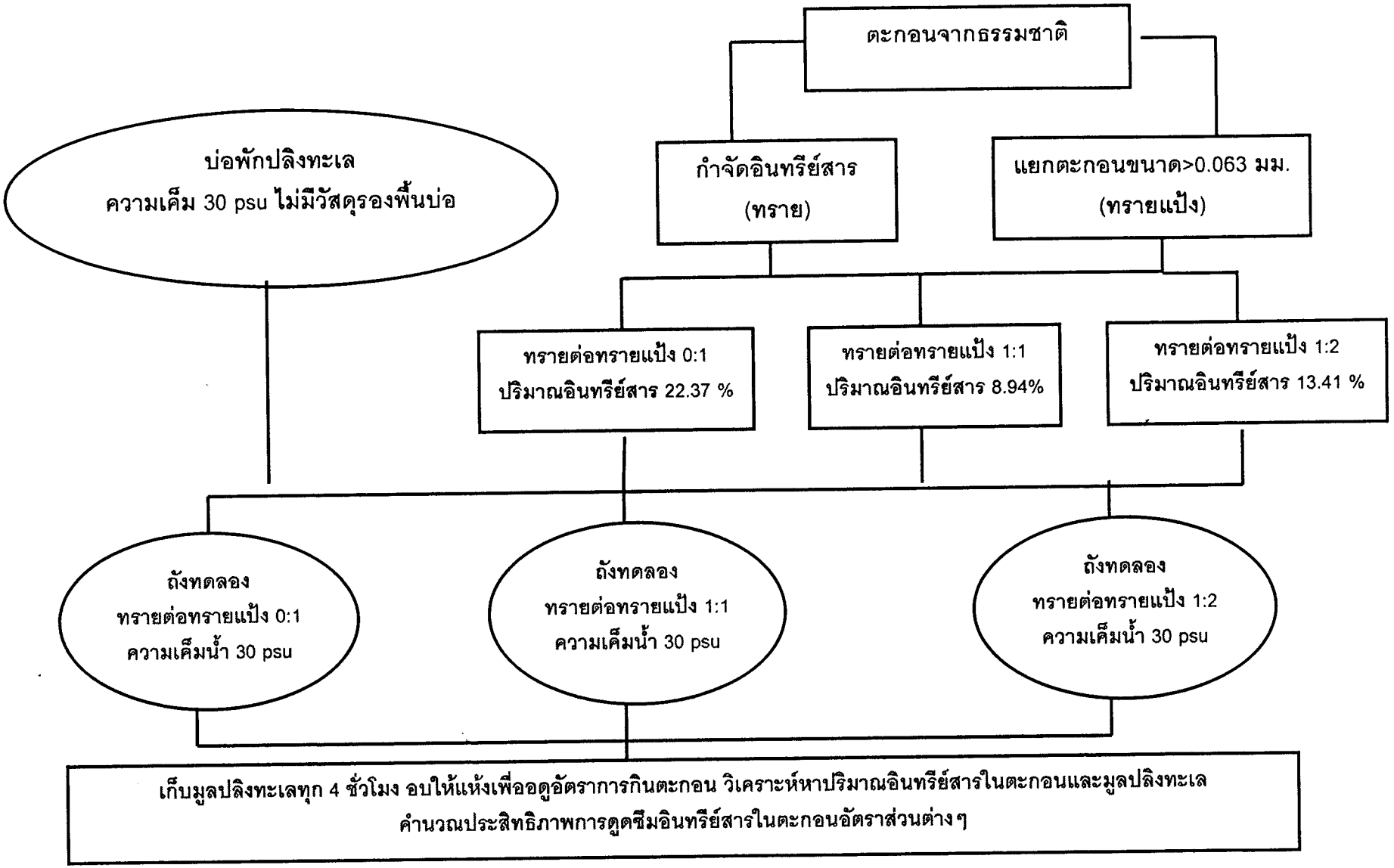
4.5 ประเมินประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลในตะกอนดินที่มีองค์ประกอบต่างๆ โดยคำนวณได้จากสมการนำค่าที่ได้มาเทียบต่อค่ามวลชีวภาพของปลิงทะเลแต่ละชนิด

$$\text{Absorption efficiency of organic matter} = \frac{(F - E)}{(1 - E)F} \times 100$$

เมื่อ F = น้ำหนักของอาหารหลังเผา / น้ำหนักของอาหารก่อนเผา

E = น้ำหนักของมูลปลิงทะเลหลังเผา / น้ำหนักของมูลปลิงทะเลก่อนเผา

(แสดงแผนภาพของขั้นตอนการทดลองในรูปที่ 14)

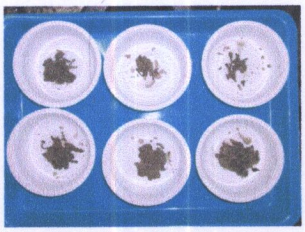


รูปที่ 14 การวัดอัตราการกินและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน

(ก)

(ข)

(ค)



(ง)

รูปที่ 15 (ก) ถังทดลองเลี้ยงปลิงทะเลที่มีตะกอนแต่ละระดับ อัตราความหนาแน่น 1 ตัวต่อถัง ระบบน้ำทะเลไหลผ่านตลอด (ข) ปลิงทะเล *H.leucospilota* ในถังทดลอง (ค)ปลิงทะเล *H. atra* ในถังทดลอง และ (ง) มูลปลิงทะเลที่เก็บได้จากการทดลอง

5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำค่าของอัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายของปลิงทะเลที่ได้จากการทดลองในแต่ละระดับความเค็ม และนำค่าทั้งสองแทนค่าในสมการขอบเขตการเจริญเติบโตเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละชุดทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในองค์ประกอบตะกอนที่ระดับต่างๆใช้วิธีวิเคราะห์ Analysis of Variance เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงผลการศึกษาอยู่ในรูปตารางและกราฟ

บทที่ 3

ผลการศึกษา

1 การสำรวจแหล่งที่อยู่อาศัยและการกระจายของปลิงทะเลในภาคสนาม

ปลิงทะเลทั้งสองชนิด คือ *H. atra* และ *H. leucospilota* สำรวจแหล่งเก็บตัวอย่างปลิงทะเลเพื่อนำมาทดลองในห้องปฏิบัติการ บริเวณที่ได้สำรวจบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบนในจังหวัดชลบุรีและระยองดังตารางที่ 7 การกระจายของปลิงทะเล *H. atra* พบว่ามีลักษณะถิ่นที่อยู่ที่เป็นพื้นทรายบริเวณเขตต่ำกว่าระดับน้ำทะเลลงต่ำสุดและพบกระจายอยู่เป็นกลุ่มใต้ก้อนหินและปะการัง โดยบริเวณที่พบปลิงทะเล *H. atra* มีลักษณะตะกอนแบบทราย ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* พบได้ทั้งบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงลึกลงไปถึงบริเวณแนวปะการัง ลักษณะถิ่นที่อยู่ที่พบได้แก่ บริเวณหาดหิน, พื้นทรายซึ่งมีระดับน้ำทะเลต่ำกว่าระดับน้ำทะเลลงต่ำสุด, ในแนวปะการังและบริเวณพื้นทรายด้านนอกแนวปะการัง บริเวณที่พบปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอนุภาคตะกอนแบบทรายแป้งปนทราย, ตะกอนแบบทราย, ตะกอนแบบทรายปนกรวดและตะกอนทรายปนเศษหินปะการัง

1.1 พื้นที่สำรวจในจังหวัดชลบุรี

จากการสำรวจทางภาคสนามบริเวณชายฝั่งทะเลและบริเวณแนวปะการังในจังหวัดชลบุรี *H. atra* พบเฉพาะบางพื้นที่สำรวจในจังหวัดชลบุรี ในขณะที่พบว่ามีการกระจายอยู่ของปลิงทะเล *H. leucospilota* พบได้ทุกพื้นที่ ในบริเวณเกาะสีชังด้านทิศตะวันออก พบว่า *H. leucospilota* มีการกระจายอยู่บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง ถิ่นอาศัยเป็นหาดหินซึ่งมีตะกอนเป็นกรวดปนทรายและมีปริมาณของทรายแป้งสะสมมาก พบว่าปลิงทะเลที่กระจายบริเวณนี้มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับตัวที่โตเต็มวัย ขนาดโดยเฉลี่ยเล็กกว่าตัวที่โตเต็มวัย 3-4 เท่า พบการกระจายในปริมาณเบาบาง (5 ตัว/10ตารางเมตร) พื้นที่ในบริเวณหมู่เกาะสีชังที่ได้ทำการสำรวจอีก 2 พื้นที่คือ เกาะร้านดอกไม้ด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก พบว่าด้วนทิศตะวันตกพบการกระจายที่หนาแน่น (1 ตัว/1 ตารางเมตร) ถิ่นอาศัยพบในแนวปะการังและพื้นทรายด้านนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายปนกรวด ในขณะด้านทิศเหนือมีการกระจายเบาบาง (5ตัว/10ตารางเมตร) ถิ่นอาศัยพบที่บริเวณพื้นทรายด้านนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายมีการสะสมทรายแป้งปานกลาง ในบริเวณเกาะค้างคาวได้ทำการสำรวจในด้านทิศเหนือ, ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก พบว่ามีการกระจายของปลิงทะเล *H. leucospilota* เบาบาง (5ตัว/10ตารางเมตร) ถิ่นอาศัยพบในแนวปะการัง บริเวณพื้น

ทรายด้านในและด้านนอกของแนวปะการัง เกาะล้านได้ทำการสำรวจในด้านทิศใต้ พบว่ามีการกระจายของปลิงทะเล *H. leucospilota* และ *H. atra* เบาบางโดยพบในถิ่นอาศัยในแนวปะการัง พื้นทรายนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายมีการสะสมทรายแป้งน้อย พื้นที่สำรวจบริเวณเกาะขามด้านทิศเหนือและทิศใต้ พบการกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิดอย่างเบาบาง ถิ่นอาศัยที่พบเป็นใต้ซอกหินหรือซอกแนวปะการัง พื้นทรายด้านในแนวปะการัง แนวปะการัง

1.2 พื้นที่สำรวจในจังหวัดระยอง

พื้นที่สำรวจในจังหวัดระยองทุกบริเวณสำรวจพบปลิงทะเลได้ทั้งสองชนิด โดยในแต่ละพื้นที่พบการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* มีการกระจายในปริมาณแตกต่างกัน พื้นที่สำรวจได้แก่ เกาะเสม็ดด้านทิศตะวันออก/อ่าวงเดือน พบการกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิดหนาแน่น โดยพบปลิงทะเล *H. atra* มีการกระจายปริมาณมากในบริเวณพื้นทรายด้านในของแนวปะการังและจะพบปริมาณน้อยลงเมื่อห่างฝั่งออกมา ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการกระจายในบริเวณห่างฝั่งออกไปจนถึงพื้นทรายนอกแนวปะการัง โดยมีปริมาณมากในบริเวณในแนวปะการัง ถิ่นอาศัยเป็นแบบพื้นทรายด้านในของแนวปะการัง ซอกหิน แนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทราย พื้นที่สำรวจในเกาะมันนอกและเกาะมันกลาง พบการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* ในปริมาณน้อยกว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* ลักษณะถิ่นอาศัยที่พบปลิงทะเล *H. atra* คือ ในบริเวณแนวปะการังด้านในเท่านั้น ในขณะที่พบปลิงทะเล *H. leucospilota* ได้ทั้งตลอดทั้งแนวปะการังและพื้นด้านนอกแนวปะการังซึ่งมีความลาดชันพื้นมาก สำหรับพื้นที่การสำรวจบริเวณเกาะมันในพบการกระจายอยู่ของปลิงทะเลทั้งสองชนิดอยู่อย่างอย่างหนาแน่น โดยพบการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* หนาแน่นในถิ่นอาศัยแบบพื้นทรายด้านในของแนวปะการัง และพบบางบางเมื่อห่างออกฝั่งมากขึ้น โดยไม่พบว่ามีการกระจายในบริเวณแนวปะการัง ในขณะที่พบว่าการกระจายของปลิงทะเล *H. leucospilota* พบการกระจายตัวเบาบางในบริเวณพื้นทรายด้านในแนวปะการังและพบการกระจายหนาแน่นขึ้นเมื่อห่างฝั่งออกไป นอกจากนี้ยังมีการกระจายในบริเวณพื้นด้านนอกของแนวปะการังด้วย ซึ่งมีลักษณะความลาดชันสูงเช่นกัน โดยพบกระจายของปลิงทะเลหนาแน่นมากในบริเวณในแนวปะการัง (1ตัว/ตร.ม.)

ตารางที่ 7 การกระจายของปลิงทะเล *Holothuria atra* และ *H. leucospilota* ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและบริเวณแนวปะการังบริเวณจังหวัดชลบุรีและระยอง

= ไม่พบการกระจายของปลิงทะเล

+ = พบการกระจายของปลิงทะเลเบาบาง: 5 ตัว/10 ตารางเมตร และ

++ = พบการกระจายของปลิงทะเลหนาแน่น: 1 ตัว/ ตารางเมตร

สถานที่สำรวจ	การกระจายของปลิงทะเล		ลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยและลักษณะของตะกอน
	H. atra	*H. leucospilota*	
จังหวัดชลบุรี			
เกาะสีชัง	-	+	หาดหิน ตะกอนเป็นแบบทรายแป้งปนทรายและทรายปนกรวด
เกาะร้านดอกไม้	-	++	แนวปะการังและพื้นทรายนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายปนกรวดและทรายปนเศษหินปะการัง
เกาะค้างค้าว	-	+	แนวปะการังและพื้นทรายนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายปนกรวดและทรายปนเศษหินปะการัง
เกาะล้าน	+	+	แนวปะการังและพื้นทรายนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายปนกรวดและทรายปนเศษหินปะการัง
เกาะขาม	+	++	แนวปะการังและพื้นทรายนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทรายปนกรวดและทรายปนเศษหินปะการัง
จังหวัดระยอง			
เกาะเสม็ด	++	++	พื้นทรายเขตต่ำกว่าน้ำลงต่ำสุดและแนวปะการัง พื้นทรายเขตต่ำกว่าน้ำลงต่ำสุดและแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทราย
เกาะมันนอก	+	++	แนวปะการังและนอกแนวปะการังตะกอนแบบเป็นทราย
เกาะมันกลาง	+	++	แนวปะการังและนอกแนวปะการังตะกอนแบบทราย
เกาะมันใน	++	++	พื้นทรายด้านติดชายฝั่ง แนวปะการังและนอกแนวปะการัง ตะกอนเป็นแบบทราย

2 การศึกษามวลชีวภาพของปลิงทะเล

การศึกษามวลชีวภาพของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* พบว่าในปลิงทะเล *H. atra* มีค่าเปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพเท่ากับ 8.31±0.75 ส่วนปลิงทะเล *H. leucospilota* มีค่าเปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพเท่ากับ 6.69±1.02

ตารางที่ 8 ค่าน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์ของค่ามวลชีวภาพของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota*

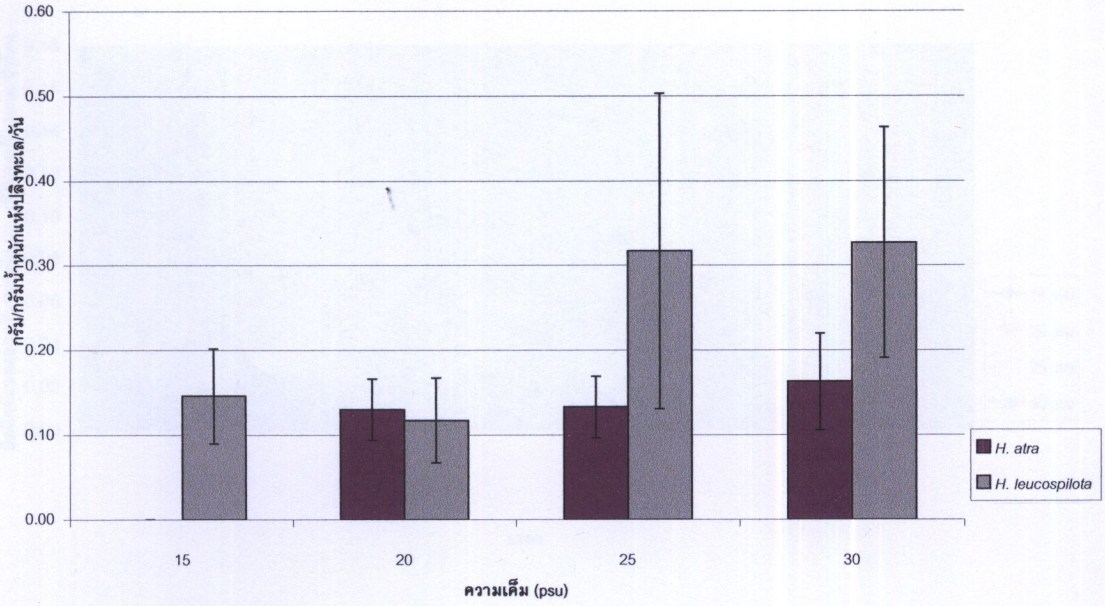
ชนิด	น้ำหนักเปียก	น้ำหนักแห้ง	เปอร์เซ็นต์มวลชีวภาพ
H. atra	23.7	1.78	7.52
	23.1	2.13	9.21
	27.7	2.29	8.28
	23.4	2.13	9.10
	31.4	2.58	8.29
	33.5	2.50	7.45
ค่าเฉลี่ย	-	-	8.31±0.75
H. leucospilota	27.7	1.89	6.81
	34.4	2.21	6.41
	21.5	1.70	7.92
	24.6	1.47	5.96
	31.7	1.68	5.30
	32.1	2.48	7.74
ค่าเฉลี่ย	-	-	6.69±0.75

3 การศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อความเค็มระดับต่างๆ

จากการทดลองการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลที่ความเค็มระดับต่างๆ คือ 15, 20, 25 และ30 psu เพื่อวัดอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลในรอบวัน และการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์อัตราการใช้ออกซิเจนละลายในน้ำและการขับถ่ายแอมโมเนียในน้ำของปลิงทะเลในรอบวัน โดยเก็บน้ำและเปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ทุกๆ 6 ชั่วโมง เพื่อเป็นการสุ่มผลของความเค็มต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเล และนำค่าของการตอบสนองทั้งหมด นำมาพิจารณาในรูปของค่าพลังงานเพื่อประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ในสมการขอบเขตการเติบโต (Scope of growth) และนอกจากนี้จะประเมินการตอบสนองของปลิงทะเลโดยพิจารณาถึงอัตราส่วนการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนที่ระดับความเค็มต่างๆ

3.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีผลต่ออัตราการกินอาหารของปลิงทะเล

การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็ม 15, 20, 25 และ 30 psu พบว่ามีอัตราการกินอาหารในรอบวันที่ระดับความเค็มต่างๆ แตกต่างกัน โดยพบว่าที่ระดับความเค็ม 15 psu ปลิงทะเลไม่กินอาหาร ในขณะที่ความเค็ม 20, 25 และ 30 psu มีอัตราการกินอาหารโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยที่ความเค็ม 20 psu มีอัตราการกินอาหารเท่ากับ 0.130$\pm$0.036 กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน (g/g dw/day) ที่ความเค็ม 25 psu มีอัตราการกินอาหารเท่ากับ 0.133$\pm$0.036 กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน และที่ความเค็ม 30 psu มีอัตราการกินอาหารเท่ากับ 0.163$\pm$0.057 กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน ตามลำดับ ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospolota* มีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยที่ระดับความเค็มต่างๆไม่แตกต่างกัน โดยมีอัตราการกินอาหารเฉลี่ยที่ความเค็ม 15, 20, 25 และ 30 psu เท่ากับ 0.113$\pm$0.033, 0.117$\pm$0.050, 0.317$\pm$0.185 และ0.477$\pm$0.351 กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน ตามลำดับ (รายละอียดแสดงดัง ตารางที่ 9-10 และรูปที่ 16)

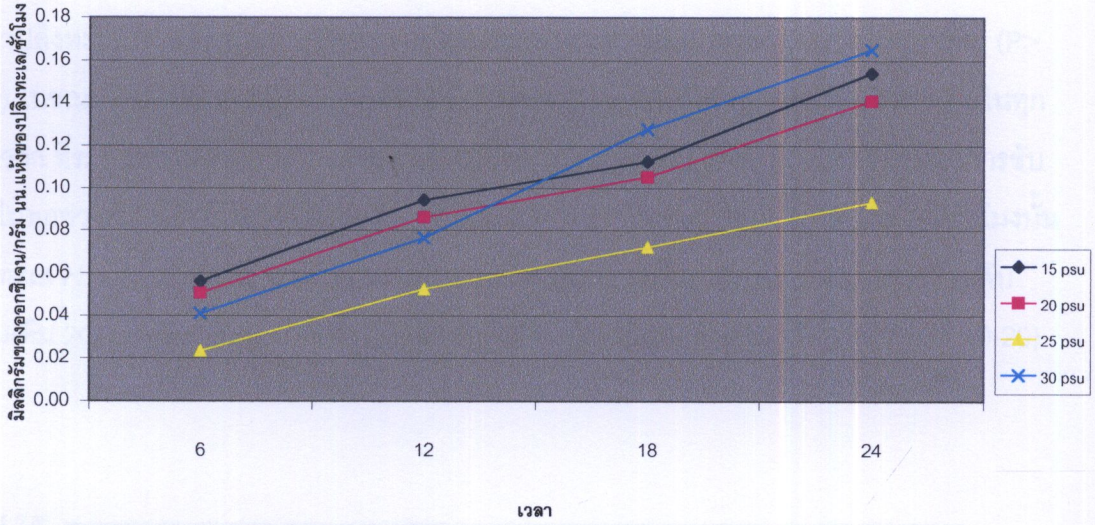


รูปที่ 16 อัตราการกินอาหารของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ

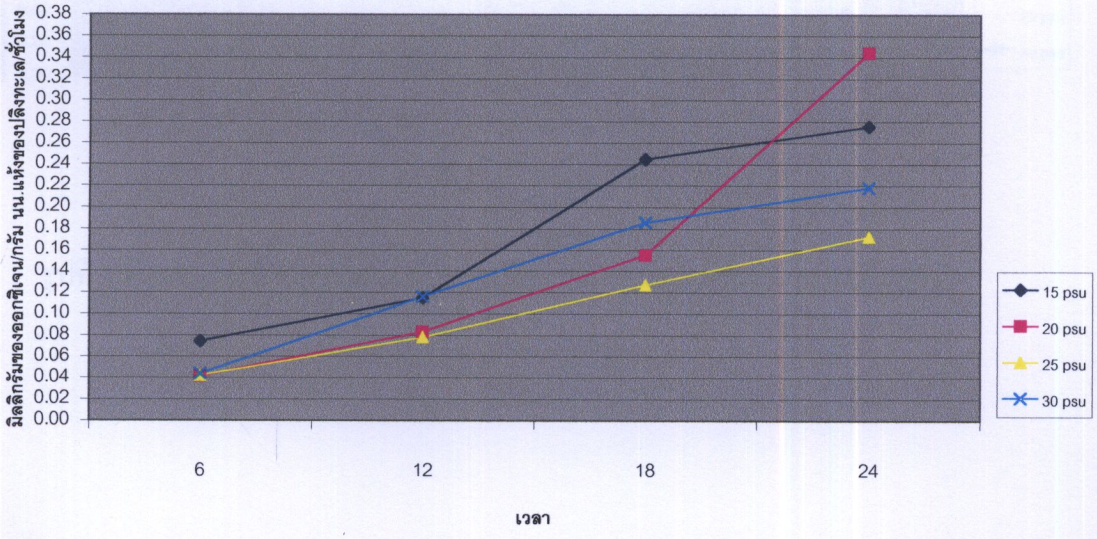
3.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีต่ออัตราการหายใจ

การตอบสนองของอัตราการหายใจในรอบวันต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการหายใจในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 12 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ในช่วงเวลา 18 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง ปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการหายใจที่ความเค็มต่างๆแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยในช่วงเวลา 13 ชั่วโมง ถึง 18 ชั่วโมง ที่ความเค็ม 15 และ 20 psu ปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่ความเค็ม 30 psu และพบว่าในเวลา 19 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง มีอัตราการหายใจที่ความเค็ม 15 psu ต่ำกว่า 30 psu (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 9 และรูปที่ 17)

การตอบสนองของอัตราการหายใจในรอบวันของปลิงทะเล *H. leucospilotu* ต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่าในช่วงเวลา 1ชั่วโมง ถึง 12 ชั่วโมง และ 19 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมง พบว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการหายใจที่ระดับความเค็มต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่พบว่าในช่วงเวลา 13 ชั่วโมง ถึง 18 ชั่วโมง ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการหายใจที่ความเค็มต่างๆแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเค็ม 20 psu มีอัตราการหายใจสูงกว่าที่ความเค็ม 15 psu (แสดงดังตารางที่ 9 และรูปที่ 18)



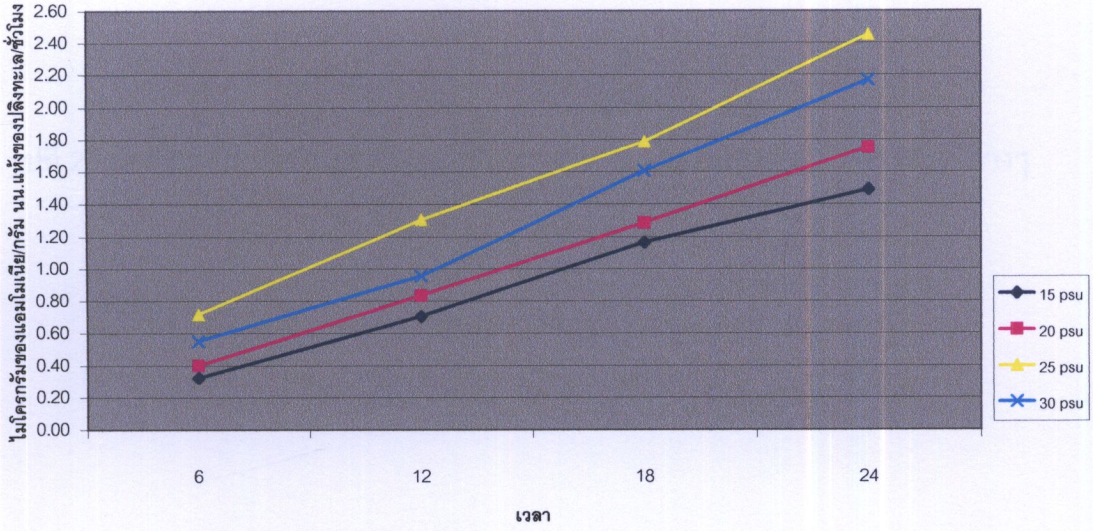
รูปที่ 17 อัตราการหายใจในรอบวันของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ



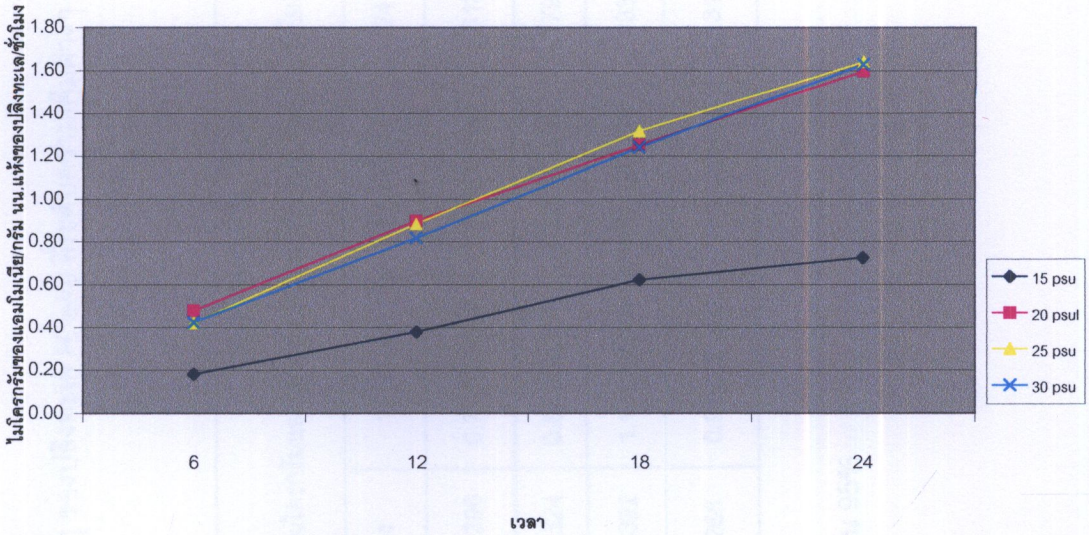
รูปที่ 18 อัตราหายใจในรอบวันของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

3.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีต่ออัตราการขับถ่าย

การตอบสนองของอัตราการขับถ่ายในรอบวันของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการขับถ่ายในแต่ละช่วงเวลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในขณะที่ ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการตอบสนองของอัตราการขับถ่ายในรอบวันในทุกช่วงเวลา ที่ระดับความเค็มต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่มีอัตราการขับถ่ายในทุกช่วงเวลามีค่าต่ำสุดที่ความเค็ม 15 psu และพบว่าในช่วงเวลา 12, 18 และ 24 ชั่วโมงนั้น ปลิงทะเล *H. leucospilota* จะมีอัตราการขับถ่ายที่ระดับความเค็ม 15 psu มีค่าต่ำกว่าที่ระดับความเค็ม 20, 25 และ 30 psu อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (แสดงดังตารางที่ 9 และ รูปที่ 19-20)



รูปที่ 19 อัตราการขับถ่ายในรอบวันของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ



รูปที่ 20 อัตราการขับถ่ายในรอบวันของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยอัตราการกิน อัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียในช่วงเวลาต่างๆ ของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ความเค็ม (psu)	อัตราการกิน (กรัม/กรัม นน. แห้งของปลิงทะเล/วัน)	อัตราการหายใจ (มิลลิกรัมออกซิเจน/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)				อัตราการขับถ่าย (ไมโครกรัมแอมโมเนีย/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)			
		6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
15	ไม่กิน[a]	0.026±0.022	0.067±0.057	0.082±0058[a]	0.120±0.073[a]	0.353±0.396	0.798±0.618	1.266±0.783	1.612±0.974
20	0.130±0.036[b]	0.050±0.063	0.085±0.082	0.106±0.094[a]	0.139±0.107[ab]	0.428±0.324	0.864±0.557	1.294±0.625	1.779±0.786
25	0.133±0.047[b]	0.025±0.015	0.051±0.020	0.070±0.025[ab]	0.095±0.036[ab]	0.670±0.322	1.188±0.264	1.671±0.296	2.333±0.350
30	0.163±0.057[b]	0.070±0.093	0.106±0.093	0.160±0.088[b]	0.200±0.104[b]	0.533±0.268	0.949±0.237	1.610±0.404	2.131±0.571

[ab] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยอัตราการกิน อัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียในช่วงเวลาต่างๆ ของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ความเค็ม (psu)	อัตราการกิน (กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	อัตราหายใจ (มิลลิกรัมออกซิเจน/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)				อัตราขับถ่าย (ไมโครกรัมแอมโมเนีย/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)			
		6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
15	0.146±0.056	0.075±0.084	0.117±0.097	0.248±0.244^{b}	0.329±0.263	0.192±0.173^{a}	0.419±0.385^{a}	0.495±0.165^{a}	0.804±0.615^{a}
20	0.117±0.050	0.044±0.059	0.085±0.051	0.059±0.187^{a}	0.201±0.280	0.503±0.339^{ab}	0.904±0.402^{b}	0.521±0.174^{b}	1.595±0.608^{b}
25	0.317±0.186	0.040±0.020	0.080±0.041	0.133±0.052^{ab}	0.179±0.053	0.432±0.272^{ab}	0.862±0.504^{b}	0.533±0.178^{b}	1.639±0.645^{b}
30	0.327±0.136	0.043±0.027	0.110±0.042	0.174±0.065^{ab}	0.203±0.100	0.375±0.236^{b}	0.791±0.406^{b}	0.530±0.177^{b}	1.552±0.606^{b}

^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มที่มีต่อค่าดัชนีการเติบโตของปลิงทะเล

การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลโดยการพิจารณาจากค่าขอบเขตการเติบโต ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณจากสมการ

$$P = A - (R+U)$$

โดย A = อัตราการกินตะกอน × ประสิทธิภาพการซึมอินทรีย์สาร (23.1 : Yingst, 1976) × พลังงานที่ได้จากตะกอน (0.012แคลลอรี่/กรัม)

R = 3.34 แคลลอรี่/มิลลิกรัมออกซิเจน× อัตราการหายใจ

U = 4.88×10^{-3} แคลลอรี่/ไมโครโมลแอมโมเนียไนโตรเจน×อัตราการขับถ่าย

ค่าพลังงานที่ปลิงทะเลได้รับจากตะกอนธรรมชาติซึ่งมีปริมาณอินทรีย์สารร้อยละ 0.012 เมื่อนำมาแปลงเป็นค่าพลังงานโดยเทียบจากปริมาณอินทรีย์สารในตะกอนเป็นค่าพลังงานจากสมการของ Hughes (1966) โดยปริมาณอินทรีย์สารในตะกอนร้อยละ 1 จะได้ค่าพลังงานจากตะกอนเท่ากับ 1.026 แคลลอรี่/กรัม ดังนั้นค่าพลังงานที่ตะกอนมีเท่ากับ 0.012 แคลลอรี่/กรัม

จากการศึกษาพบว่าพลังงานที่ปลิงทะเล *H. atra*ได้รับในรอบวันที่ระดับความเค็มต่างๆ แตกต่างกัน โดยที่ระดับความเค็ม 15 psu ปลิงทะเล *H. atra* ไม่กินอาหารจึงทำให้ค่าพลังงาน ที่ได้รับจากอาหาร (A) เป็นศูนย์ สำหรับค่าพลังงานที่ปลิงทะเล *H. atra* ได้รับในรอบวันที่ความเค็ม 20, 25 และ 30 psu มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* ได้รับพลังงานจากอาหารในรอบวันที่ระดับความเค็มต่างๆไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

สำหรับการปรับตัวต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการจัดสรรพลังงานด้านที่นำไปใช้ในการหายใจ พบว่าค่าพลังงานที่นำไปใช้การหายใจในรอบวันของปลิงทะเลทั้งสองชนิด ที่ระดับความเค็มต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่พบว่าปลิงทะเลทั้งสองชนิดมีการจัดสรรพลังงานไปใช้ในการขับถ่ายในรอบวันที่ระดับความเค็มต่างๆมีค่าแตกต่างกัน โดยปลิงทะเล *H. atra* มีการใช้พลังงานในการขับถ่ายในรอบวันที่ระดับความเค็ม 15 psu ต่ำกว่าที่ระดับความเค็ม 25 และ 30 psu อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการใช้พลังงานในการขับถ่ายที่ระดับความเค็ม 15 psu ต่ำกว่าที่ระดับความเค็ม 20, 25 และ 30 psu อย่างมีนัยสำคัญอย่าง ($P<0.05$)

เมื่อนำค่าพลังงานทั้งหมดมาประเมินผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลโดยรวมต่อการเปลี่ยนแปลงความค็ม โดยอยู่ในรูปของค่าดัชนีขอบเขตการเติบโต (Scope for growth) เป็นผลรวมของค่าพลังงานที่ได้รับ และใช้ไปในการดำรงชีวิตอยู่ในทะเลที่มีความเค็มระดับต่างๆ

โดยพบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีค่าพลังงานที่ได้รับจากอาหารที่ระดับความเค็ม 15 psu ต่ำกว่าทุกระดับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีค่าพลังงานที่ใช้ไปในการขับถ่ายที่ระดับความเค็ม 15 psu มีค่าต่ำกว่าที่ 25 และ 30 psu แต่ไม่พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีการใช้พลังงานในการหายใจที่แตกต่างกันในแต่ละระดับความเค็ม ดังนั้นเมื่อนำค่าพลังงานมาประเมินเป็นการตอบสนองโดยรวมในรูปของดัชนีขอบเขตการเติบโต จะไม่พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีค่าดัชนีการเติบโตที่ระดับความเค็มต่างๆ แตกต่างกัน ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* แสดงการตอบสนองเกี่ยวกับพลังงานไปใช้ในการดำรงชีพที่ระดับความเค็มต่างๆแตกต่างกัน โดยพบว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* นั้นมีค่าพลังงานที่ใช้ไปในการขับถ่ายที่ความเค็ม 15 psu ต่ำกว่าที่ความเค็ม 20, 25 และ 30 psu เช่นเดียวกัน โดยปลิงทะเลจะเสียพลังงานที่ใช้ในการขับถ่ายสูงสุดที่ความเค็ม 20 psu แต่จะไม่พบว่าปลิงทะเล *H. lucospilota* ได้รับพลังงานจากอาหาร และมีการใช้พลังงานไปในการหายใจที่ความเค็มต่างๆ แตกต่างกัน ในขณะที่ เมื่อนำค่าพลังงานทั้งหมดมาประเมินการตอบสนองโดยรวมที่ระดับความเค็มต่างๆ ในรูปของค่าดัชนีของการเติบโตจะพบว่า ที่ระดับความเค็ม 20 psu ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีค่าขอบเขตการเติบโตต่ำที่สุด โดยที่พบว่าปลิงทะเลชนิดนี้มีค่าดัชนีขอบเขตการเติบโตสูงสุดที่ระดับความเค็ม 25 psu แต่พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนในช่วงเวลา 18-24 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างๆไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของปลิงทะเลทั้งสองชนิด พบว่าปลิงทะเลทั้งสองชนิดมีค่าขอบเขตการเติบโตที่ระดับความเค็มต่างๆไม่แตกต่างกัน (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 11-12 และรูปที่ 16-20)

ตารางที่ 11 พลังงานที่ได้รับ พลังงานใช้ในการหายใจ พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ขอบเขตการเติบโต และอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน ของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

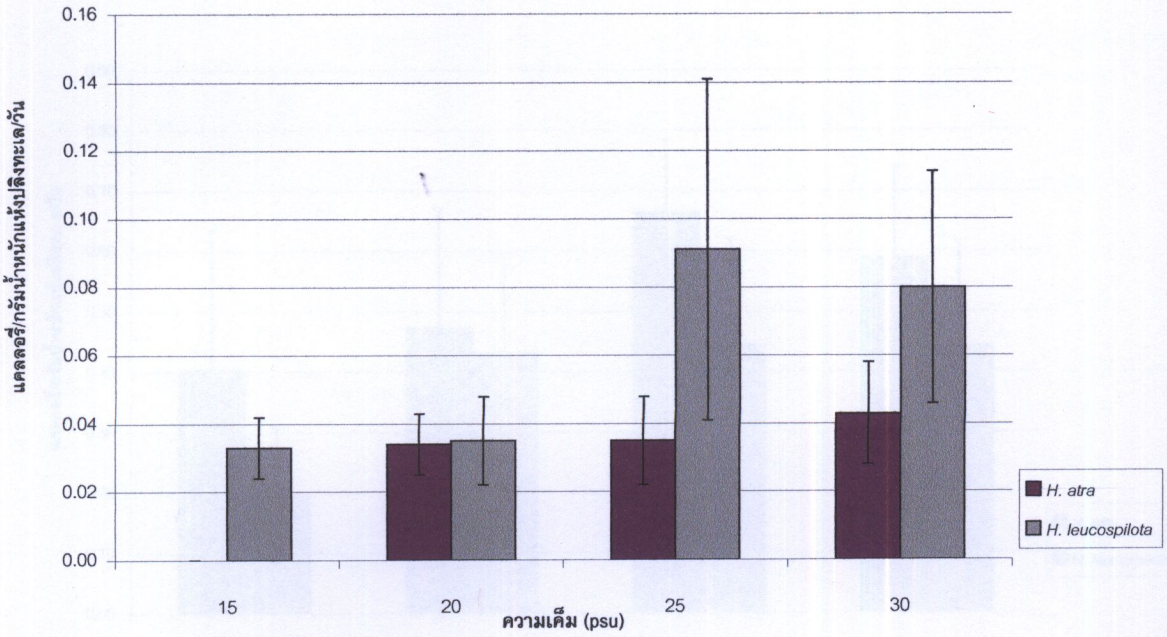
ความเค็ม (psu)	พลังงานที่ได้รับ (แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการหายใจ (แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ($\times 10^{-3}$แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	ขอบเขตการเติบโต	อัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน
15	0.000±0.000[a]	0,514±0.447	0.404±0.230[a]	-0.918±0.520	85.02±69.47
20	0.034±0.009[b]	0.470±0.356	0.474±0.197[ab]	-0.932±0.347	88.27±81.05
25	0.035±0.013[b]	0.312±0.112	0.664±0.120[c]	-0.958±0.213	26.36±14.12
30	0.043±0.015[b]	0.551±0.138	0.588±0.152[bc]	-1.118±0.186	82.23±83.42

[ab] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

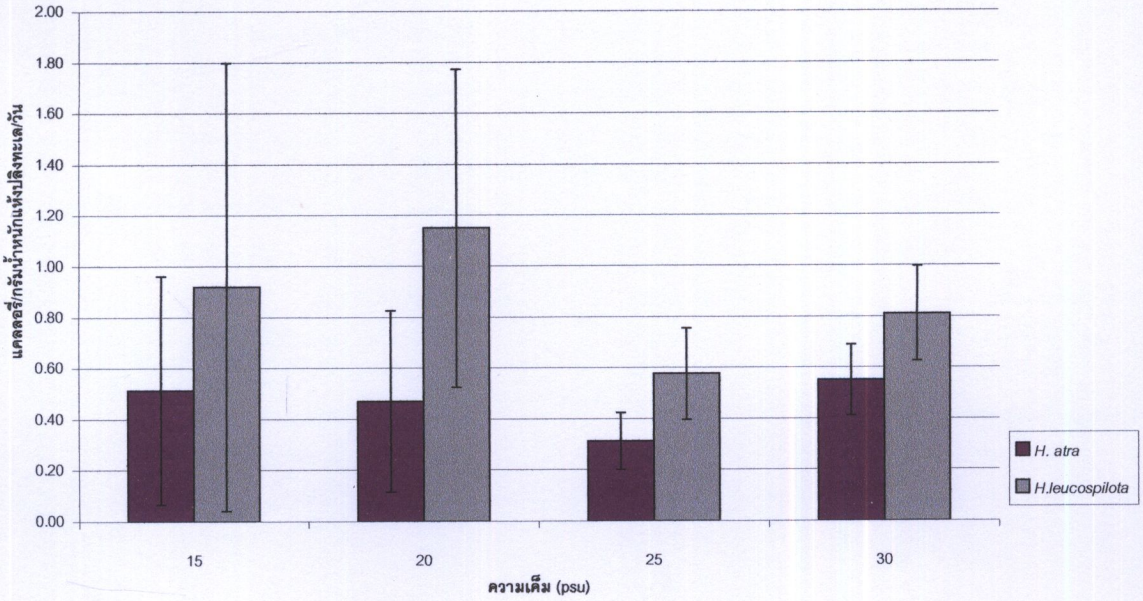
ตารางที่ 12 พลังงานที่ได้รับ พลังงานใช้ในการหายใจ พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ขอบเขตการเติบโต และอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน ของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ความเค็ม (psu)	พลังงานที่ได้รับ (แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการหายใจ (แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย ($\times 10^{-3}$แคลลอรี่/กรัมนน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	ขอบเขตการเติบโต	อัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจน
15	0.033±0.009	0.920±0.879	0.197±0.115[a]	-1.084±0.859[ab]	315.95±255.51
20	0.035±0.013	1.149±0.624	0.432±0.165[b]	-1.547±0.689[a]	358.33±315.16
25	0.091±0.050	0.576±0.179	0.445±0.175[b]	-0.929±0.274[b]	161.07±172.34
30	0.080±0.034	0.811±0.186	0.442±0.174[b]	-1.173±0.236[ab]	189.65±128.09

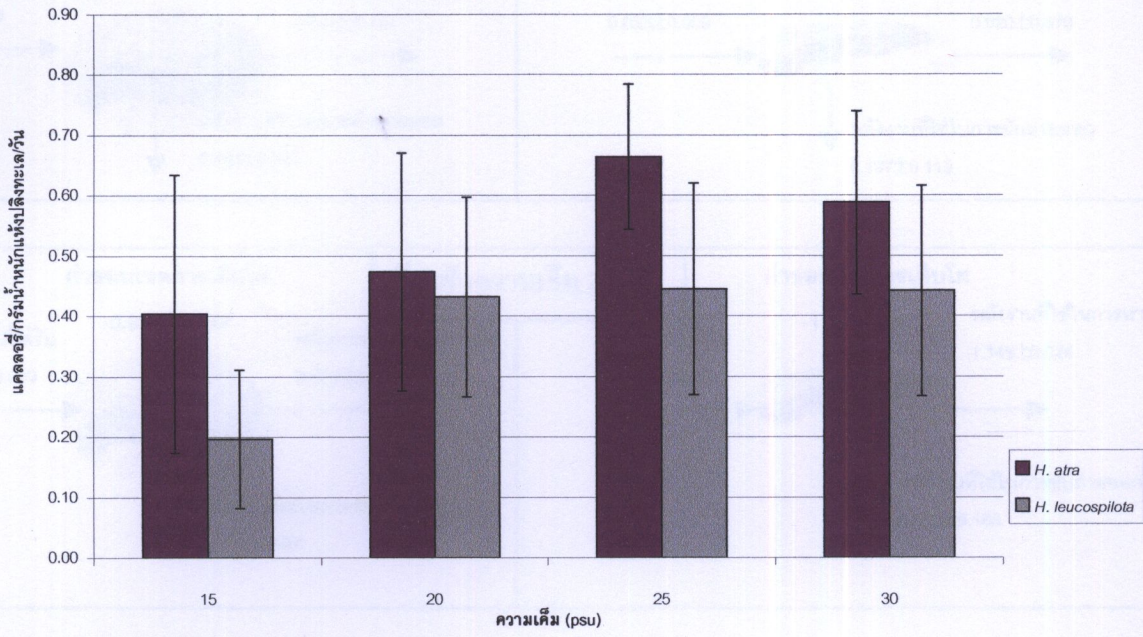
[ab] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 21 พลังงานที่ปลิงทะเลได้รับ ที่ระดับความเค็มต่างๆ

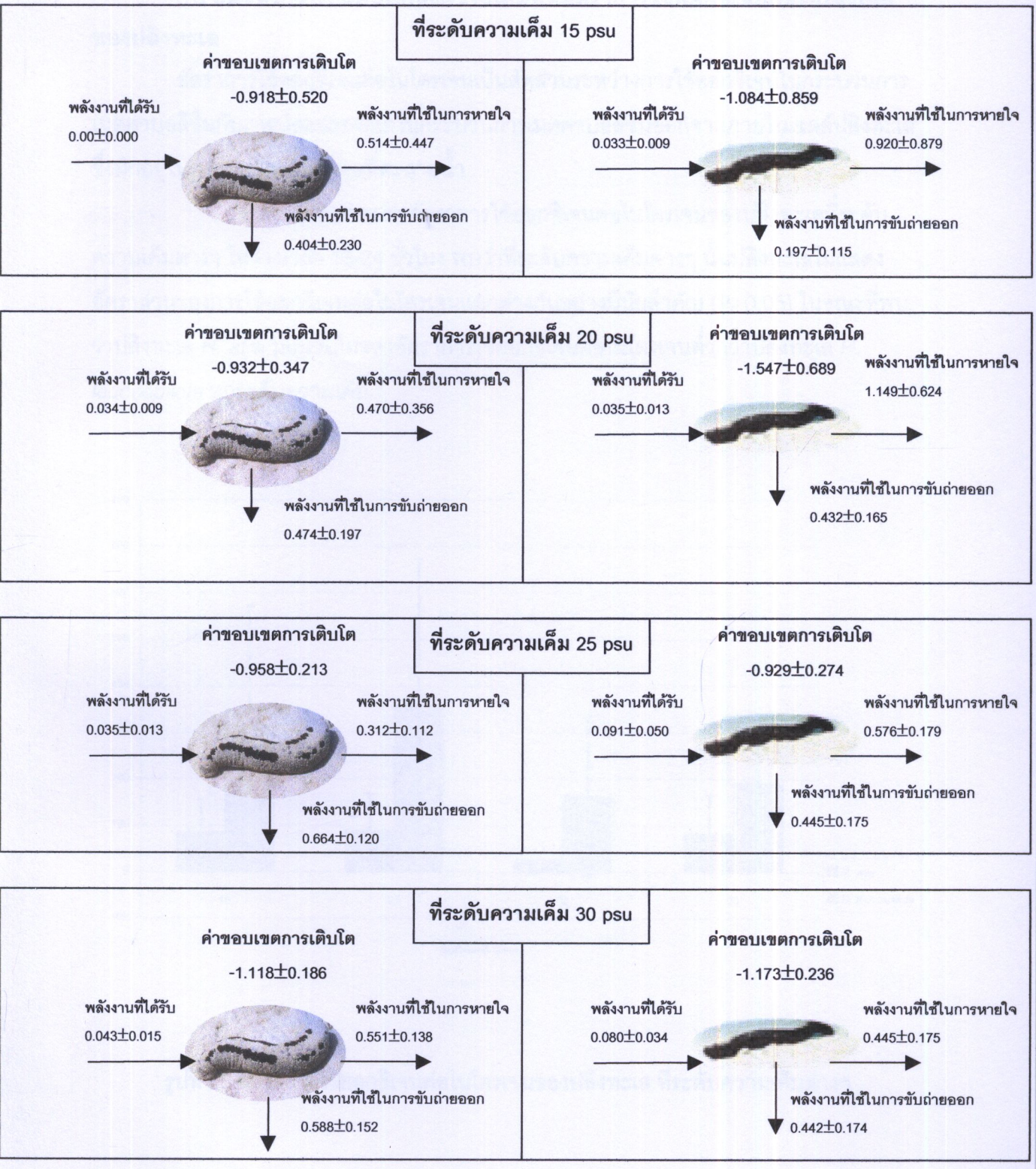


รูปที่ 22 พลังงานที่ปลิงทะเลใช้ไปในการหายใจ ที่ระดับความเค็มต่างๆ



รูปที่ 23 พลังงานที่ปลิงทะเลใช้ไปในการขับถ่าย ที่ระดับความเค็มต่างๆ

H. atra *H. leucospilota*

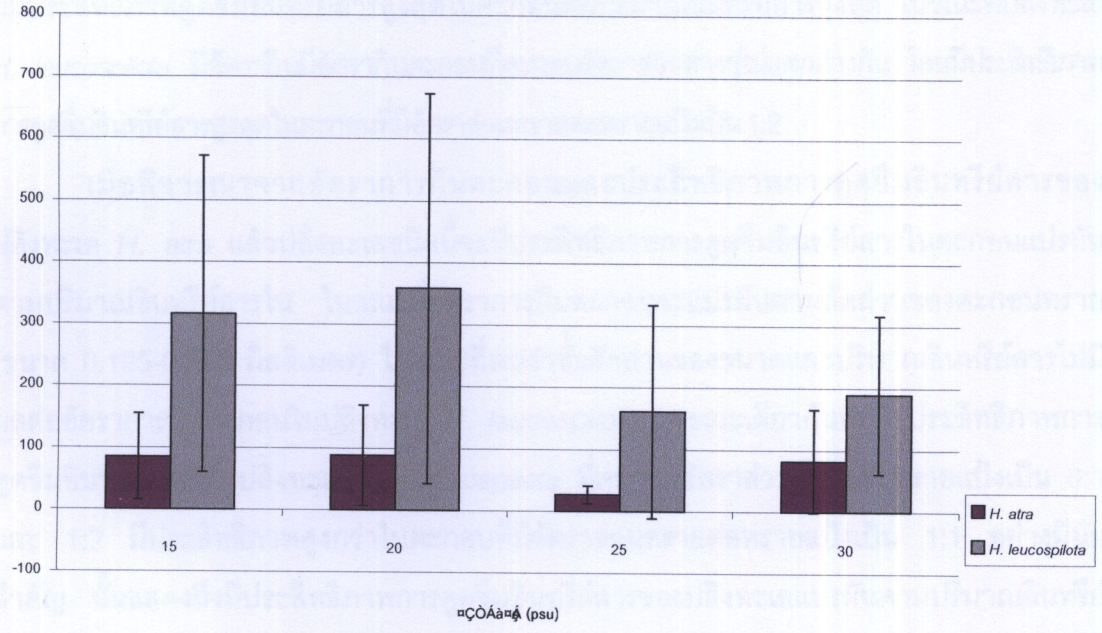


รูปที่ 24 ขอบเขตการเติบโตของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* ที่ระดับความเค็มต่างๆ (พลังงานที่ได้รับ, พลังงานที่ใช้ในการหายใจและพลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย : แคลอรี่/กรัม/วัน)

3.5 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ออัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเล

อัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนเป็นสัดส่วนระหว่างการใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมตตาบอลิซึมกับการปล่อยของเสียในกระบวนการเมตตาบอลิซึมออกจากภายในเซลล์ปลิงทะเล ซึ่งมักอยู่ในรูปของเสียไนโตรเจนที่ละลายน้ำ

จากการศึกษาพบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเลที่ระดับความเค็มต่างๆ ในช่วงเวลา 18-24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับความเค็มต่างๆ นั้นปลิงทะเลไม่แสดงอัตราส่วนของการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีแนวโน้มของอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* ทุกระดับความเค็ม



รูปที่ 25 อัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเล ที่ระดับความเค็มต่างๆ

4 การศึกษาอัตราการกินและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลต่อองค์ประกอบตะกอนที่แตกต่างกัน

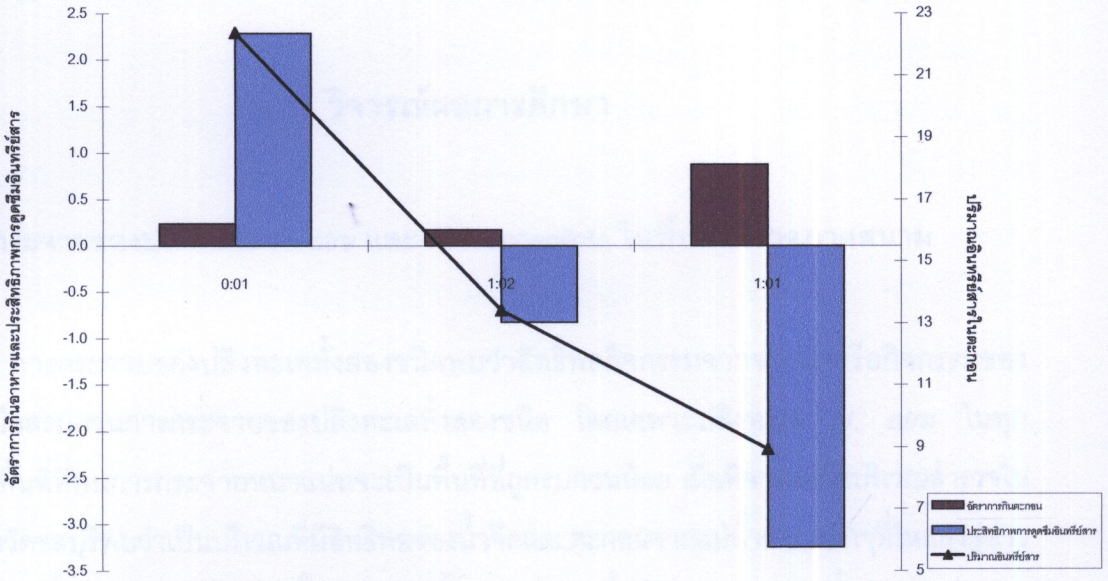
การศึกษาอัตราการกินตะกอนของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* ในตะกอนที่มีสัดส่วนของขนาดตะกอนและปริมาณอินทรีย์สารแตกต่างกันดังนี้ ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1 มีปริมาณอินทรีย์สารเท่ากับ 22.37% มีสัดส่วนขนาดตะกอนทั้งหมดเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:1 มีปริมาณอินทรีย์สารเท่ากับ 8.94% มีสัดส่วนตะกอนขนาด 0.125-0.250 มิลลิเมตร และตะกอนที่เล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร ร้อยละ 50 และตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:2 ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์สารเท่ากับ 13.41% มีสัดส่วนตะกอนขนาด 0.125-0.250 มิลลิเมตร ร้อยละ 33.33 และตะกอนที่เล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร ร้อยละ 66.67 พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีอัตรากินสูงสุดในตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายมาก ในขณะที่มีประสิทธิภาพดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดในตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูงสุด ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตรากินมีอัตรากินตะกอนที่ตะกอนอัตราส่วนต่างๆไม่แตกต่างกัน โดยมีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดในตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:2

เมื่อพิจารณาจากอัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. atra* แล้วปลิงทะเลชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนแปรผันตามปริมาณอินทรีย์สารใน ในขณะที่อัตราการกินตะกอนจะแปรผันตามสัดส่วนของตะกอนทราย (ขนาด 0.125-0.250 มิลลิเมตร) ในขณะที่พบว่าทั้งสัดส่วนของขนาดและปริมาณอินทรีย์สารไม่มีผลต่ออัตราการกินตะกอนในปลิงทะเล *H. leucospilota* แต่ขณะเดียวกันพบว่าประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. leucospilota* ที่ตะกอนอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1 และ 1:2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าในตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:1 อย่างมีนัยสำคัญ นั้นแสดงถึงมีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลแปรผันตามปริมาณอินทรีย์สาร และในขณะเดียวกันปัจจัยของสัดส่วนของขนาดตะกอนก็มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลด้วย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 13 และรูปที่ 21-22

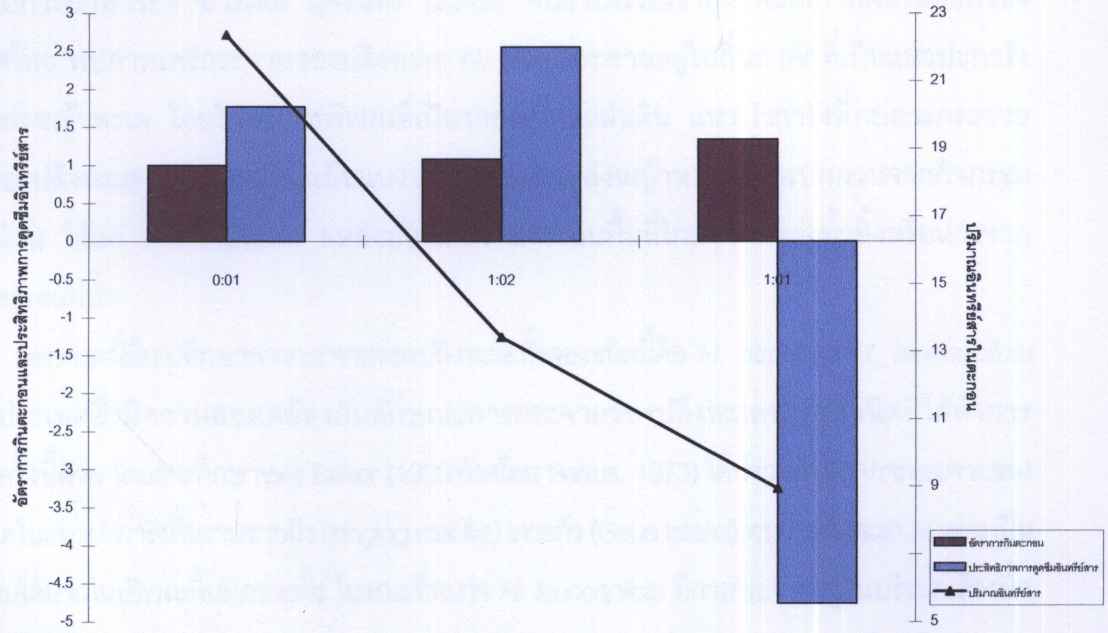
ตารางที่ 13 อัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบต่างๆของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota*

อัตราส่วนทรายต่อทรายแป้ง	ปริมาณอินทรีย์สาร	สัดส่วนร้อยละขนาดตะกอน		*H. atra*		*H. leucospilota*	
		<0.063 มิลลิเมตร	0.125-0.250 มิลลิเมตร	อัตราการกินตะกอน (กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สาร	อัตราการกินตะกอน (กรัม/กรัม นน.แห้งของปลิงทะเล/วัน)	ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สาร
0:1	22.37	0	100	0.242 ± 0.067^{a}	2.282 ± 2.814^{b}	1.00 ± 0.398	1.771 ± 1.787^{b}
1:2	13.41	33.33	66.67	0.174 ± 0.073^{a}	-0.821 ± 3.711^{ab}	1.084 ± 0.312	2.560 ± 3.891^{b}
1:1	8.94	50	50	0.876 ± 0.292^{b}	-3.243 ± 4.265^{a}	1.342 ± 0.670	-4.757 ± 3.933^{a}

[abc] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 26 อัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. atra* ในตะกอนที่มีอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 27 อัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. leucospilota* ในตะกอนที่มีอัตราส่วนต่างๆ

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการศึกษา

1 การกระจายของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* ในพื้นที่สำรวจภาคสนาม

การกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิดพบว่าอิทธิพลกิจกรรมจากชายฝั่งหรือกิจกรรมของมนุษย์มีผลรบกวนการกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิด โดยเฉพาะปลิงทะเล *H. atra* ในทุกบริเวณพื้นที่ที่พบการกระจายหนาแน่นจะเป็นพื้นที่ที่ถูกรบกวนน้อย เมื่อพิจารณาถึงบริเวณสำรวจในเขตจังหวัดชลบุรีพบว่าเป็นบริเวณที่มีอิทธิพลของน้ำจืดและตะกอนจากแม่น้ำสายหลักๆที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบนซึ่งมีอยู่ 4 สายได้แก่ แม่น้ำท่าจีน, แม่น้ำแม่กลอง, แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำบางปะกง ทำให้น้ำทะเลบริเวณนี้มีตะกอนมากและความเค็มที่ต่ำกว่าทะเลเปิด ในขณะที่พื้นที่สำรวจบริเวณจังหวัดระยองจะมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ทำให้ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำสายหลักน้อย จึงทำให้น้ำทะเลมีตะกอนน้อยและช่วงระดับความเค็มไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงนัก (กรมประมง, 2540) และผลการสำรวจนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ อารมณ์ มุจรินทร์ (2545) พบว่าบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย พบการแพร่กระจายของปลิงทะเล *H. atra* กระจายอยู่ในถิ่นอาศัยที่เป็นแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเล โดยไม่พบในบริเวณที่เป็นชายฝั่งใกล้แผ่นดิน แนวปะการังที่พบการกระจายตัวอยู่ของปลิงทะเล *H. atra* จะเป็นแนวปะการังและแหล่งหญ้าทะเลที่ถูกรบกกวนจากกิจกรรมมนุษย์น้อย ได้แก่ การทำประมง แหล่งท่องเที่ยว และเป็นพื้นที่ใกล้จากแหล่งน้ำทิ้งหรือห่างจากบริเวณปากแม่น้ำ

นอกจากนี้มีการศึกษาการกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิดนี้คือ *H. atra* และ *H. leucoapilota* ในต่างประเทศซึ่งมีความสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของปลิงทะเลทั้งสองชนิดที่ได้ทำการสำรวจครั้งนี้ด้วย โดยการศึกษาของ Baker (1929:อ้างโดย Bakus, 1973) ได้ทำการสำรวจการกระจายของปลิงทะเลในแนวปะการังพื้นราบชายฝั่ง (fringing reef flat) เกาะกัว (Gaua Island) พบว่าปลิงทะเล *H. atra* เป็นชนิดที่พบได้มากในบริเวณพื้นติดชายฝั่ง ในขณะที่พบว่า *H. leucospilota* มีการกระจายอยู่ในบริเวณร่องน้ำเท่านั้น การศึกษาของ Uthicke (1994) พบว่าการกระจายตัวของปลิงทะเล *H. atra* ในบริเวณแนวปะการังพื้นราบ (reef flat) บริเวณเกาะลีซราด (Lizard Island) ทางด้านทิศเหนือของแนวปะการังเกรทแบรรี่เออรีฟ (Great Barrier Reef) ประเทศออสเตรเลีย มีการกระจายอยู่ในบริเวณที่มีตะกอนเป็นแบบทราย นอกจากนี้พบว่าการกระจายของปลิงทะเลไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์สารในตะกอน

การสำรวจของ Roberts (1979) เพื่อดูการกระจายและการแบ่งสรรทรัพยากร (resource partitioning) ของปลิงทะเลในอันดับ Aspidochirote ในแนวปะการัง พบการกระจายว่าตลอดแนวปะการังแบบแนวพื้นราบนี้จะมีการกระจายตัวอยู่ร่วมกันระหว่างปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* โดยการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* เป็นชนิดที่เด่นในบริเวณแนวปะการังด้านนอก ห่างจากฝั่งไม่เกิน 200 เมตร ที่พื้นมีตะกอนเป็นแบบทราย ในขณะที่บริเวณส่วนกลางของแนวปะการังมีการกระจายตัวของ *H. leucospilota* เป็นชนิดที่พบเด่น พื้นมีตะกอนเป็นแบบทรายปนเศษหินปะการัง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Klinger (1994) พบว่าการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* มีการกระจายอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณที่ระดับน้ำต่ำกว่าเขตน้ำลงต่ำสุด ส่วนปลิงทะเล *H. leucospilota* กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณส่วนกลางค่อนไปทางด้านนอกแนวปะการังพื้นราบ

ดังนั้นจากการสำรวจครั้งนี้ประกอบกับผลการศึกษาอื่นๆ พบได้ว่าการกระจายของปลิงทะเล *H. atra* ถูกจำกัดด้วยความต้องการเลือกลักษณะที่อยู่ที่จำเพาะในช่วงแคบ นอกจากนี้ลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอกก็มีการแปรผันไป เช่น การแปรผันของความเค็มน้ำทะเลที่มีการการไหลบ่าของน้ำจากแม่น้ำ การเปลี่ยนแปลงของตะกอนที่พื้น ซึ่งมาจากการพัดพามากับแม่น้ำและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การถมทะเลด้วยทรายบกหรือกรวดทรายจากพื้นที่อื่นและการสร้างสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะตะกอนที่พื้นไป การถูกรบกวนจากกิจกรรมการท่องเที่ยว โดยทั่วไปปลิงทะเลมีวงชีวิตประมาณ 5 ปี (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2542) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าขนาดปลิงทะเลทั้งสองชนิดที่กระจายอยู่ใกล้บริเวณชายฝั่งจะเป็นปลิงทะเลที่มีขนาดเล็กกว่าประมาณ 3 เท่าของปลิงทะเลตัวเต็มวัยที่มีการกระจายอยู่บริเวณที่ไกลชายฝั่งทะเลออกไป

2 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

จากผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยรวมของปลิงทะเล พิจารณาได้จากค่าขอบเขตการเติบโตและอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าที่ระดับความเค็มต่ำปลิงทะเล *H. atra* จะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาภายในต่อความเค็มที่ต่ำลงโดยพบว่าที่ความเค็ม 15 psu จะไม่มีอัตราการกินตะกอนเลย และมีอัตราการขับถ่ายลดลงที่ระดับความเค็มต่ำ ในขณะที่พบว่าผลของความเค็มไม่มีผลต่ออัตราการหายใจของปลิงทะเล ทั้งนี้เนื่องจากการหายใจนั้นเป็นการนำออกซิเจนเข้าไป โดยบทบาทของออกซิเจนที่มีต่อสิ่งมีชีวิตคือเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน กลไกนี้เป็นการสลายพลังงานจากสารอาหารเพื่อให้เซลล์นำมาใช้ในการดำรงกิจกรรมภายในเซลล์ (Vernberg and Vernberg, 1972)

โดยในปลิงทะเลนั้นมีลักษณะของระบบการหายใจที่มีการสูบน้ำเข้าไปทางช่องโคเอกาและมีอวัยวะที่เป็นเซลล์อะมีโบไซต์ที่ทำหน้าที่ในการดึงเกลือแร่และออกซิเจนนำเข้ามาใช้ภายใน

เซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากเมื่อปลิงทะเลอยู่ในสภาวะที่มีความเค็มต่ำลงนี้ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของของเหลวภายในเซลล์ (intracellular solutes) ซึ่งมีองค์ประกอบเกลือแร่ภายในเป็นโพแทสเซียม และสารประกอบประเภทโปรตีนที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบด้วย จากเหตุผลนี้จึงปลิงทะเลจึงมีความสามารถในการทนทานต่อการดำรงอยู่ในความเค็มได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ระยะเวลาที่ทนอยู่ในน้ำความเค็มต่ำของปลิงทะเลแต่ละชนิดนี้อาจมีระยะเวลานานต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับของเหลวภายในที่มีสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโปรตีนกับโพแทสเซียมนี้อยู่แข็งแรงมากน้อยเพียงใด คือหากมีสารประกอบที่มีพันธะที่เกาะเกี่ยวกันอย่างแข็งแรงจะมีประสิทธิภาพในการทนทานต่อการแตกสลายพันธะของสารละลายประเภทนี้ นั้นคือมีผลทำให้เซลล์เมมเบียนของปลิงทะเลยังคงสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือแร่ภายนอกได้ นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีคุณสมบัติที่เฉื่อยต่อการเปลี่ยนไอออนได้ต่ำกว่าโซเดียมซึ่งเป็นเกลือแร่ที่มีปริมาณมากในน้ำทะเล คุณสมบัตินี้จึงช่วยทำให้การแลกเปลี่ยน การเกิดการออสโมซีสและการแพร่เกิดได้ช้าลง สาเหตุดังกล่าวจึงอาจทำให้เห็นความแตกต่างไม่ชัดเจนต่ออัตราการหายใจของปลิงทะเลที่ที่ระดับความเค็มต่างๆ

เนื่องจากปลิงทะเลมีลักษณะการดำรงชีวิตเป็นสัตว์ทะเลแท้จริง จัดเป็นพวกออสโมคอนฟอร์มเมอร์ (osmoconformer) พยายามรักษาระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในตัวให้คงที่ไม่แปรผันตามสิ่งแวดล้อมภายนอก ทำให้ระดับความเค็มหรือเกลือแร่มีอิทธิพลต่อกลไกการควบคุมเมตตาบอลิซึม (metabolism) ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยา ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าที่ความเค็ม 15 psu ทำให้ปลิงทะเล *H. atra* ไม่กินตะกอน ดังนั้นในการใช้พลังงานในการหายใจ การขับถ่ายจะเป็นที่ได้จากพลังงานที่ปลิงทะเลเก็บสะสมไว้ การตอบสนองต่อการใช้พลังงานในปลิงทะเลชนิดนี้จึงมีแนวโน้มในการสงวนพลังงานเพื่อดำรงชีวิตในความเค็มที่ต่ำลงได้ ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการตอบสนองต่อความเค็มโดยพบว่าที่ระดับความเค็มต่ำ 15 และ 20 psu ปลิงทะเลชนิดนี้มีการกินตะกอน เมื่อเปรียบเทียบอัตราการกินตะกอนของปลิงทะเลที่ความเค็มต่ำกับระดับความเค็ม 25 และ 30 psu พบว่าอัตราการกินน้อยกว่าประมาณหนึ่งเท่าตัว อัตราการหายใจที่ระดับความเค็ม 15 ที่มีแนวโน้มว่าสูงกว่าระดับความเค็มอื่นแต่พบว่าอัตราการขับถ่ายต่ำกว่าทุกระดับความเค็มอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ความเค็ม 20 psu ปลิงทะเลมีอัตราการหายใจต่ำลงและสูงขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงเวลา 18-24 ชั่วโมง แสดงถึงความพยายามในการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ส่วนอัตราการขับถ่ายพบว่ามีอัตราการขับถ่ายที่สูงไม่แตกต่างจากระดับความเค็ม 25 และ30 psu เมื่อพิจารณาถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลชนิดนี้โดยรวม จากค่าขอบเขตการเติบโตที่ระดับความเค็มต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเค็ม 15 และ 20 psu มีค่าขอบเขตการเติบโตไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่าขอบเขตการเติบโตของปลิงทะเลที่ความเค็ม 20 ต่ำกว่าที่ระดับความเค็ม 25 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับความเค็ม 20 psu ปลิงทะเล

H. leucospilota พยายามในการปรับตัวในระดับความเค็มนี้โดยใช้พลังงานทั้งการหายใจและการขับถ่ายระดับที่สูง จึงทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างพลังงานที่ได้รับและพลังงานที่ใช้ไปมากกว่าที่ระดับความเค็ม 15 psu เนื่องจากปลิงทะเลมีใช้ระดับพลังงานในการหายใจไม่แตกต่างจากระดับความเค็มอื่นในขณะเดียวกันปลิงทะเลมีการปรับการใช้พลังงานด้านการขับถ่ายให้น้อยลงเพื่อสงวนพลังงานสำหรับการดำรงชีวิตได้นานขึ้นเนื่องจากมีการรับพลังงานจากอาหารน้อยลง

จากการสังเกตุในขณะที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการนั้น พบว่าที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 psu ปลิงทะเล *H. atra* จะมีพฤติกรรมภายนอกที่แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองต่อความเค็มต่ำได้ในระยะเวลาสั้น ในการศึกษาการตอบสนองของปลิงทะเลต่อความเค็มครั้งนี้ใช้เวลาในการทดลองสัตว์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หากมีการทดลองการตอบสนองของปลิงทะเลต่อระดับความเค็มน้ำที่ต่ำกว่าความเค็มน้ำทะเลปกติในระยะเวลาที่ยาวนานกว่า 36 ชั่วโมง ที่ความเค็ม 15 psu ปลิงทะเล *H. atra* จะมีลักษณะที่บวมน้ำ, หมดสติและตายในที่สุด ในลักษณะเดียวกันที่ความเค็ม 20 psu ในปลิงทะเลชนิดนี้จะเริ่มมีพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงการเครียดในระยะเวลาที่นานกว่าที่ระดับความเค็ม 15 psu พฤติกรรมที่แสดงให้เห็นถึงการเครียดต่อสภาพแวดล้อมภายนอก โดยปลิงทะเลจะมีการขดตัวทำให้ผนังลำตัวมีความแข็งมากขึ้น พฤติกรรมนี้เป็นลักษณะการตอบสนองเพื่อลดการซึมผ่านน้ำที่มีความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำต่ำเข้าภายในตัวปลิงทะเล

จากการสำรวจของ สมภพ รุ่งสุภา และคณะ (2541) ในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกอ่าวไทยตอนบนพบว่าความเค็มที่พื้นทะเลมีความเค็มต่ำที่สุดที่ความเค็ม 22.7 psu เป็นความเค็มที่อยู่ในช่วงที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตอยู่อย่างปกติของปลิงทะเล จากการสำรวจทางภาคสนามพบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีการกระจายอยู่ในบริเวณที่เป็นชายฝั่งและแนวปะการังที่ไกลออกไปจากแหล่งชุมชนและแหล่งน้ำจืด จากการสำรวจทางภาคสนามและการสำรวจเอกสารพบปลิงทะเล *H. atra* ได้ตั้งแต่บริเวณหมู่เกาะล้านลงไปจนถึงสุดบริเวณอ่าวไทยตอนบน โดยในเขตตอนบนของจังหวัดชลบุรีพบปริมาณ ความหนาแน่นของปลิงทะเล *H. atra* น้อยกว่าในบริเวณตอนล่างของจังหวัดชลบุรีและระยอง ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* พบการกระจายทั้งบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งได้รับอิทธิพลทั้งปัจจัยความเค็มและอุณหภูมิที่ในรอบวันแปรผันสูง และยังพบในบริเวณตอนบนชลบุรี ได้แก่ หมู่เกาะสีชังซึ่งเป็นทะเลชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำบางประกงซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดปริมาณมาก ปลิงทะเลชนิดนี้พบได้บริเวณในและนอกแนวปะการัง การกระจายในธรรมชาติและผลการศึกษาในการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มแสดงให้เห็นว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* มีความสามารถในการปรับตัวทางสรีรวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดีกว่าปลิงทะเล *H. atra*

3 ประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารในตะกอนที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการกินตะกอนของปลิงทะเลที่ตะกอนที่มีองค์ประกอบต่างๆ 3 ระดับ (ทราย:ทรายแป้ง) คือ ตะกอนอัตราส่วน 0:1, 1:2 และ1:1 แตกต่างกัน ปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการกินตะกอนสูงในตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:1 เป็นตะกอนที่มีสัดส่วนของทรายขนาด 0.125-0.250 มิลลิเมตร กับตะกอนขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร เป็นร้อยละ 50 ในขณะที่พบว่าประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1 ซึ่งเป็นตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูงสุด ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินตะกอนอัตราส่วนต่างๆไม่แตกต่างกัน และปลิงทะเล *H. leucospilota* มีประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงสุดที่ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:2 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารไม่แตกต่างจากตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1

จากผลการศึกษาครั้งนี้พิจารณาได้ว่าปลิงทะเล *H. atra* อัตราการกินมีความจำเพาะต่อขนาดตะกอนซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Roberts (1979) และ Roberts and Bryce (1982) พบว่าในกระเพาะอาหารปลิงทะเล *H. atra* มีตะกอนที่มีอนุภาคเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร มีสัดส่วนน้อยกว่าตะกอนขนาด 0.125-0.250 มิลลิเมตร 15 เท่า พบว่าขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโนดูลในหนวดปลิงทะเล *H. atra* เท่ากับ 430 ไมโครเมตร ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโนดูลในหนวดใหญ่กว่าคือประมาณ 970 ไมโครเมตร ทำให้ศักยภาพในการกินตะกอนของปลิงทะเล *H. atra*มีขีดจำกัดมากกว่า

จากการศึกษาของ Yingst (1982) พบว่าการกินตะกอนของปลิงทะเล *Parastichopus parvimensis* (Clark) ซึ่งเป็นปลิงทะเลที่มีการกินอาหารที่ปนหรือเคลือบที่ตะกอนและพื้น โดยพบว่าขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ปลิงทะเลกินเข้าไปไม่มีความแตกต่างกับขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นบริเวณรอบๆ และพบว่าตะกอนในทางเดินอาหารตอนต้นของปลิงทะเลมีปริมาณอินทรีย์สารไม่แตกต่างจากตะกอนที่พื้นบริเวณรอบนอก เขาจึงสรุปได้ว่าปลิงทะเล *P. rarvimensis* ไม่เลือกขนาดของตะกอนและไม่เลือกที่จะกินแต่อินทรีย์วัตถุเข้าไปแต่จะกินตะกอนที่มีอินทรีย์วัตถุเคลือบอยู่นั้นพร้อมกัน และเมื่อพิจารณาถึงการกระจายในธรรมชาติพบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีการกระจายตัวอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัยจำกัด พบว่ามีการกระจายตัวอยู่อย่างจำเพาะ โดยมักพบในบริเวณที่เป็นตะกอนทราย ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีการกระจายตัวอยู่ในหลายบริเวณและมีลักษณะที่ถิ่นอยู่อาศัยหลากหลาย คือพบเขตชายฝั่งที่เป็นหาดหิน พื้นทรายทั้งนอกและในแนวปะการังซึ่งมีความแปรผันทั้งองค์ประกอบของขนาดตะกอนและปริมาณอินทรีย์สารด้วย

4 การคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเล

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอนมีผลต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเลทั้งสองชนิด โดยปลิงทะเล *H. atra* เป็นปลิงทะเลที่มีขีดจำกัดมากกว่าในการปรับตัวทางสรีรวิทยาเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอน ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* สามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มและองค์ประกอบตะกอนเปลี่ยนแปลงได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นจากผลดังกล่าวสามารถคาดการณ์ได้ว่าบริเวณชายฝั่งทะเลที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะความเค็มและองค์ประกอบตะกอนดังเช่นบริเวณอ่าวไทยตอนในจะมีผลทำให้ประชากรปลิงทะเลในธรรมชาติลดลงนอกเหนือจากปัจจัยหลักที่ทำให้จำนวนประชากรลดลงคือการจับปลิงทะเล ประชากรปลิงทะเลที่มีขีดจำกัดในการปรับตัวทางสรีรวิทยาจะมีการเกิดการทดแทนลดลงและอาจสูญพันธุ์ได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1 การกระจายของปลิงทะเล *H.atra* และ *H. leucospilota*

การกระจายของปลิงทะเล *H. atra* พบในบริเวณพื้นที่มีลักษณะตะกอนทรายด้านในของแนวปะการังโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งที่เป็นแหล่งปะการังค่อนข้างสมบูรณ์และห่างจากกิจกรรมจากฝั่ง ในขณะที่มีปลิงทะเล *H. leucospilota* พบได้ทั่วไปตามบริเวณชายฝั่งที่มีลักษณะแหล่งที่อยู่อาศัยหลายแบบ ได้แก่ หาดหิน แนวปะการังพื้นทรายด้านในและด้านนอกของแนวปะการัง

2 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อการกินอาหารของปลิงทะเล

การเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่ออัตราการกินอาหารของปลิงทะเลทั้งสองชนิด โดยปลิงทะเล *H. atra* ไม่กินอาหารที่ระดับ 15 psu ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินอาหารต่ำที่ระดับความเค็มนี้เช่นกัน

3 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อการหายใจของปลิงทะเล

การเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่ออัตราการหายใจของปลิงทะเล *H. atra* แต่พบว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* ตอบสนองต่อความเค็มโดยมีอัตราการหายใจในช่วงเวลาต่างๆที่ความเค็ม 15 20 และ 30 psu ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อการขับถ่ายของปลิงทะเล

การเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผลต่ออัตราการขับถ่ายของปลิงทะเลทั้งสองชนิด โดยมีอัตราการขับถ่ายต่ำที่สุดที่ความเค็ม 15 psu

5 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่อค่าขอบเขตการเติบโตของปลิงทะเล

การเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่อค่าขอบเขตการเติบโตของปลิงทะเล *H. atra* เนื่องจากปลิงทะเลชนิดนี้มีการปรับตัวโดยการสงวนพลังงานทางด้านการขับถ่าย ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงความเค็มมีผล

ต่อค่าการเติบโตของปลิงทะเล *H. leucospilota* โดยมีค่าต่ำที่ความเค็ม 20 และ 25 psu ความเค็มที่ระดับนี้ปลิงทะเล *H. leucospilota* พยายามปรับตัวให้อยู่ได้โดยมีการใช้พลังงานในการหายใจและขับถ่ายที่มากขึ้น ในขณะที่ระดับความเค็ม 15 psu ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีลักษณะในการปรับตัวโดยมีการสงวนพลังงานในรูปการขับถ่ายให้ลดลงเช่นเดียวกัน นั้นแสดงถึงขีดจำกัดทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมที่มีความเค็มต่ำ

6 ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ออัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเล

การเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่ออัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนของปลิงทะเลทั้งสองชนิด แต่พบว่าปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการใช้ออกซิเจนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าปลิงทะเล *H. leucospilota* ซึ่งแสดงว่ามีการใช้พลังงานในปลิงทะเลชนิดแรกมากกว่าเพื่อการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม

7 อัตราการกินและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเลในตะกอนที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนมีผลต่ออัตราการกินอาหารและประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล โดยปลิงทะเล *H. atra* มีอัตราการกินตะกอนที่อัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1:1 และประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารสูงในตะกอนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1 ในขณะที่ปลิงทะเล *H. leucospilota* มีอัตราการกินในตะกอนที่มีอัตราส่วนต่างๆไม่แตกต่างกัน โดยประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล *H. leucospilota* มีค่าสูงในตะกอนที่อัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 0:1 เช่นกัน

8 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่อการดำรงชีวิตของปลิงทะเลในธรรมชาติ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบตะกอนส่งผลกระทบต่อปลิงทะเลทั้งสองชนิดทำให้มีขีดจำกัดในการปรับตัวทางสรีรวิทยาซึ่งส่งอาจผลถึงจำนวนประชากรในธรรมชาติของปลิงทะเลทั้งสองชนิด

ข้อเสนอแนะ

1 วิธีการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมอินทรีย์สารของปลิงทะเล อาจสามารถแสดงผลได้ชัดเจนมากขึ้น หากมีการศึกษาโดยเทคนิคการใช้สารไอโซโทปเพื่อติดตามอาหารที่ปลิงทะเลนำเข้าไปใช้จริง และมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์กันระหว่างการกินอาหารของปลิงทะเลกับแบคทีเรียทั้งที่อยู่ในทางเดินอาหารปลิงทะเลเองและที่อยู่ในตะกอน ทั้งนี้จากการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าปลิงทะเลมีบทบาทสำคัญสำหรับการถ่ายทอดอาหารและพลังงานในสายใยอาหารที่รับจากปริมาณอินทรีย์สาร (detrital- food webs) ในระบบนิเวศทางทะเล

2 สำหรับการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มนั้น สามารถทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของปลิงทะเลในระยะยาว โดยปรับการเลี้ยงปลิงทะเลให้อยู่ในสภาวะที่มีความเค็มต่ำลงอย่างช้าๆ

3 จากการสังเกตุการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการตลอดการทดลอง พบว่าระบบการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์นั้นควรมีวัสดุที่เป็นที่กำบังเพื่อทำให้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติ ซึ่งปลิงทะเลเป็นสัตว์ที่มีพฤติกรรมในการหลบซ่อน โดยในธรรมชาติมักซอบอยู่ตามใต้ก้อนหินหรือปะการังและมีการคลุมผิวลำตัวด้วยตะกอนทราย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปิยวรรณ ไหมละเอียด. 2539. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของหอยเจาะปะการังต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนแขวนลอย ความเค็ม และปริมาณทองแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิพัฒน์ เวฬุคามกุล. 2541. อิทธิพลความเค็มและระดับโปรตีนต่อการจัดสรรพลังงานของกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* ในระยะวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาตร์ทางทะเล. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัทนา แสงจินดาวงศ์. 2516. การศึกษาชนิดและคุณค่าทางอาหารของปลิงทะเลในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสัตววิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลักขณา กลินณศักดิ์. 2508. Some Echinoderm Collected in the Gulf of Thailand โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร ศรียากร. 2513. การศึกษาทางอนุกรมวิธานของเอ็คไคโนเดิม ที่ได้จากการสำรวจร่วม ไทย-เดนมาร์ค ครั้งที่5 ทางด้านชีววิทยาทางทะเลบริเวณชายฝั่งตะวันตกของประเทศไทย ในมหาสมุทรอินเดีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชัย บุศราวิช และ นลินี ทองแถม. 2543. การประมงและการค้าปลิงทะเลในประเทศไทย วารสารการประมง. 53, 2 :161-167.

สมศักดิ์ ปัญหา. 2525. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุเมตต์ ปุจฉาการ. 2542. ปลิงทะเล: ผู้พิทักษ์ความสะอาดแห่งท้องทะเล. จุลสารสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 11, 2:10-14.

อารมณ์ มุจรินทร์. 2541. การศึกษาอนุกรมวิธานของปลิงทะเล บริเวณหมู่เกาะล้านและหมู่เกาะไผ่ จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษ. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อารมณ์ มุจรินทร์. 2545. ปลิงทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาษาอังกฤษ

Alongi, Daniel M. and Roger B. Hanson. 1985. Effect of detritus supply on trophic relationships with experimental benthic food webs. II. Microbial responses, fate and composition of decomposition of decomposing detritus. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 88: 167-182 .

Amon,Rainer M.W. & Gerhard J. Herndl. 1991.a . Deposit feeding and Sediment : I. Interrelationship between *Holothuria tubulosa* (Holothurioida, Echinodermata) and sediment microbial community. Marine Ecology 12 (2): 163-174.

Amon,Rainer M.W. & Gerhard J. Herndl. 1991.b . Deposit feeding and sediment :ii Deconposition of fecal pellets of *Holothuria tubalosa* (Holothurioida, Echinodermata) Marine Ecology 12(2): 175-184.

Baird, B.H. and D. Thistle. 1986. Uptake of bacterial extracellular polymer by a deposit-feeding holothuria (*Isostichopus badionotus*). Marine Biology 92: 183-187.

Binyon, John. 1972. Physiology of Echinoderms. Oxford: Pergamon Press.

Birkeland, C. 1982. Terestrial runoff as a cause of outbreaks of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea). Marine Biology 69: 175-185.

Boetius, Antje and Karin Lochte. 1994. Regulation of microbial enzymatic degradation of organic matter in deep-sea sediments. Marine Ecology Progress Series104: 299-307.

Boolootian, Richard A. 1966. Physiology of Echinodermata. New York: John Wiley& sons.

Cameron, J. Lane. & Peter V. Fankboner. 1989. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuriodea). ii. Observations on the ecology of development, recruitment, and the juvenile life stage. J. Exp.Mar. Biol. Ecol. 127: 43-67.

Clark, Ailsa M. 1977. Starfishes and Related Echinoderms. London: T.F.H. Publication.

Coe, Wesley Roswell. 1972. Starfishes, Serpent Stars, Sea Urchins and Sea Cucumbers of the Northeast. New york: Dover Publications.

Harris, Jean M. 1993. The presence, nature and role of gut microflora in aquatic invertebrates: A synthesis. Microbial Ecology 25: 195-231.

Hanson, Roger B. 1982 Organic nitrogen and caloric content of detritus II. Microbial biomass and activity. Estuarine Coastal and Shelf Science 14:325-336.

Hawkins, Christopher M. and John B. Lewis. 1982. Ecological energetics of the tropical sea urchin *Diadema antillarum* Philippi in Barbados, West Indies. Estuarine Coastal and Shelf Science 15: 645-669.

Jangoux, Michel. And John M Lawrence. 1982. Echinoderm Nutrition. Rotterdam: A. A. Balkema

Jumars, P.A. and R.F.L. 1986. Gut-amrker and Gut-fullness methods for estimating field and laboratory effects of sediment transport on ingestion rates of deposit-feeders. J. Exp. Mar. Biol. Ecol, 98: 293-310.

Karrh, Renee R. and Douglas C. Miller. 1996. Effect of flow and sediment transport on feeding rate of the surface-deposit feeder *Saccoglossus kowalevskii.* Mar. Ecol Prog. Ser. 130: 125-134.

Khripounoff, A. and M. Sibuet. 1980. La nutrition d'echinoderms abyssaux I. Alimentation des holothuries. Marine Biology 60: 17-26.

Klinger, T. S.,C.R. Johnson and J. Jell. 1994. Sediment utilization, feeding-niche breadth, and feeding-niche overlap of Aspidochirotida (Echinodermata: Holothuroidea) at Heron Island, Great Barrier Reef, 523-528. Echinoderms through Time. Rotterdam: Balkema.

Kutpal, R. L. 1975. a Text book of Echinodermata. India: Rastogi & company

Lane, Jacqueline M and John M. Lawrence. 1982. Food, feeding and absorption efficiencies of the sand dollar, *Mellita Quinquiesperforata* (Leske). Estuarine Coastal and Shelf Science 14: 421-431.

Lawrence, J.M. and Kafri, J. 1979. Number, biomass and caloric content of the echinoderm fauna of the rocky shores of Barbados. Marine Biology 52: 87-91.

Lawrence, John M. 1987a. Echinodermata : Animal energetics. vol 2. Oxford: Academic Press Inc.: 229-321.

Lawrence, John M. 1987b. a Fuctional Biology of Echinoderms. Sydney: Croom Helm.

Miller, R.J. and K.H. Mann. 1973. Ecological energetics of the seaweed zone in marine bay on the atlantic coast of Canada. II. Energy transformations by sea urchins. Marine Biology 18: 99-114.

Moore,H.,B. Manship and D. Roberts. 1995. Gut structure and digestive strategies in three species of abyssal holothurians. Echinoderm Researce. Rotterdam: Balkema.

Newell, R. C. 1976. Adaptation to Environment eassay on the physiology of marine animals. London: Butterworths & Co (Publishers)

Plante, Craig J. and Lawrence M. Mayer. 1994. Distribution and efficiency of bacteriolysis in the gut of *Arenicola marina* and three additional deposit feeders. Mar. Ecol Prog. Ser.109: 183-194.

Ribi, G. and P. Jost. 1978. Feeding rate and duration of daily activity of *Astropecten aranciacus* (Echinodermata: Asteroidea) in relation to prey density. Marine Biology 45: 249-254.

Robers, D. 1979. Deposit-feedig mechanisms and resource partitioning in tropical Holothurians. J. Exp.Mar. Biol. Ecol. 37: 43-56.

Robers, D. and C. Bryce. 1982. Further observations on tentacular feeding mechanisms in Holothurias. J. Exp.Mar. Biol. Ecol. 59: 151-163.

Sabourin, T.D. and W.B. Stckle. 1981. Effects of salinity on respiration and nitrogen excretion in two species of echinoderms. Marine Biology 65: 91-99.

Shirley, T.C. and W.B. Stickle. 1982. Responses of *Leptasterias hexactis* (Echinodermata: Asteroidea) to low salinity. I. Survival, activity, feeding, growth and absorption efficency. Marine Biology 69: 147-154.

Sibuet, M. and J.M. Lawrence. 1981. Organic content and biomass of abyssal holothuriods (Echinodermata) from the bay of Biscay. Marine Biology 65: 143-147.

Tenore, Kenneth R. 1981. Organic nitrogen and caloric content of detritus: I Utilization by the deposit-feeding Polychaete, *Capitella capitata.* Estuarine, Coastal and Shelf 12: 39-47.

Tenore, Kenneth R. 1983. Organic nitrogen and caloric content of detritus: III Effect on growth of a deposit-feeding Polychaete, *Capitella capitata.* Estuarine, Coastal and Shelf 17: 733-742.

Thorsen, M. S. 1999. Abundance and biomass of the gut-living microorganisms (bacteria, protozoa and fungi) in the irregular sea urchin *Echinocardium cordatum* (Spatangoida: Echinodermata). Marine Biology 133: 353-360.

Uthicke, Seven. 1994. Distribution patters and growth of two reef flat holothurias, *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus*, 523-528. Echinoderms through Time. Rotterdam: Balkema.

Uthicke, Seven, R. Karez. 1999. Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothurioadea: Aspidochirotida) analysed with multiple choice experiments. J. Exp.Mar. Biol. Ecol. 236: 69-87.

Withers, Philip C. 1992. Comparative Animal Physiology. Sydney: Saunders College Publishing.

VandenSpiegel, Didier. 1995. Fine structure and behaviour of the Cuvierian organs of the holothuroid *Microthele nobilis* (Echinodermata). Echinoderm Researce. Rotterdam: Balkema.

Vernberg, Winona B. and F. Jhon Vernberg. 1972. Environmental Physiology of Marine Animals New York: Springer-Verlag.

Yingst, Josephine Y. 1976. The utilization of organic matter in shallow marine sediment by an epibenthic deposit-feeding Holothurian. J. Exp.Mar. Biol. Ecol. 23 :

55-69.

Yingst, Josephine Y. 1982. Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding holothurian. Estuarine Coastal and Shelf Science 14: 119-134.

Young, C.M. and F.-S. Chia. 1982. Factors controlling spatial distribution of the sea cucumber *Psolus chitonoides*: Settling and post-settling behavior. Marine Biology 69: 195-205.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ก ค่าเฉลี่ยอัตราการกิน อัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียจำเพาะในช่วงเวลาต่างๆ ของปลิงทะเล *H. atra* ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ความเค็ม (psu)	อัตราการกิน (กรัม/กรัม/วัน)	อัตราการหายใจจำเพาะ (มิลลิกรัมออกซิเจน/กรัมน้ำหนักแห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)				อัตราการขับถ่ายจำเพาะ (ไมโครกรัมแอมโมเนีย/กรัมน้ำหนักแห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)			
		0-6 ชั่วโมง	6-12 ชั่วโมง	12-18 ชั่วโมง	18-24 ชั่วโมง	0-6 ชั่วโมง	6-12 ชั่วโมง	12-18 ชั่วโมง	18-24 ชั่วโมง
15	ไม่กิน[a]	0.056±0.096	0.005±0.074	0.018±0017[a]	0.041±0.029	0.331±0.388[a]	0.380±0.204	0.460±0.202	0.325±0.209[a]
20	0.130±0.036[b]	0.009±0.082	0.035±0.028	0.019±0.013[a]	0.036±0.022	0.344±0.369[a]	0.433±0.294	0.452±0.154	0.464±0.196[ab]
25	0.133±0.047[b]	0.023±0.013	0.024±0.022	0.00±0.013[a]	0.021±0.012	0.716±0.304[b]	0.587±0.299	0.464±0.314	0.664±0.137[bc]
30	0.163±0.057[b]	0.028±0.042	0.033±0.034	0.051±0.034[b]	0.037±0.024	0.551±0.249[ab]	0.406±0.114	0.650±0.273[b]	0.561±0.222[abc]

[abc] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแถวและสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 ก ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจและอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียของปลิงทะเล *H. leucospilota* ในแต่ละช่วงเวลา ที่ระดับความเค็มต่างๆ

ความเค็ม (psu)	อัตราการกิน (กรัม/กรัม/วัน)	อัตราหายใจ (มิลลิกรัมออกซิเจน/กรัมน้ำหนักแห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)				อัตราขับถ่าย (ไมโครกรัมแอมโมเนีย/กรัมน้ำหนักแห้งของปลิงทะเล/ชั่วโมง)			
		0-6 ชั่วโมง	6-12 ชั่วโมง	12-18 ชั่วโมง	18-24 ชั่วโมง	0-6 ชั่วโมง	6-12 ชั่วโมง	12-18 ชั่วโมง	18-24 ชั่วโมง
15	0.146±0.056	0.071±0.088^{b}	0.037±0.029^{ab}	0.019±0.132^{a}	0.031±0.021^{ab}	0.139±0.202^{a}	0.156±0.224^{a}	0.218±0.180	0.063±0.115^{a}
20	0.117±0.050	0.041±0.059^{ab}	0.039±0.028^{ab}	0.027±0.159^{a}	0.167±0.208^{b}	0.479±0.338^{b}	0.422±0.272^{ab}	0.354±0.188	0.346±0.156^{b}
25	0.317±0.186	0.042±0.018	0.036±0.028	0.048±0.028	0.045±0.261^{a}	0.420±0.259^{b}	0.463±0.312^{b}	0.433±0.165	0.324±0.192^{b}
30	0.327±0.136	0.008±0.052^{a}	0.056±0.053^{ab}	0.070±0.031^{b}	0.032±0.074^{ab}	0.423±0.259^{b}	0.382±0.244^{ab}	0.424±0.284	0.345±0.215^{b}

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแถวและสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปราณี วัฒนาวรสกุล เกิดวันจันทร์ที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2520 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาเมื่อปี พ.ศ. 2541 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542