การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี

วิสสุตา ลามโยไทย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี

วิสสุตา ลามโยไทย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ วิสสุตา ลามโยไทย ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร. สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

Supawit Panchalul. ประธาน
(ดร. ศุภณัฐ ไพโรหกุล)

สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์ กรรมการ
(ดร. สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)
วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ ดร.สุเมตต์ ปุจฉาการ นักวิทยาศาสตร์ประจำสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทุนวิจัยร่วมโครงการ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาและคำแนะนำมาโดยตลอด ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาเพื่อแก้ไข ปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ศุภณัฐ ไพโรหกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมถึงเจ้าหน้าที่ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่คอยช่วยเหลือสนันสนุนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 สัญญาขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยที่ อพ.สธ. 2/2559 และปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สัญญาขอรับ ทุนอุดหนุนการวิจัยที่ 174/2560 และขอขอบพระคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจาก พระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ขอขอบพระคุณ คุณรัชนีวรรณ อินมะดัน ผู้ช่วยนักวิจัยที่พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะ และทะเลไทย และหน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ ที่ให้การ สนับสนุน ประสานงานและอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ คุณวันชัย วงศ์สุดาวรรณ และเจ้าหน้าที่ประจำสถาบันวิทยาศาสตร์ทาง ทะเล มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้การช่วยเหลือในเรื่องการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายที่คอยให้กำลังใจและ สนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้ให้เป็นผลสำเร็จ

วิสสุตา ลามโยไทย

58910003: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: การให้บริการเชิงนิเวศ/ ปลิงดำแข็ง/ หาดเทียน/ เกาะแสมสาร

วิสสุตา ลามโยไทย: การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (ECOLOGICAL SERVICES OF *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 IN THE MARINE PLANT GENETIC CONSERVATION AREA, MO KO SAMAESARN, CHONBURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์, Ph.D., ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์, Ph.D. 62 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสถานภาพปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงเชิงประชากร ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม และการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยทำการสำรวจ 2 เดือนต่อครั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2560 จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของขนาดประชากรและค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของปลิงดำแข็งมีค่าเท่ากับ 85 ตัว และ 0.42 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยในเดือนพฤศจิกายนพบมากสุด (144 ตัว) รองลงมาคือเดือนพฤษภาคม (135 ตัว) เดือนมิถุนายน (99 ตัว) และพบน้อยสุดในเดือนมกราคม (35 ตัว) ปลิงดำแข็งมีการเปลี่ยนแปลงเชิงประชากรตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทะเล (R=0.909) ปลิงดำแข็งมีการแบ่งตัวตลอดทั้งปีซึ่งมีการแบ่งตัวมากที่สุดในเดือนมีนาคม (80%) และบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนนี้น่าจะสามารถรองรับปลิงดำแข็งได้ประมาณ 100-200 ตัว/40 ตารางเมตร ซึ่งถ้าเกินกว่าความสามารถในการรองรับของแอ่งน้ำแล้ว ปลิงดำแข็งจะอพยพออกไปในบริเวณเขตใต้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ปลิงดำแข็งอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นดินทราย กินอินทรียวัตถุในดินตะกอนพื้นทะเลเป็นอาหาร โดยมีการกินอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ในส่วนของการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่อยู่รอบตัวในทางเดินอาหาร และในมูลมีเท่ากับ 0.78±0.11, 1.76±0.26 และ 0.85±0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุในทางเดินอาหารมีค่าแตกต่างจากดินตะกอนที่อยู่รอบตัวและมูลของปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นปลิงดำแข็งมีบทบาทการให้บริการเชิงนิเวศของการเป็นสัตว์ที่ช่วยหมุนเวียนอินทรียวัตถุในดินตะกอนซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับสัตว์หน้าดินได้ใช้ประโยชน์ต่อไป และคุณภาพน้ำบริเวณหาดเทียนอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

58910003: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M. Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
KEYWORDS: ECOLOGICAL SERVICE/ *Holothuria (Halodeima) atra* Jager, 1833/ HAAD TEIN/ SAMAESARN ISLAND

VISSUTA LAMYOTHAI: ECOLOGICAL SERVICES OF *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 IN THE MARINE PLANT GENETIC CONSERVATION AREA, MO KO SAMAESARN, CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: SALINEE KHACHONPISITSAK, Ph.D., CHANAWAT TUNTIWARANURUK, Ph.D. 62 P. 2018

The present status and population changes, the relationship between the environmental factors and ecological service of *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 in the marine plant genetic conversation area, Mo Ko Samaesarn, Sattahip district, Chonburi province were investigated bimonthly from January 2017 to November 2017. The results show that the average number of population and the average density of *H.* (*H.*) *atra* were 84.5 individuals and 0.42 individual/m^2, respectively. In details, the number of individuals is highest in November (144 individuals), followed by May (135 individuals) and June (99 individuals) whereas the lowest number of individuals is in January (35 individuals). It is consequently indicated that population number of *H.* (*H.*) *atra* changed throughout the period of study and is positively correlated with the amount of suspension in the sea water (R=0.909). In addition, the fission of *H.* (*H.*) *atra* occurred throughout the year and the monthly incidence of fission was highest in March (80%). The tidal pool of Haad Tein could support about 100-200 individuals/40 m^2 of *H.* (*H.*) *atra*. If it is more than that, they migrate to subtidal zone. *H.* (*H.*) *atra* lives in sandy sediment and eats organic matter in sediment on the sea floor by constancy throughout both day and night. In terms of ecological service of *H.* (*H.*) *atra*, the mean organic matter in the surrounding sediment, in digestive tract and in feces was 0.78±0.11%, 1.76±0.26% and 0.85±0.16%, respectively. The amount of organic matter in digestive tract was significantly different from that of the surrounding sediment and the feces at the 0.05 level. So, the role of *H.* (*H.*) *atra* in the ecological service is recycling of organic matter in sediment, which benefits to benthic animals. The quality of the sea water in Haad Tein is relatively good compared with the standard of sea water for natural resource conservation.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 2

สถานที่ดำเนินงานวิจัย 2

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

บริการเชิงนิเวศ 3

ระบบนิเวศ 4

ดินตะกอน 5

สารอินทรีย์ในทะเล 6

สารอินทรีย์ในดินตะกอน 7

สัตว์หน้าดิน 7

เอคไคโนเดิร์ม 8

ปลิงทะเล 11

ปลิงทะเลในวงศ์ Holothuriidea 16

ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 16

พื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 20
อุปกรณ์และสารเคมี 20
วิธีดำเนินงานวิจัย 21
พื้นที่ศึกษา 21
ข้อมูลพื้นที่ศึกษา 22
การเก็บตัวอย่างภาคสนาม 26
การศึกษาในห้องปฏิบัติการ 27
การจำแนกชนิดของเอคไคโนเดิร์ม 27
การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทะเล 27
การวิเคราะห์เนื้อดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ 27
การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัย ดินตะกอนที่อยู่รอบตัวและในมูลของปลิงดำแข็ง 29
การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง 30
การศึกษาองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง 30
การวิเคราะห์ทางสถิติ 31
4 ผลการศึกษา 32
ประชากรปลิงดำแข็ง 32
ประเภทของเนื้อดินในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง 35
องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง 36
การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง 38
สภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน 41
คุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม 41
ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับประชากรปลิงดำแข็ง 44
5 อภิปราย สรุปผลและข้อเสนอแนะ 47
อภิปรายผลการวิจัย 47
สรุปผลการวิจัย 53
ข้อเสนอแนะ 54

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

บรรณานุกรม 55

ประวัติย่อของผู้วิจัย 62

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปลิงทะเล 14

3-1 สถานที่เก็บตัวอย่าง 22

4-1 จำนวนปลิงดำแข็งที่พบในพื้นที่ศึกษา 32

4-2 จำนวนปลิงดำแข็งบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี 34

4-3 เนื้อดินบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง (เปอร์เซ็นต์) บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 36

4-4 ความยาวและน้ำหนัก (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของลำตัวปลิงดำแข็ง บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 37

4-5 ความยาวและน้ำหนัก (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของทางเดินอาหารปลิงดำแข็ง บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 37

4-6 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหาร และมูล (ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 39

4-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ($p<0.05$) 40

4-8 คุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 43

4-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัย ของปลิงดำแข็งและช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ($p>0.05$) 44

4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 45

5-1 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยสิ่งแวดล้อมคุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ 50

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 การให้บริการเชิงนิเวศ 4

2-2 สายใยอาหารในระบบนิเวศทะเล 5

2-3 การถ่ายเทและการหมุนเวียนของสารอินทรีย์ในทะเล 6

2-4 ลักษณะทั่วไปของปลิงทะเล 12

2-5 ผนังลำตัวของปลิงทะเล 13

2-6 อวัยวะภายในของปลิงทะเล *Thyone briarus* 13

2-7 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 18

2-8 แผ่นวงแหวนหินปูนและสปิคุลของปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra*, 1833 (a) แผ่นวงแหวนหินปูน (b) สปิคุลแบบโต๊ะบริเวณผนังลำตัว (c) สปิคุลแบบโต๊ะ (มองจากด้านบน) บริเวณผนังลำตัว (d) สปิคุลแบบแผ่นรูพรุนแบบแท่งแตกแขนง 2 มิติ 18

3-1 พื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี: (1) หาดเทียน เกาะแสมสาร (2) หาดเตย เกาะแสมสาร (3) เกาะปลาหมึก (4) เกาะจาน 22

3-2 หาดเทียนบริเวณเขตปะการังพื้นราบ 23

3-3 หาดเทียนบริเวณเขตปะการังลาดชัน 23

3-4 หาดเตยบริเวณเขตปะการังพื้นราบ 24

3-5 หาดเตยบริเวณปะการังลาดชัน 24

3-6 เกาะปลาหมึกบริเวณเขตปะการังลาดชัน 25

3-7 เกาะจานบริเวณปะการังลาดชัน 25

3-8 การศึกษาในภาคสนามโดยการวางเส้นเทปตาม line transect ในแนวขนานกับชายฝั่งในบริเวณเขตปะการังพื้นราบเป็นระยะทาง 100 เมตรของหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 26

3-9 การวิเคราะห์เนื้อดินบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ 28

3-10 สามเหลี่ยมแบ่งชนิดของเนื้อดินมาตรฐาน 29

3-11 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-12 การศึกษาองค์ประกอบภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (a) ทางเดินอาหารส่วนต้น (b) ทางเดินอาหารส่วนกลาง (c) ทางเดินอาหารส่วนปลาย 31

4-1 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* บริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 33

4-2 ปลิงดำแข็ง *Holothuria (Halodeima) atra*: (a) ปลิงดำแข็งที่สมบูรณ์ (normal individual) (b) ปลิงดำแข็งที่เกิดจากการแบ่งตัว (fissiparous individual) บริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสารอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 34

4-3 การเปรียบเทียบจำนวนตัวของปลิงดำแข็งที่สมบูรณ์และปลิงดำแข็งที่เกิดจากการแบ่งตัว บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี 35

4-4 ทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 38

4-5 องค์ประกอบภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 38

4-6 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็ง บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลิงทะเล (sea cucumber) จัดเป็นสัตว์ในไฟลัมเอคไคโนเดอร์มาตา (Phylum Echinodermata) ซึ่งเป็นสัตว์ทะเลหน้าดิน (marine benthos) ที่มีศักยภาพในการใช้เป็นดัชนีติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ เนื่องจากปลิงทะเลมีความเด่นของสัตว์ทะเลหน้าดินเป็นลำดับต้น ๆ และมักพบในทุกพื้นที่สำรวจ โดยมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศของการเป็นสัตว์ที่กินอินทรียวัตถุในดินตะกอนเป็นอาหาร ซึ่งช่วยในการรักษาและปรับปรุงคุณภาพดินตะกอน หมุนเวียนสารอาหารและช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นต้น โดยปลิงทะเลที่พบเสมอในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร คือ ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2555; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2556; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2557; สุเมตต์ ปุจฉาการ, สิรินธร เทพมังกร และเศรษฐพงษ์ ปุจฉาการ, 2557) โดยพื้นที่นี้นับว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการใช้เป็นพื้นที่ติดตามสภาพและสถานการณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทางทะเลทั้งสภาพปัจจุบันและในอนาคตที่มีภัยคุกคามจากความผันแปรของสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ปราศจากภัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2558) และในประเทศไทยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงทะเลค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง *H.* (*H.*) *atra* Jager, 1833 ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจสถานภาพปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงเชิงประชากรของปลิงดำแข็ง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็ง
3. เพื่อศึกษาการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสถานภาพประชากรในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงเชิงประชากร บทบาทหน้าที่ของปลิงดำแข็งในระบบนิเวศทางทะเลของพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
2. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการกระจายของปลิงดำแข็ง
3. ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของทรัพยากรเอคไคโนเดิร์มของประเทศไทยสำหรับการศึกษาและการวิจัยต่อยอดเพื่อการบริหาร อนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนต่อไป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาประชากรปลิงดำแข็งในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ในพื้นที่เกาะที่คัดเลือกเป็นตัวแทน โดยสำรวจพื้นที่ศึกษา 2 เดือน/ครั้ง ในเขตปะการังพื้นราบ (reef flat) ใช้วิธีการเดินเก็บตัวอย่างและในเขตปะการังลาดชัน (reef slope) ใช้การดำน้ำแบบใช้เครื่องช่วยหายใจใต้น้ำ (scuba diving) พร้อมทั้งเก็บข้อมูลคุณภาพสิ่งแวดล้อมบางประการของน้ำทะเล เช่น ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น ประเมินสถานภาพของปลิงดำแข็ง วิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทะเล ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง ดินตะกอนที่อยู่รอบตัวทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็ง วิเคราะห์ชนิดและปริมาณอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และบทบาทการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

มกราคม 2560–กรกฎาคม 2561

1.6 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และห้อง L110 ห้องปฏิบัติการนิเวศวิทยา 1 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

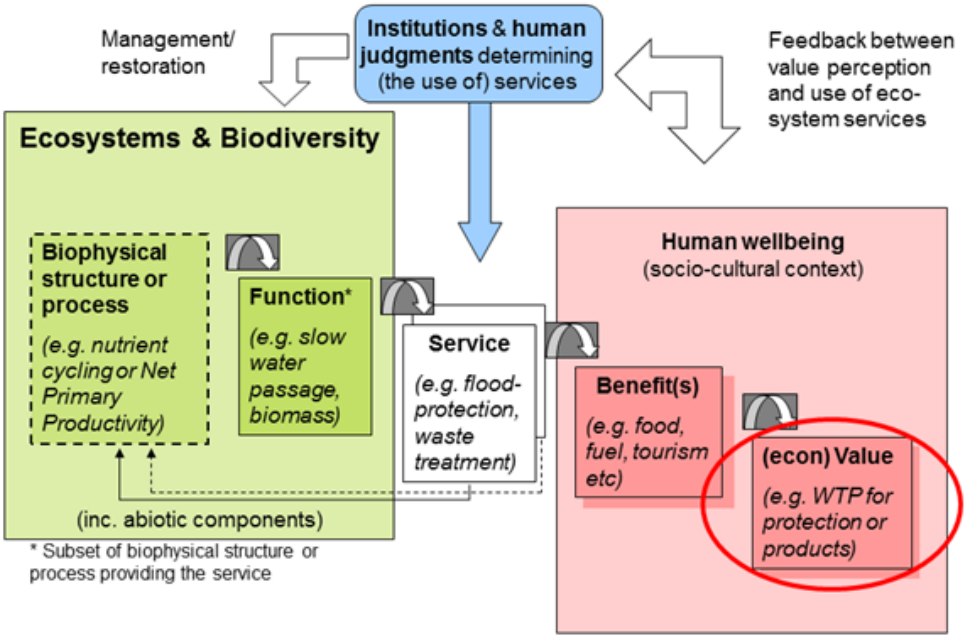
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บริการเชิงนิเวศ

บริการเชิงนิเวศ (Ecological services) อาจเรียกว่า “ บริการทางด้านสิ่งแวดล้อม ” หรือ “ บริการด้านระบบนิเวศ ” หมายถึง ผลประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศทั้งจากสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนและสังคม ตัวอย่างเช่น ความสามารถในการควบคุมสภาพภูมิอากาศ การควบคุมการกัดเซาะของดิน การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (จตุพร เทียรมา, 2557) การกรองและการทำให้น้ำสะอาดของพื้นที่ชุ่มน้ำ (สโรชา หรุ่นศิริ, 2556) เป็นต้น

การให้บริการเชิงนิเวศ คือ แนวคิดในการผสมผสานระหว่างประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ และทำให้มนุษย์มีชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น การให้บริการเชิงนิเวศสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ส่วน คือ ด้านการเป็นแหล่งผลิต (provisioning service) ด้านการควบคุม (regulation service) ด้านวัฒนธรรม (cultural service) และด้านการสนับสนุน (supporting service) ตัวอย่างเช่น การให้บริการเชิงนิเวศของป่าชายเลน คือ การให้บริการทางด้านเนื้อไม้ในการทำถ่าน (provisioning service) เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน (supporting service) ป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง (regulation service) และเป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนต่าง ๆ (cultural service) (กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

การให้บริการเชิงนิเวศถูกพิจารณาว่าเป็นผลผลิตของกระบวนการและหน้าที่ของระบบนิเวศ เช่น การหมุนเวียนสารอาหาร การผลิตอาหารขั้นต้นและการเปลี่ยนแปลงสายใยอาหาร (food web) (Marine Research Findings of the VECTORS Project, 2017) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ปลิงทะเลช่วยระบบนิเวศทางทะเลอย่างไร



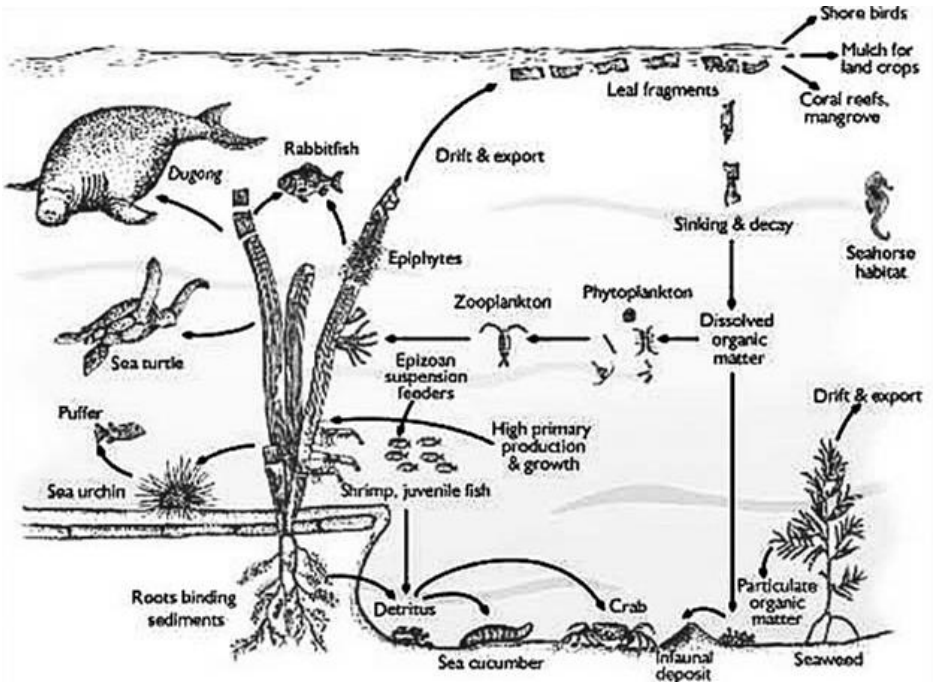
ภาพที่ 2-1 การให้บริการเชิงนิเวศ (Marine Research Findings of the VECTORS Project, 2017)

2.2 ระบบนิเวศ (Ecosystem)

ระบบนิเวศ หมายถึง หน่วยที่ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต ซึ่งต่างมีความสัมพันธ์หรือมีอิทธิพลซึ่งกันและกันจนทำให้มีการถ่ายเทพลังงาน (flow of energy) ระหว่างกันและกันทำให้นำไปสู่การเกิดโครงสร้างของลำดับขั้นการกินอาหาร (trophic structure) ความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิต (biodiversity) และการไหลเวียนของสารต่าง ๆ (material cycle) ทำให้สามารถคงสภาพของระบบนิเวศของหน่วยนั้น ๆ อยู่ได้ เช่น ป่าชายเลน เป็นต้น (สุภิญญา อนุกานนท์, 2547)

บทบาทของระบบนิเวศต่อสิ่งมีชีวิต

หน้าที่สำคัญของระบบนิเวศ คือ การถ่ายทอดพลังงาน (energy flow) (ภาพที่ 2-2) และการหมุนเวียนธาตุอาหาร (nutrient cycling) โดยการถ่ายทอดพลังงานจะเริ่มจากผู้ผลิตหรือพืชสีเขียวเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมีสะสมอยู่ในรูปของสารอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงและพร้อมที่จะถ่ายทอดต่อไปยังผู้บริโภค ซึ่งเป็นผู้ที่รับช่วงเอาพลังงานที่ผู้ผลิตผลิตได้นำไปใช้ประโยชน์โดยมีแบคทีเรียและราคอยทำหน้าที่ย่อยสลายสิ่งที่เหลือหรือถูกขับออกมาจากกระบวนการถ่ายทอดพลังงานให้กลับเข้าสู่ระบบการผลิตอีกครั้ง (ชัชพล ทรงสุนทรวงศ์, 2553)



ภาพที่ 2-2 สายใยอาหารในระบบนิเวศทะเล (The Online Magazine for Sustainable Seas, 2003)

2.3 ดินตะกอน

ดินตะกอน (sediment) หมายถึง อนุภาคที่เป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ซึ่งอาจเกิดจากการพังทลายของดิน (soil erosion) หรือการที่หินหรือพื้นดินบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำถูกกัดเซาะ รวมถึงโครงสร้างที่เป็นของแข็งของสิ่งมีชีวิตที่ถูกพัดพามาหรือเกิดขึ้นภายในแหล่งน้ำแล้วสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้มีการตกตะกอนทับถมลงมาบนพื้นท้องน้ำ อาทิเช่น บริเวณพื้นทะเล พื้นทะเลสาบ พื้นของแม่น้ำ น้ำตก เป็นต้น ดินตะกอนอาจมีขนาดเล็กมาก เช่น ดินตะกอนที่เกิดจากการทับถมของซากแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ซากแพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) อินทรียวัตถุที่เน่าเปื่อยผุพัง (detritus) หรือตะกอนจากการกัดเซาะดินเหนียว (clay) ดินตะกอนบริเวณชายฝั่งหลายแห่งอาจมีขนาดใหญ่ เช่น ดินตะกอนที่เป็นทรายหยาบ (coarse sand) และทรายกรวด (boulder) ซึ่งเกิดจากการกัดเซาะพังทลายของหินหรือซากปะการัง เป็นต้น (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

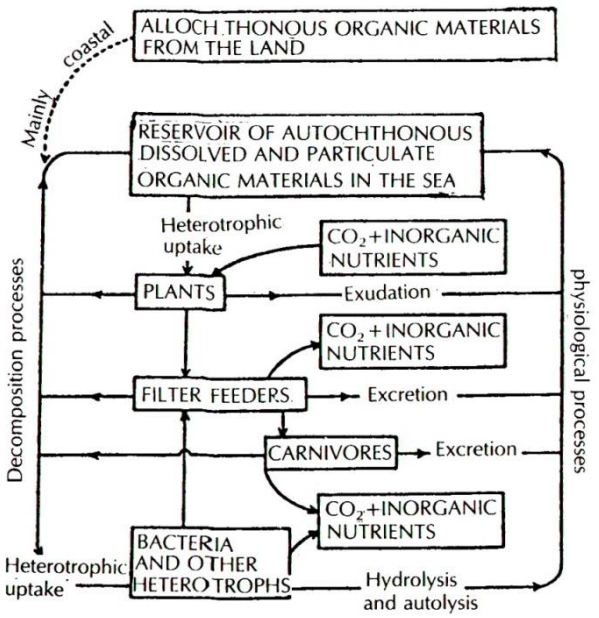
ดินตะกอนจัดเป็นระบบนิเวศที่มีความสมบูรณ์ในเชิงของห่วงโซ่อาหารบริเวณพื้นท้องน้ำ องค์ประกอบของดินตะกอนสามารถจำแนกออกเป็นองค์ประกอบทางด้านชีวภาพ (biotic components) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตประเภทต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน และองค์ประกอบทางด้านกายภาพเคมีที่ไม่มีชีวิต (abiotic components) ซึ่งองค์ประกอบในดินตะกอนเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันและ

มีอิทธิพลซึ่งกันและกัน ดังนั้นดินตะกอนจึงจัดเป็นแหล่งอาหาร แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งสืบพันธุ์ วางไข่และแหล่งหลบภัยของสัตว์หน้าดิน อีกทั้งยังเป็นที่ยึดเกาะและแหล่งอาหารของพรรณไม้น้ำ สาหร่ายและหญ้าทะเล เพื่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์อีกด้วย (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

2.4 สารอินทรีย์ในทะเล

สารอินทรีย์ (organic matter) หมายถึง สารที่มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีออกซิเจน ไนโตรเจนและธาตุอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย สารอินทรีย์เป็นสารที่มีความสำคัญมากในห่วงโซ่อาหารในลักษณะของการถ่ายทอดพลังงาน โดยสารอินทรีย์นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ สารอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic matter: DOM) มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.45 ไมครอน สารอินทรีย์แขวนลอย (particulate organic matter: POM) มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 0.45 ไมครอน (Vanloon & Duffy, 2005)

สารอินทรีย์ในทะเลส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่แพลงก์ตอนพืชสร้างขึ้นโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ตลอดจนสารที่ถูกขับถ่ายออกมาจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและสารที่ได้จากการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว (มนุวดี หังสพฤกษ์, กัลยา วัฒเยากร, วิไลวรรณ อุทุมพฤกษ์พร และพิชาญ สว่างวงศ์, 2546) (ภาพที่ 2-3)



ภาพที่ 2-3 การถ่ายเทและการหมุนเวียนของสารอินทรีย์ในทะเล (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532)

2.5 สารอินทรีย์ในดินตะกอน

สารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นสารประกอบที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน เช่น เซลลูโลส ลิกนิน กรดไขมัน กรดอินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนอื่น ๆ (Futterer, 2006) โดยมีแหล่งกำเนิดจากแผ่นดินและสามารถเกิดขึ้นจากการผลิตโดยแพลงก์ตอนพืชในทะเลโดยตรง สารอินทรีย์เหล่านี้จะจมตัวลงผ่านมวลน้ำมาสะสมอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548) โดยทั่วไปสามารถพบสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ในดินตะกอนในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ กระแสน้ำและอัตราการตกตะกอน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

สารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณพื้นท้องทะเลเป็นองค์ประกอบสำคัญของวัฏจักรชีวธรณีเคมี คือ ทำหน้าที่ทั้งดึงออกและเพิ่มแร่ธาตุที่ละลายในน้ำทะเล (สุวัจน์ ธัญรส, 2550) นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังมีความสำคัญของการเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิตบริเวณพื้นท้องน้ำโดยเฉพาะสัตว์หน้าดินชนิดต่าง ๆ ที่กินเศษซากสารอินทรีย์เป็นอาหารและบริเวณที่มีสารอินทรีย์สูงจะเกิดการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียซึ่งเป็นแหล่งอาหารอย่างดีของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงขึ้นไปในระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์เองก็ยังมีบทบาทของการเป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหาร ตลอดจนเป็นแหล่งให้พลังงานแก่มวลน้ำเบื้องบน เนื่องจากในดินตะกอนเป็นที่รวมของผู้ย่อยสลายที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีการตกทับถมบริเวณพื้นท้องน้ำให้อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างผลผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

2.6 สัตว์หน้าดิน

สัตว์หน้าดิน (benthos) หมายถึง สัตว์ที่อาศัยอยู่บนพื้นท้องทะเล (สุวัจน์ ธัญรส, 2550) สามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาด ได้ดังนี้

สัตว์หน้าดินขนาดเล็ก (microfauna: 1-100 μm) เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว เป็นต้น

สัตว์หน้าดินขนาดกลาง (meiofauna: 100-1000 μm) เช่น ฟอรามินิเฟอรา หนอนตัวกลม เป็นต้น สัตว์หน้าดินขนาดกลางมีความสำคัญต่อดินตะกอนในทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม กล่าวคือ ทางตรงโดยการเป็นอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในห่วงโซ่อาหารชั้นสูงขึ้นไป เช่น กุ้งและสัตว์น้ำวัยอ่อนชนิดต่าง ๆ ส่วนทางอ้อมโดยการทำให้เกิดกิจกรรมการรบกวนดินตะกอน (bioturbation) และการกระตุ้นการย่อยสลายของแบคทีเรีย นอกจากนี้แล้วสัตว์หน้าดินขนาดกลางยังสามารถนำมาใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำได้อีกด้วย (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (macrofauna or megafauna: >1000 μm) เช่น หอย กุ้ง ปู ไส้เดือนทะเล ปลิงทะเล เป็นต้น สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เป็นกลุ่มที่มีพบมากในดินตะกอนทะเลจากเขตน้ำขึ้นน้ำลงจนถึงเขตทะเลลึกและเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อโครงสร้าง ผลผลิต การเปลี่ยนแปลงของสัตว์และสภาพแวดล้อมในทะเล สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มีส่วนช่วยในการย่อยสลายและหมุนเวียนธาตุอาหารไปสู่น้ำเบื้องบน สัตว์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่ไม่มากนัก มีช่วงอายุสั้นและแสดงถึงผลผลิตขั้นที่ 2 ในปริมาณมาก ดังนั้นสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เหล่านี้จึงเป็นตัวเชื่อมต่อที่สำคัญของสายใยอาหารในทะเลและเป็นปัจจัยสำคัญในการเป็นอาหารของสัตว์ขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น สัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด นอกจากนี้แล้วสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัด (bioindicator) คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมทางทะเล เช่น สัตว์ที่บ่งชี้บริเวณที่มีสารอินทรีย์สูง ได้แก่ *Prionospio (Minuspio) japonica* (วงศ์ Spionidae), *Mediomastus* sp. A (วงศ์ Capitellidae), *Glycinde* sp.A (วงศ์ Glyceridae) , *Tauberia gracilis* (วงศ์ Paraonidae) และ *Sternaspis* sp. A (วงศ์ Sternaspidae) (สุเทพ เจือละออง, สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ, 2553)

ปัจจัยในดินตะกอนที่มีบทบาทต่อการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน

ปัจจัยทางกายภาพและทางเคมี เช่น ขนาดของเม็ดดิน ปริมาณออกซิเจนละลาย ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณแสง เป็นต้น

ปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่มีอยู่ รูปแบบในการหาอาหาร อิทธิพลของการล่าเหยื่อ การถูกล่าและการเคลื่อนย้ายเข้ามาของสิ่งมีชีวิตบางชนิด อิทธิพลของการผสมพันธุ์ เช่น การแพร่กระจายของตัวอ่อน การฝังตัวลงในดิน อิทธิพลทางพฤติกรรม ซึ่งก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายหรือการรวมกลุ่มกัน

2.7 เอคไคโนเดิร์ม

เอคไคโนเดิร์ม (Echinoderm: Echino = หนาม derma = ผิวหนัง) หมายถึงสัตว์ที่มีผิวหนังเป็นหนามหรือมีแผ่นหินปูน (ossicle) อยู่ใต้ผิวหนัง จัดอยู่ในไฟลัมเอคไคโนเดอร์มาตา (Phylum Echinodermata) สัตว์ในกลุ่มนี้อาศัยอยู่ในทะเลแทบจะทุกแห่งของโลก ทั้งในเขตร้อน เขตอบอุ่น เขตหนาวแถบขั้วโลก และมีการแพร่กระจายตั้งแต่เขตน้ำตื้นบริเวณชายฝั่งจนถึงเขตทะเลลึก โดยดำรงชีวิตเป็นสัตว์หน้าดินทั้งหมด หรือบางชนิดอาศัยอยู่กับฟองน้ำ ปะการังหรือสัตว์ชนิดอื่น ๆ (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2551) เอคไคโนเดิร์มปรากฏบนโลกเมื่อประมาณ 600 ล้านปีมาแล้วในยุคแคมเบรียม ส่วนใหญ่จะสูญพันธุ์ไปเป็นซากดึกดำบรรพ์กว่า 20000 ชนิดและส่วนที่มีชีวิตอยู่ในปัจจุบันมีประมาณ 6500 ชนิด (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555)

โดยเอคไคโนเดิร์มจัดอยู่ในอันดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Kingdom Animalia

Phylum Echinodermata

Class Asteroidea (ดาวทะเล)

Class Crinoidea (ดาวขนนก)

Class Ophiuroidea (ดาวเปราะ)

Class Echinoidea (เม่นทะเล เม่นหัวใจ และเหรียญทะเล)

Class Holothuroidea (ปลิงทะเล)

เอคไคโนเดิร์มเป็นสัตว์ในกลุ่มดิวเทอโรสโทม (deuterstomata–ทวารหนักพัฒนาจากบลาสโทพอร์) ภายในลำตัวมีช่องว่างที่แท้จริง ร่างกายไม่เป็นข้อปล้อง ไม่มีหัว ไม่มีสมอง แกนของลำตัวเป็นแกนปาก-ตรงข้ามปาก (oral-aboral axis) ดังนั้นด้านของลำตัวจึงแบ่งเป็นด้านปาก (oral) และด้านตรงข้ามปาก (aboral) โดยทั่วไปด้านปากจะแนบกับพื้น ยกเว้นกลุ่มดาวขนนกจะหงายปากขึ้นใช้ด้านตรงข้ามปากยึดกับพื้น ตัวอ่อนมีสมมาตรแบบซีกซ้ายขวา (bilateral symmetry) แต่ตัวเต็มวัยจะมีสมมาตรในแนวรัศมี (patamerous radial symmetry) เช่น ดาวทะเล ดาวขนนก ดาวเปราะ ส่วนเม่นทะเลและปลิงทะเลนั้นจะมีการพัฒนารูปร่างไป แต่ยังคงมีร่องรอยของการแบ่งลำตัวเป็น 5 แฉกอยู่ เอคไคโนเดิร์มส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแฉกรูปดาวหรือทรงกลม แต่บางชนิดอาจเป็นรูปทรงกระบอก เช่น ปลิงทะเล เอคไคโนเดิร์มเป็นสัตว์ที่มีโครงร่างแข็งภายใน (endoskeleton) ซึ่งเกิดจากการเรียงตัวของชั้นหินปูน ที่เรียกว่า ออสซิเคิล (ossicle) อยู่ใต้เยื่อผิวชั้นนอก (epidermis) มีระบบท่อน้ำ (water vascular system) เป็นระบบท่อที่ปรับเปลี่ยนมาจากช่องว่างในลำตัว (coelom) ซึ่งใช้ในการเคลื่อนที่และหาอาหาร นอกจากนี้ผิวลำตัวของเอคไคโนเดิร์มจะมีโครงสร้างอื่น ๆ อีก เช่น เพดิเซลลาเรีย (pedicellariae) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ช่วยทำความสะอาดร่างกาย ป้องกันและกินอาหาร เอคไคโนเดิร์มไม่มีอวัยวะแลกเปลี่ยนแก๊สโดยตรง ส่วนใหญ่จะใช้ผิวตัวที่ยื่นออกมาเป็นแขนง คือ พาพูลี หรือเดอร์มอล แบรนเคีย (papulae, dermal branchia) ปลิงทะเลจะใช้ respiratory tree ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ส่วนพวกที่มีเท้าท่อ (podia) จำนวนน้อย เช่น ดาวเปราะจะใช้แอ่งซึ่งอยู่ระหว่างโคนแขนกับลำตัว (bursa) และเม่นทะเลจะใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555) เอคไคโนเดิร์มมีลักษณะการกินอาหารได้หลายแบบ เช่น เป็นผู้ล่า (predator) พวกขูดกินอาหารจากพื้น (grazing) พวกกินอินทรียวัตถุในดินตะกอนเป็นอาหาร (detritus feeder) และพวกดักจับตะกอน (suspension feeder) เป็นต้น (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2534) ท่อทางอาหารเป็นแบบสมบูรณ์ แต่ค่อนข้างสั้น เพราะลำตัวแบน ยกเว้น เม่นทะเลและปลิงทะเล

ที่มีลำตัวยาว ลำไส้จึงยาวกว่าเอคไคโนเดิร์มกลุ่มอื่น ๆ ท่อทางเดินอาหารของเอคไคโนเดิร์ม ประกอบด้วย ปาก ฟาริงซ์ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้และทวารหนัก ดาวเปราะและดาวทะเลบางชนิดไม่มีทวารหนัก เอคไคโนเดิร์มส่วนใหญ่มีเพศแยก (dioecious) การสืบพันธุ์มี 2 แบบ คือ แบบอาศัยเพศและแบบไม่อาศัยเพศ ส่วนมากการสืบพันธุ์ที่พบจะเป็นแบบอาศัยเพศ คือ เพศผู้และเพศเมียจะสร้างไข่และสเปิร์มออกมาผสมกันในน้ำทะเล ไข่ที่ได้รับการผสมจะปฏิสนธิเป็นตัวอ่อน ดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนชั่วคราว แล้วจมลงอาศัยอยู่ตามพื้นท้องทะเล (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2551)

บทบาทที่สำคัญของเอคไคโนเดิร์ม

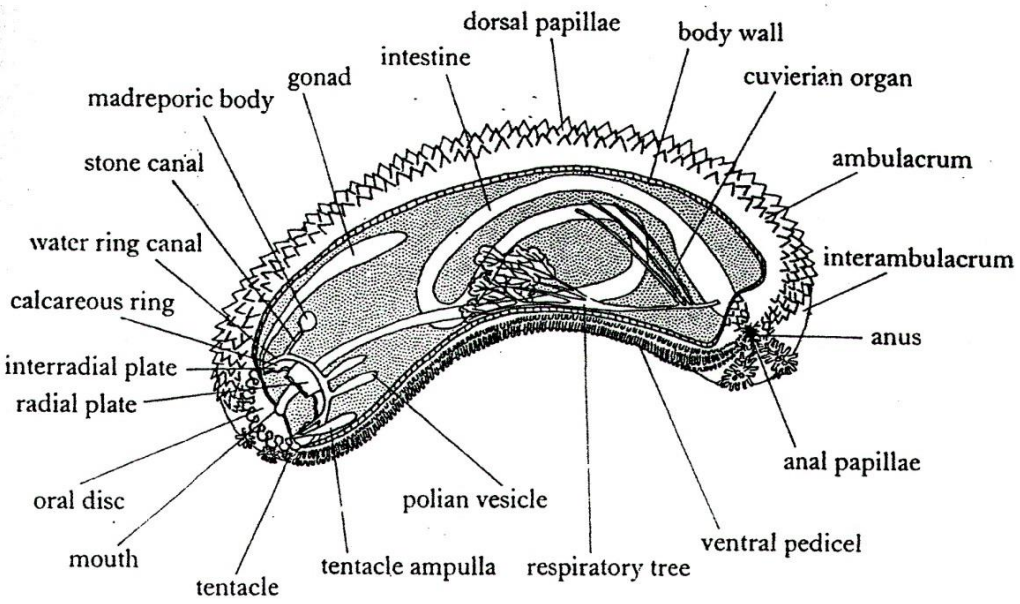
เอคไคโนเดิร์มมีประโยชน์ในทางเศรษฐกิจ กล่าวคือ ดาวทะเลใช้เป็นอาหาร เป็นสมุนไพร เป็นปุ๋ยจำพวกไนโตรเจนและใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ในอาหารสัตว์ ส่วนปลิงทะเลและไข่ของเม่นทะเลใช้เป็นอาหารและมีราคาแพง (Sloan, 1984) ปลิงทะเลเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีนใกล้เคียงกับหมึกกล้วย ปูม้า หอยลายและหอยแมลงภู่ แต่มีไขมันต่ำกว่ามาก ที่สำคัญยังช่วยป้องกันและบรรเทาโรคข้อเสื่อมด้วย เพราะมีมิวโคโปรตีน (mucoprotein) ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระดูกอ่อนและเอ็น อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยาอีกหลายด้าน เช่น แก้ปัญหาท้องผูก ปัสสาวะบ่อย บรรเทาอาการอ่อนเพลียในผู้สูงอายุ เป็นต้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ทางการแพทย์มีการนำเอาฮอโลทูริน (holothurin) ที่พบในปลิงทะเลบางชนิดมาใช้ในการบำบัดความเจ็บป่วยของผู้ป่วยหลังการผ่าตัด ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติในการขัดขวางการส่งความรู้สึกของกระแสประสาท นอกจากนี้ฮอโลทูรินยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งโปรโตซัวได้อีกด้วย ส่วนสารฮอโทท็อกซิน (holotoxin) ที่สกัดจากปลิงทะเล *Stichopus japonicus*, *Holothuria mexicana* และอีกหลายชนิดที่เก็บรวบรวมจากประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบางชนิดได้ ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยที่จะใช้ประโยชน์จากสารซาโปนินในปลิงทะเล เพื่อนำมาใช้ในการยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งในการบำบัดโรคมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีการนำปลิงทะเลมาเป็นส่วนผสมของโลชั่นบำรุงผิว สบู่ ยาสีฟัน หรือบรรจุแคปซูลเป็นอาหารเสริม แม้กระทั่งน้ำจากการต้มปลิงทะเลก็มีการนำมาทำยาแก้แผลพุพองหรือแก้คันจากการถูกยุงกัดอีกด้วย ส่วนทางด้านการศึกษา คือ มีการใช้ไข่ที่ได้รับการผสมของเม่นทะเลและดาวทะเลเป็นตัวแทนในการศึกษาการพัฒนาของตัวอ่อน เนื่องจากมีเซลล์สืบพันธุ์เป็นจำนวนมาก จึงเก็บรวบรวมได้ง่ายและดูแลง่าย ผู้ทดลองสามารถติดตามขั้นตอนการเจริญของเอมบริโอได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความเป็นพิษของสารมลพิษทางทะเล (Kobayashi, Tamato, Harino, & Kitano, 2008) ได้อีกด้วย โดยไข่ของเม่นทะเล *Diadema setosum* สามารถใช้เป็น bioindicator ในการหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในแนวปะการังบริเวณ

อ่าวไทยได้เป็นอย่างดี (จริยา ต้นกำเนิด, 2549) และในระบบนิเวศทางทะเล เอคไคโนเดิร์มมีบทบาทที่ค่อนข้างสำคัญมาก ตัวอย่างเช่น ดาวมงกุฎหนาม *Acanthaster planci* ที่กินโพลิปของปะการังเป็นอาหาร ถ้าพบมีการระบาดเกิดขึ้นอาจทำให้แนวปะการังเสื่อมโทรมลงได้ เม่นทะเลอาจใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพของแนวปะการังได้โดยอ้อม เนื่องจากมันขูดหาอาหารตามพื้นซึ่งเกี่ยวข้องกับการสภาพการเกิดใหม่ (recruitment) ของปะการังหรือปริมาณสาหร่ายทะเล และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ ที่อยู่ตามพื้นทะเล ส่วนปลิงทะเล เม่นหัวใจและเหรียญทะเล มีบทบาทในการกำจัดอินทรียวัตถุที่ปะปนอยู่ตามพื้นทะเล (Birkeland, 1988) และดาวเปราะมีบทบาทในการเป็นตัวกลางของการหมุนเวียนธาตุแคลเซียมและตรึงคาร์บอนเนตเป็นแคลเซียมคาร์บอนเนตซึ่งช่วยลดอุณหภูมิของโลกได้ (สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ, 2555)

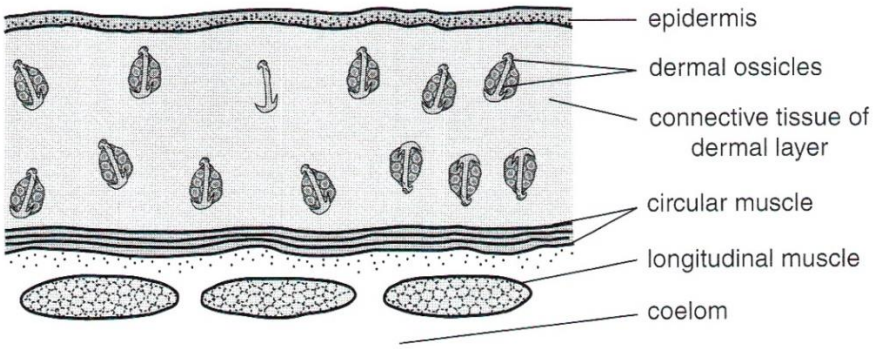
2.8 ปลิงทะเล

ปลิงทะเลเป็นสัตว์ในคลาสโฮโลทูรอยเดีย (Class Holothuroidea) รูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงกระบอก เส้นแนวระหว่างปากกับทวารหนักเป็นแนวนอนขนานกับพื้น ด้านของลำตัวที่แนบติดพื้นมีสีซีดกว่าเป็นด้านท้อง มีแถบแอมบูลาครา 3 แถบสลับกับแถบอินเตอร์แอมบูลาครา 2 แถบ ด้านหลังนูนขึ้นมีแถบแอมบูลาครา 2 แถบสลับกับแถบอินเตอร์แอมบูลาครา 3 แถบ โดยลักษณะลำตัวแบบนี้จึงมีสมมาตรแบบซีกซ้ายขวา (bilateral symmetry) (ภาพที่ 2-4) เท้าท่อทางด้านท้องเจริญดีกว่าทางด้านหลัง เท้าท่อที่พบทางด้านหลังมีจำนวนน้อยและมีขนาดเล็ก ในปลิงทะเลบางกลุ่มอาจไม่มีเท้าท่อ ด้านหน้าของลำตัวมีช่องปากซึ่งมีหนวดอยู่รอบ ๆ ปาก หนวดเปลี่ยนมาจากเท้าท่อที่อยู่รอบปาก ปากและหนวดสามารถยืดหดเข้าไปในลำตัวได้ ด้านท้ายของลำตัวมีทวารหนัก ผนังลำตัวของปลิงทะเลจะมีเดอร์มิส (dermis) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หนาและยืดหยุ่นได้ดี ในเดอร์มิสจะประกอบด้วยออสซิเคิลหรือสปิคุลฝังตัวอยู่ในผนังกล้ามเนื้อขนาดเล็กมาก มีรูปร่างแตกต่างกัน (ภาพที่ 2-5) และบริเวณปากจะมีแผ่นวงแหวนหินปูน (calcareous ring) ซึ่งจะใช้ในการจำแนกชนิดและศึกษาด้านอนุกรมวิธาน ทางเดินอาหารประกอบด้วยปาก ฟาริงซ์ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ยาวขดเป็นห่วงตามยาว โคเอคา (cloaca) และทวารหนัก (ภาพที่ 2-6) อาหารของปลิงทะเลส่วนใหญ่จะเป็นแพลงก์ตอนและอินทรียวัตถุที่อยู่ในดินตะกอน โดยปลิงทะเลจะใช้เมือกบริเวณหนวดจับอาหารแล้วส่งเข้าปาก ปลิงทะเลมีเมดีพอไรต์อยู่ภายในตัว โดยจะยื่นออกมาจากวงแหวนรอบฟาริงซ์ห้อยอยู่ในช่องลำตัว มีอวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สเรียกว่า respiratory tree ที่มีลักษณะเป็นท่อแตกแขนงออกจากโคเอคาคล้ายต้นไม้อยู่บริเวณสองฝั่งของท่อทางเดินอาหาร ปลิงทะเลบางชนิดไม่มี respiratory tree แต่จะใช้การแลกเปลี่ยนแก๊สทางผิวหนัง ปลิงทะเลส่วนใหญ่มีเพศแยก อวัยวะสืบพันธุ์มีเพียง 1 ชุด

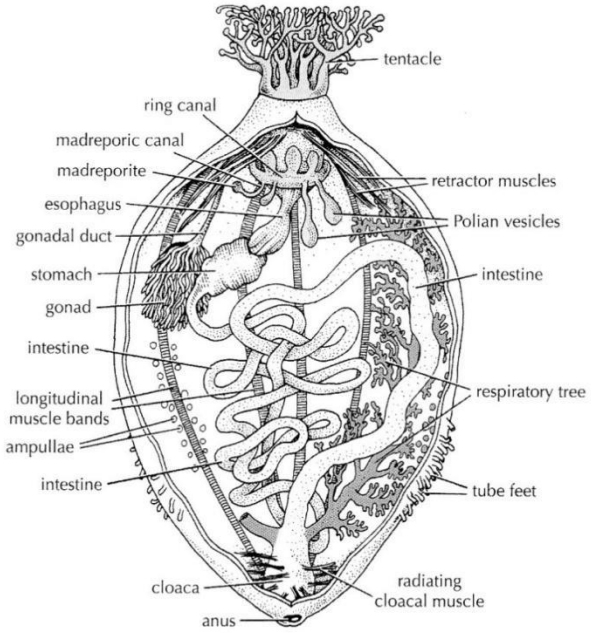
มีลักษณะเป็นเส้นฝอยรวมกันเป็นมัดอยู่ภายในช่องลำตัว ท่อสืบพันธุ์เปิดออกที่ฐานของหนวด (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2555) ปลิงทะเลสามารถพบเห็นได้ทั่วไปตั้งแต่เขตน้ำขึ้นน้ำลงจนถึงเขตทะเลลึก เช่น หาดหิน หาดทราย แนวปะการังและหญ้าทะเล ปลิงทะเลส่วนใหญ่ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำที่ใสสะอาด โดยเฉพาะปลิงทะเลในอันดับ Apidochirotida ดังนั้นปลิงทะเลจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำทะเลได้เป็นอย่างดี (จริยา กันกำเนิด เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และสุเมตต์ ปุจฉาการ, 2548) บทบาทที่สำคัญของปลิงทะเลในระบบนิเวศ คือ ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินตะกอนให้มีขนาดเล็กลงและปลดปล่อยธาตุอาหารเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (สมชัย บุศราวิช และนลินี ทองแถม, 2543) อีกทั้งยังช่วยรักษาและปรับปรุงคุณภาพดินตะกอนในทะเล โดยการหมุนเวียนอินทรียวัตถุและป้องกันการเกิดสภาวะที่ไม่ใช่ออกซิเจนของดินตะกอนบริเวณพื้นทะเล (Hanafy, 2011) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป



ภาพที่ 2-4 ลักษณะทั่วไปของปลิงทะเล (Clark & Rown, 1971)



ภาพที่ 2-5 ผนังลำตัวของปลิงทะเล (Pechenick, 2015)



ภาพที่ 2-6 อวัยวะภายในของปลิงทะเล *Thyone briarus* (Pechenick, 2015)

ปลิงทะเลในเขตร้อนหลายชนิดมีความสามารถในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัวตามขวางด้วยการบิดตัวให้ขาด (fissiparous species) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปลิงทะเลเกิดขึ้นโดยการแบ่งตัวตามขวางด้วยการบิดตัวให้ขาด (fission) โดยร่างกายจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน และแต่ละส่วนจะมีการงอกขึ้นมาใหม่ (regeneration) เพื่อเป็นตัวที่สมบูรณ์ต่อไป (Ebert, 1978; Uthicke, 1997) ปลิงทะเลที่มีความสามารถในการแบ่งตัว (fissiparity) ถูกรายงานไว้มีทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยปลิงทะเลในอันดับ Aspidochorotida 10 ชนิด คือ

Holothuria atra, *H. difficilis*, *H. edulis*, *H. hilla*, *H. leucospilota*, *H. parvula*, , *H. theeli*, *H. surinamensis*, *Stichopus chloronotus* และ *Parastichopus californicus* และปลิงทะเลในอันดับ Dendrochirotida 6 ชนิด คือ *Cucuvitrum rowei*, *Ocnus lacteal*, *O. planci*, *Squamocnus aureoruber*, *Colochirus robustus* และ *Cladolabes schmeltzi* นอกจากนี้ยังพบว่ามีปลิงทะเลอีก 5 ชนิดที่อาจมีความสามารถในการแบ่งตัว คือ *Havelockia versicolor*, *Staurothyone inconspicua*, *Stichopus monotuberculatus*, *S. naso*, และ *Holothuria portovallartensis* (ตารางที่ 2-1) ปลิงทะเลมีกลไกในการแบ่งตัวที่แตกต่างกันอยู่ 3 กลไก คือ การหดตัว (constriction) การบิดตัว (twisting) และการขยายตัว (strething) โดยกลไกระดับโมเลกุลเป็นตัวกำหนดตำแหน่งในการแบ่งตัวระหว่างด้านหน้าและด้านท้ายของปลิงทะเล ซึ่งชนิดของปลิงทะเลที่แตกต่างกันจะมีวิธีในการแบ่งตัวที่แตกต่างกัน อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวก็แตกต่างกันด้วย (Dolmatov, 2014) การแบ่งตัวของปลิงทะเลอาจเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อม (Ebert, 1978; Chao, Chen, & Alexander, 1994) ซึ่งความเครียดจากลักษณะของถิ่นอาศัยอาจกระตุ้นให้เกิดการแบ่งตัว (Chao, Chen, & Alexander, 1993; Conand, 1996)

ตารางที่ 2-1 ลักษณะการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปลิงทะเล (Dolmatov, 2014)

	Fission method	Site of fission (anterior/posterior)	Duration of fission	Bias sex ratio	Comments
		Aspidochirotida			
Holothuriidae					
Holothuria atra	c/t/s [62]	4 : 5 [61]	n	m > f [44]	
H. difficilis	n	n	n	m < f [63]	
H. edulis	t/s [64]	n	n	n	
H. hilla [38]	n	n	n	n	
H. leucospilota	c [49]	1 : 4 [49]	n	n	
H. parvula	n	1 : 1 [60]	n	n	
H. portovallartensis [55]	n	n	n	n	Confirmation is needed
H. surinamensis	c [40]	1 : 1 [40]	1–5 d [40]	n	
H. theeli [50]	n	n	n	n	
Stichopodidae					
Stichopus chloronotus	c/s [56]	1 : 1 [58]	5 min [56]	m > f [59]	
S. monotuberculatus [45]	n	n	n	n	Former *S. horrens* [44], confirmation is needed
S. naso [45]	n	1 : 1	n	n	Former *S. horrens* [53], confirmation is needed
Parastichopus californicus	b [51]				Larvae
		Dendrochirotida			
Cucumariidae					
Cucuvitrum rowei	n	fr [29]	n	n	
Ocnus lactea	n	fr[1]	n	n	
O. planci	c, s, t [39]	fr [39]	14 h [39]	m > f [39]	
Squamocnus aureoruber	c/s [48]	1 : 1 [48]	n	n	
Staurothyone inconspicua	c [29]	1 : 1 [29]	n	n	Confirmation is needed
Colochirus robustus	c/s [25]	2 : 1 [25]	~24 h [25]	n	
Sclerodactylidae					
Cladolabes schmeltzi	c/s [26]	1 : 1 [26]	24 h [26]	m < f[2]	
Phyllophoridae					
Havelockia versicolor[3]	n	n	n	n	Confirmation is needed

b—budding; c—fission by constriction; f—female; fr—fragmentation; m—male; n—no data; s—fission by stretching; t—fission by twisting.
[1]Dalyell, 1851, cited by Monticelli [39]; [2]Kamenev and Dolmatov, unpublished data; [3]Semper (cited by Monticelli [39]).

ปราณี วัฒนาวรสกุล, ณิฎฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และเผดิมศักดิ์ จารยะพันธุ์ (2546) ทำการศึกษาสรีรนิเวศวิทยาของปลิงทะเล *H. atra* และ *H. leucospilota* เพื่อติดตามผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนชายฝั่งทะเล โดยทำการศึกษาอัตราการกินอาหารและประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์ของปลิงทะเลในตะกอนที่มีองค์ประกอบของทรายและทรายแป้งตลอดจนปริมาณสารอินทรีย์ต่างกัน 3 ระดับ คือ ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้ง 0 : 1 และปริมาณสารอินทรีย์ร้อยละ 22.7 ตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 1 ปริมาณสารอินทรีย์ร้อยละ 8.94 และตะกอนที่มีอัตราส่วนทรายต่อทรายแป้งเป็น 1 : 2 ปริมาณสารอินทรีย์ร้อยละ 13.41 พบว่า *H. atra* มีอัตราการกินตะกอนและประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์ต่างกันตามลักษณะองค์ประกอบโดยมีอัตราการกินอาหารสูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 1 : 1 และมีประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์สูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 ส่วน *H. leucospilota* มีอัตราการกินตะกอนไม่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์สูงสุดที่ตะกอนอัตราส่วน 0 : 1 การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตะกอนของปลิงทะเลทั้ง 2 ชนิดนี้พบว่าอัตราการกินอาหารของปลิงทะเลจะสูงในตะกอนที่มีอัตราส่วนของทรายสูงแต่ประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์ต่ำ ในทางตรงกันข้ามปลิงทะเลมีอัตราการกินอาหารต่ำในตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ซึ่งปลิงทะเลจะมีประสิทธิภาพการดูดซึมสารอินทรีย์สูงด้วย

Emiroglu and Gunay (2007) ทำการศึกษาผลกระทบของปลิงทะเล *Holothuria tubulosa* ที่อาศัยอยู่ในลักษณะดินตะกอนและสารอาหารบริเวณชายฝั่งทะเลอีเจียน พบว่าปลิงทะเลเป็นตัวที่ทำให้น้ำสะอาด ดังนั้นจึงมีการนำเอาปลิงทะเลมาใช้ในการปรับปรุงบริเวณชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการทำการประมง

Hanafy (2011) ทำการศึกษาผลกระทบของปลิงทะเล *Actinopyga mauritiana* (Echinodermata: Holothuroide) ที่อาศัยอยู่ในลักษณะดินตะกอนบริเวณอ่าว El-Gemsha Bay ของชายฝั่งทะเลแดง ประเทศอียิปต์ พบว่าปลิงทะเลมีความสำคัญในการรักษาและปรับปรุงคุณภาพดินตะกอนในทะเลโดยการหมุนเวียนอินทรียวัตถุและป้องกันการเกิดสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนของดินตะกอนบริเวณพื้นทะเล ดังนั้นการเอาปลิงทะเลออกอาจจะเนื่องมาจากการทำประมงหรือการหาผลประโยชน์ที่มากเกินไปของชาวอียิปต์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลแดงจะส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อคุณภาพดินตะกอนบริเวณพื้นท้องทะเลและอาจส่งผลกระทบถึงคุณภาพน้ำด้วย

Costa, Mazzola, and Vizzini (2014) ทำการศึกษาเรื่องปลิงทะเล *H. tubulosa* ช่วยเพิ่มการหมุนเวียนของอินทรียวัตถุในทุ่งหญ้าทะเล *Posidonia oceanica* ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปลิงทะเลเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของอินทรียวัตถุที่ได้จากหญ้าทะเลไปสู่ดินตะกอน

บริเวณผิวหน้า ซึ่งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ อีกทั้งยังทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) และไนโตรเจนในดินถึง 30 เท่า และ 3 เท่า ตามลำดับ

2.9 ปลิงทะเลในวงศ์ Holothuriidea

ทั่วโลกมีปลิงทะเลในวงศ์ Holothuriidea 4 สกุล 135 ชนิด (Fell, 1982) ในประเทศไทยรายงานพบปลิงทะเลในวงศ์นี้ 3 สกุล 40 ชนิด (สมชัย บุศราวิช และนลินี ทองแถม, 2543) และภาคตะวันออกของประเทศไทยรายงานพบ 3 สกุล 16 ชนิด (อารมณ์ มุจรินทร์, 2545)

ปลิงทะเลในสกุล *Holothuria* มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงกระบอก มีทั้งขนาดเล็ก (40 มิลลิเมตร) จนถึงขนาดใหญ่ (450 มิลลิเมตร) หนวดมีจำนวน 17-30 เส้น แต่ส่วนใหญ่มีจำนวน 20 เส้น ผนังลำตัวค่อนข้างหนา แผ่นวงแหวนหินปูนแข็ง ด้านบนของเรเดียนเพลต (radial plate) มีรอยบากลึก ส่วนด้านล่างโค้งเหมือนลูกคลื่น ด้านบนของอินเตอร์เรเดียนเพลต (interradial plate) มีส่วนยื่นคล้ายซี่ฟัน 1 ซี่ พาพูลีและเท้าท่ออาจเรียงตัวกันเป็นแถว บางชนิดอาจมีซี่ฟันหินปูนรอบบริเวณทวารหนัก สปิคุลมีหลายแบบและมีรูปร่างไม่แน่นอน แต่จะมีสปิคุลแบบโต๊ะเป็นองค์ประกอบหลัก พบร่วมกับสปิคุลแบบอื่น ๆ เช่น แบบกระดุม แบบแท่ง 2 มิติและแบบแตกแขนงเป็นต้น

2.10 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 (ภาพที่ 2-7)

ปลิงดำแข็งจัดอยู่ในอันดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum Echinodermata

Class Holothuroidea

Order Aspidochirotida

Family Holothuriidea

Genus *Holothuria*

Subgenus *Halodeima*

Species *atra* Jager, 1833

ลักษณะทั่วไป

ปลิงดำแข็งมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกสีดำ ผิวลำตัวค่อนข้างแข็งและลื่น ร่างกายปกคลุมด้วยทรายตลอดทั้งลำตัวและมีปื้นวงกลมสีดำที่ปราศจากเม็ดทรายเรียงต่อกัน 2 แถวทางด้านหลังของลำตัว (Purcell, Samyn, & Conand, 2012) ปากอยู่ส่วนท้องทางด้านหน้า มีหนวดสีดำแบบจานจำนวน 20 เส้น ทวารหนักอยู่ส่วนท้ายของลำตัว พาพูลีเป็นจุดสีดำเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่ว

ด้านหลังลำตัว ด้านท้องมีเท้าเทียมสั้น ๆ เรียงตัวอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณแถบแอมบูลาครา 3 แถบ บริเวณผนังลำตัวมีสปิคุลเป็นแบบโต๊ะและแบบแท่ง 2 มิติ (ภาพที่ 2-8) ปลิงทะเลชนิดนี้ไม่มี คูวิเรียน ทูบูล (cuvierian tubule) แต่จะมีการขับอวัยวะภายในออกมาเมื่อมีศัตรูมารบกวน (อารมณ์ มุจรินทร์, 2545)

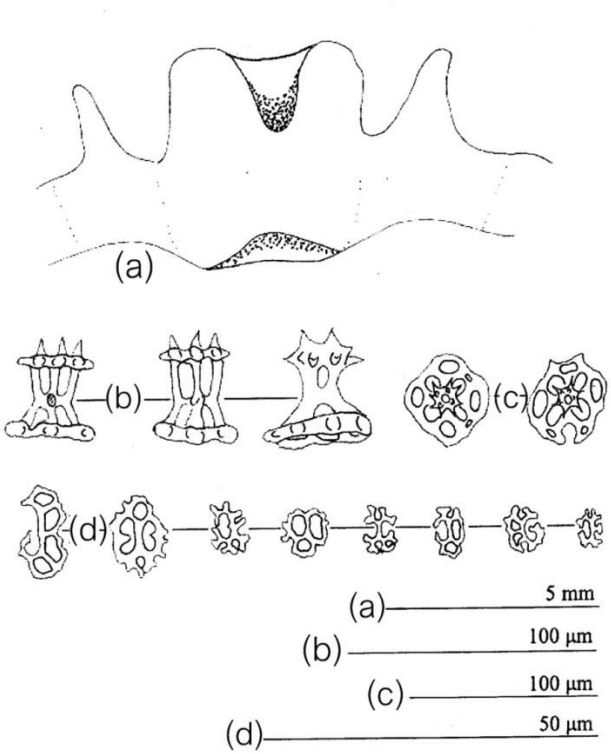
ชีววิทยาและนิเวศวิทยา

ปลิงดำแข็งอาศัยอยู่ตามพื้นทรายที่ค่อนข้างละเอียดและสะอาด หรือในแนวปะการัง ส่วนใหญ่พบในบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลง หรือบริเวณแอ่งน้ำตื้น ๆ (Bonham & Held, 1963) กินอินทรียวัตถุบนพื้นทรายเป็นอาหาร ปลิงชนิดนี้เป็นชนิดที่พบเห็นได้ง่ายและมีการแพร่กระจายเป็นช่วงกว้างในเขตร้อน (อารมณ์ มุจรินทร์, 2545) ในประเทศไทยสามารถพบแพร่กระจายได้ทั้งในอ่าวไทยและอันดามัน (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2555; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2556; สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2547; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2557)

ในประเทศไทยรายงานพบปลิงดำแข็งในหลายพื้นที่ เช่น บ้านเพ จังหวัดระยอง เกาะล้าน เกาะไผ่ เกาะเหลือมน้อย เกาะกลึงบาดาล จังหวัดชลบุรี (สมศักดิ์ ปัญหา, 2525) หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2555; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2556; สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2547; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2557) เกาะคราม จังหวัดชลบุรี (สุเมตต์ ปุจฉาการ, 2547) เกาะลันตาใหญ่ จังหวัดกระบี่ (จริยา กันกำเนิด และคณะ, 2548) แหลมพันวา จังหวัดภูเก็ต (รัชกร ศิริจารุกุล, กรอร วงษ์กำแหง และพลชาติ โชติการ, 2561)

Missin & Doumen (1986) ทำการศึกษาการแพร่กระจายและการกินอาหารของปลิงทะเลในบริเวณแนวปะการังพื้นราบของ Laing Island, Papua New Guinea ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของปลิงทะเล คือ ความรุนแรงของคลื่นบริเวณชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงของบริเวณเขตประการังพื้นราบ ออกซิเจนในดินตะกอน พื้นที่ที่มีริ้วรอยคลื่น (ripple mark) และพื้นที่ที่มีแอ่งน้ำและก้อนหินขนาดใหญ่ ส่วนการกินอาหารของปลิงทะเลพบว่า โครงสร้างหนวดแบบจานของปลิงทะเลไม่ได้มีความสัมพันธ์ของประเภทดินตะกอนที่กิน

ภาพที่ 2-7 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833



ภาพที่ 2-8 แผ่นวงแหวนหินปูนและสปิคุลของปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra*, 1833 (a) แผ่นวงแหวนหินปูน (b) สปิคุลแบบโต๊ะบริเวณผนังลำตัว (c) สปิคุลแบบโต๊ะ (มองจากด้านบน) บริเวณผนังลำตัว (d) สปิคุลแบบแผ่นรูพรุนแบบแท่งแตกแขนง 2 มิติ (ดัดแปลงจาก อารมณ์ มุจรินทร์, 2545)

2.11 พื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี เป็นหมู่เกาะที่อยู่นอกสุดของอ่าวไทยตอนบน ตั้งอยู่ทางด้านทิศใต้ของอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ประกอบด้วยเกาะต่าง ๆ รวมทั้งหมด 9 เกาะ คือ เกาะจาน เกาะจวง เกาะโรงโขน เกาะโรงหนัง เกาะแรด เกาะขาม เกาะฉางเกลือและเกาะปลาหมึก (เศรษฐพงษ์ ปุจฉาการ, สิรินทร เทพมังกร และสุเมตต์ ปุจฉาการ, 2558) ในอดีตเกาะแสมสารเคยมีชุมชนชาวบ้านอาศัยอยู่ โดยอาชีพหลักคือการทำประมงแต่ต่อมาเมื่อมีการขอความร่วมมือจากทางราชการเพื่อใช้พื้นที่ของเกาะแสมสารในการอนุรักษ์ ชาวบ้านที่อยู่อาศัยบนเกาะจึงได้ย้ายถิ่นฐานจากบนเกาะแสมสารขึ้นมาบนฝั่ง ซึ่งปัจจุบันก็คือ “ตำบลแสมสาร” ในปี พ.ศ. 2541 กองทัพเรือได้น้อมเกล้าฯ ถวายเกาะแสมสารเข้าร่วมสนองพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (อพ.สธ) ซึ่งการดำเนินงานตามแนวพระราชดำริให้ดำเนินงานที่เกาะแสมสารคล้ายคลึงกับเกาะปอร์โครอลล์ของประเทศฝรั่งเศส คือ เป็นทั้งแหล่งศึกษา แหล่งสร้างจิตสำนึกและทรงมีพระราชกระแสแนะนำแนวทางการสร้างความรู้ ความเข้าใจและปลูกฝังในเรื่องเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรทางธรรมชาติให้แก่เยาวชน ซึ่งพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเลที่อยู่บนเกาะแสมสารนับว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเป็นพื้นที่ติดตามสถานการณ์ของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมทางทะเลทั้งสภาพปัจจุบันและในอนาคตที่มีภัยคุกคามจากความผันแปรของสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ปราศจากภัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2558)

ในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล บริเวณหมู่เกาะแสมสารรายงานปลิงทะเลในวงศ์ Holothuriidea 1 สกุล 3 ชนิด (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2555) 1 สกุล 2 ชนิด (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2556) 1 สกุล 6 ชนิด (สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2557; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคณะ, 2557) ซึ่งปลิงทะเลที่พบเสมอในพื้นที่นี้คือ ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 โดยปลิงดำแข็งพบอาศัยอยู่ตามพื้นทรายและในบริเวณแนวปะการัง และจากรายงานของ สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี (2558) พบว่าคุณภาพน้ำในบริเวณหมู่เกาะแสมสารมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 1 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ โดยอุณหภูมิน้ำทะเลมีค่าเฉลี่ย 28.78 องศาเซลเซียส ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 32.83 ส่วนในพันส่วน ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.62 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 7.83 และมีค่าความโปรงใสมากกว่า 3-6 เมตร และเป็นที่น่าสังเกตว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการสำรวจ น้ำทะเลบริเวณนี้ค่อนข้างใสสะอาด

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

วัสดุอุปกรณ์

1) ถุงซิป
2) ตลับเมตร
3) เครื่องวัดค่าการละลายออกซิเจน (Dissolved Oxygen meter)
4) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
5) กล้องถ่ายรูป
6) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
7) พลั่วมือ
8) แผ่นป้ายบันทึกข้อมูล
9) สมุด ปากกา
10) เครื่องชั่งน้ำหนัก
11) Forceps
12) เวอร์เนียคาลิเปอร์
13) ถาดพลาสติก
14) เครื่องมือวัดความเค็ม (salinometer)
15) เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer)
16) กระดาษกรอง GF/C
17) เครื่องดูดสุญญากาศพร้อมอุปกรณ์ชุดกรองน้ำ
18) โถดูดความชื้น
19) กล้องสเตอริโอ
20) ตะแกรงขนาด 500 ไมโครเมตร และ 2 มิลลิเมตร
21) ขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิเมตร
22) ตู้อบ
23) Hydrometer
24) ถุงซิป

25) ขวดน้ำกลั่น

26) ขาตั้งเหล็ก (stand)

27) ที่ยึดบิวเรตต์ (burette clamp)

28) บิวเรตต์ (burette)

29) บีกเกอร์

30) ตู้เย็น

31) กระบอกตกตะกอน (Cylinder)

32) กระบอกตวง

33) เครื่องผสมไฟฟ้า

34) แท่งแก้วคน

35) แม่เหล็ก

36) เครื่องบด

สารเคมี

1) สารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต $(NaPO_3)_6$

2) สารละลายโปแทสเซียมไดโคเมท $(K_2Cr_2O_2)$

3) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

4) ฟีนิลไดลามีน $(C_{17}H_{21}NO)$

5) สารละลาย Ammomium iron (II) sulfate hexahydrate $(Fe(NH_4)_2(SO)_4.6H_20)$

6) แอลกอฮอล์ (Alcohol)

7) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี เป็นหมู่เกาะที่อยู่นอกสุดของอ่าวไทยตอนบน ตั้งอยู่ทางด้านทิศใต้ของอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ซึ่งประกอบด้วยเกาะต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 9 เกาะ ได้แก่ เกาะแสมสาร เกาะแรด เกาะฉางเกลือ เกาะโรงโขน เกาะโรงหนัง เกาะจวง เกาะจาน เกาะขามและเกาะปลาหมึก (เศรษฐพงษ์ ปุจฉาการ และคณะ, 2558) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จะศึกษา 3 เกาะคือ เกาะแสมสาร เกาะปลาหมึกและเกาะจาน (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

ภาพที่ 3-1 พื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี: (1) หาดเทียน เกาะแสมสาร (2) หาดเตย เกาะแสมสาร (3) เกาะปลาหมึก (4) เกาะจาน

ตารางที่ 3-1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

หมายเลข	พื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง	บริเวณ
1	หาดเทียน เกาะแสมสาร	เขตปะการังพื้นราบ เขตปะการังลาดชัน
2	หาดเตย เกาะแสมสาร	เขตปะการังพื้นราบ เขตปะการังลาดชัน
3	เกาะปลาหมึก	เขตปะการังลาดชัน
4	เกาะจาน	เขตปะการังลาดชัน

ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

หาดเทียนบริเวณเขตปะการังพื้นราบ (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

มีลักษณะเป็นหาดทราย ทรายค่อนข้างละเอียด มีเศษซากปะการังและก้อนหินกระจัดกระจายทั่วหาด ภายในพื้นที่นี้มีแอ่งน้ำและพื้นที่นี้อยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (ภาพที่ 3-2)

ภาพที่ 3-2 หาดเทียนบริเวณเขตปะการังพื้นราบ

หาดเทียนบริเวณเขตปะการังลาดชัน (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

มีลักษณะเป็นแนวปะการังบนพื้นทราย ทรายค่อนข้างละเอียด (ภาพที่ 3-3)

ภาพที่ 3-3 หาดเทียนบริเวณเขตปะการังลาดชัน

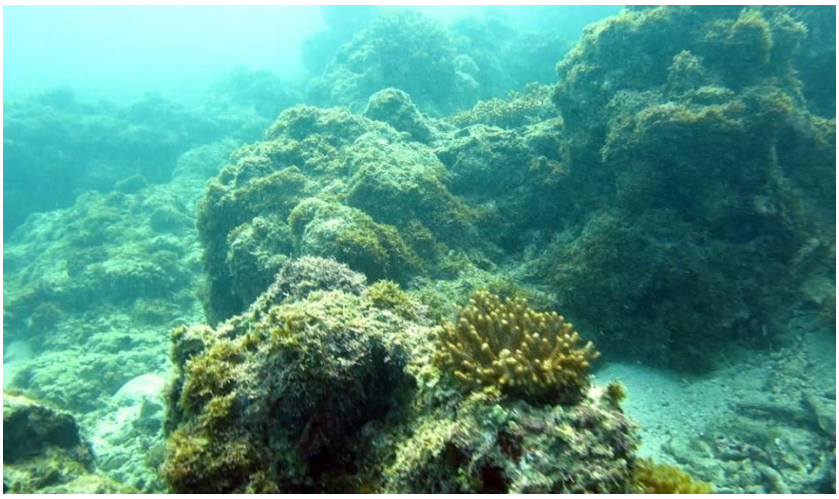
หาดเตยบริเวณเขตปะการังพื้นราบ (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

ลักษณะทั่วไปเป็นหาดหิน มีโขดหินและซากปะการังขนาดใหญ่กระจายเป็นหย่อม ๆ พื้นที่นี้อยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (ภาพที่ 3-4)

ภาพที่ 3-4 หาดเตยบริเวณเขตปะการังพื้นราบ

หาดเตยบริเวณเขตปะการังลาดชัน (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

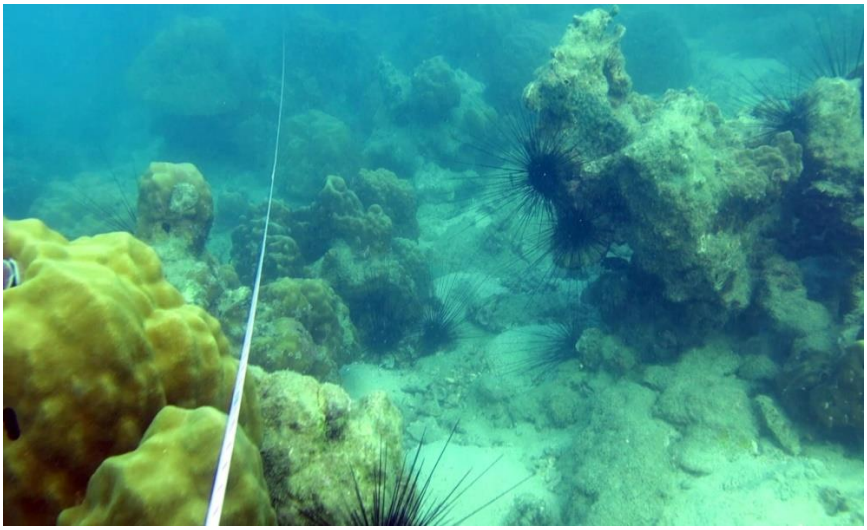
มีลักษณะเป็นแนวปะการังโขดบนพื้นทราย ทรายค่อนข้างละเอียด มีชุมชนสาหร่ายมากสุดและเป็นบริเวณที่ได้รับลมมรสุมมาก (ภาพที่ 3-5)



ภาพที่ 3-5 หาดเตยบริเวณปะการังลาดชัน

เกาะปลาหมึกบริเวณเขตปะการังลาดชัน (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

มีลักษณะเป็นแนวปะการังโขดบนพื้นทราย ทรายค่อนข้างละเอียด (ภาพที่ 3-6)



ภาพที่ 3-6 เกาะปลาหมึกบริเวณเขตปะการังลาดชัน

เกาะจานบริเวณเขตปะการังลาดชัน (ภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1)

มีลักษณะทั่วไปเป็นแนวปะการังกระจัดกระจายบนพื้นทราย ทรายค่อนข้างละเอียดและเกาะนี้เป็นเกาะที่อยู่ไกลฝั่งมากที่สุด (ภาพที่ 3-7)

ภาพที่ 3-7 เกาะจานบริเวณปะการังลาดชัน

การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

สำรวจและเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยเก็บตัวอย่างจุดละ 6 ครั้ง ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 โดยมีขั้นตอนดังนี้

วางเส้นเทปตาม line transect ในแนวขนานกับชายฝั่งในบริเวณเขตปะการังพื้นราบ (reef flat) และเขตปะการังลาดชัน (reef slope) ของพื้นที่ศึกษาเป็นระยะทาง 100 เมตร โดยประยุกต์จากวิธีของ English, Wilkinson, and Baker (1997) ในแนวเส้นเทปทำการนับจำนวนปลิงดำแข็งที่สมบูรณ์ (normal) และปลิงดำแข็งที่เกิดจากการแบ่งตัว (fission) ในแนวด้านซ้ายและขวาจากเส้นเทปด้านละ 1 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 200 ตารางเมตร ในส่วนของการเก็บตัวอย่างดินตะกอนในบริเวณที่อยู่อาศัย ดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ปลิงดำแข็งและมูลของปลิงดำแข็ง (การเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างละ 3 ซ้ำ/พื้นที่ และการเก็บตัวอย่างปลิงดำแข็งจะทำการเก็บตามหลักจรรยาบรรณ คือ เมื่อเจอปลิงดำแข็ง 10 ตัว จะทำการเก็บปลิงดำแข็งเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง 1 ตัว) ในบริเวณเขตปะการังพื้นราบจะใช้วิธีการเดินเก็บตัวอย่าง ส่วนการเก็บตัวอย่างในบริเวณเขตปะการังลาดชันจะใช้วิธีการดำน้ำแบบใช้เครื่องช่วยหายใจใต้น้ำ (scuba diving) จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการสลบและนำมากลับมายังห้องปฏิบัติการ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำทะเล 3 ตัวอย่าง/พื้นที่

ภาพที่ 3-8 การศึกษาในภาคสนามโดยการวางเส้นเทปตาม line transect ในแนวขนานกับชายฝั่งในบริเวณเขตปะการังพื้นราบเป็นระยะทาง 100 เมตรของหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การจำแนกชนิดของเอคไคโนเดิร์ม

นำตัวอย่างมาตรวจสอบชนิดโดยเปรียบเทียบกับเอกสารของ Clark and Rowe (1971)

การวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทะเล

กรองตัวอย่างน้ำทะเลที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน 500 มิลลิลิตร ผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (A1) โดยการใช้เครื่องกรองสุญญากาศ คีบกระดาษกรองมาวางในอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มีหมายเลขกำกับ นำอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มีกระดาษกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำอะลูมิเนียมฟอยด์มาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นำกระดาษที่ผ่านการกรองไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4-5 ตำแหน่ง (A2) และวิเคราะห์หาสารแขวนลอยในน้ำโดยใช้สูตร (1)

$$CF/C = \frac{A2-A1}{\text{ปริมาตรน้ำกรอง}} \times 1000 \times 1000 \qquad (1)$$

การวิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (ภาพที่ 3-9)

ชั่งตัวอย่างดินตะกอนแห้งที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร 100 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 15 มิลลิลิตรและน้ำกลั่นประมาณ 600 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ปั่นให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมไฟฟ้าเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ดินตะกอนที่เป็นก้อนแยกออกจากกัน เทส่วนผสมลงในกระบอกตกตะกอนและใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเศษดินตะกอนจากบีกเกอร์ลงให้หมด หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร ปิดฝาและเขย่ากระบอกตกตะกอนประมาณ 20 ครั้ง จากนั้นวางกระบอกตกตะกอนลงและเริ่มจับเวลาทันที หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไป อ่านค่าที่เวลา 40 วินาทีแรก พร้อมทั้งจดบันทึกค่าที่อ่านได้และวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง อ่านค่าที่ไฮโดรมิเตอร์และวัดอุณหภูมิอีกครั้ง คำนวณปริมาณดินทราย ดินร่วนและดินเหนียวโดยใช้สูตร (2-4) นำค่าปริมาณดินทราย ดินร่วนและดินเหนียวที่คำนวณได้มาเทียบกับตารางสามเหลี่ยมแบ่งชนิดของเนื้อดินมาตรฐาน (soil texture triangular) (ภาพที่ 3-10)

Factor C = 0.2 (T - 68)

T= °F = (°C×1.8) + 32

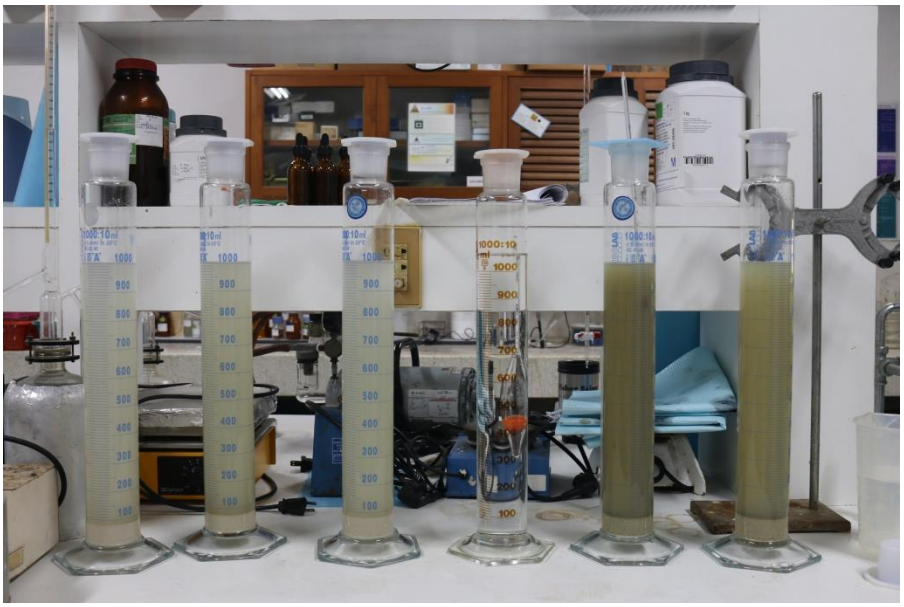
$$\% \text{ (silt + clay)} = \frac{\text{40 sec. Corrected reading} \times 100}{\text{soil weight}}$$

$$\% \text{ clay} = \frac{\text{1 hr. Corrected reading} \times 100}{\text{soil weight}} \quad (2)$$

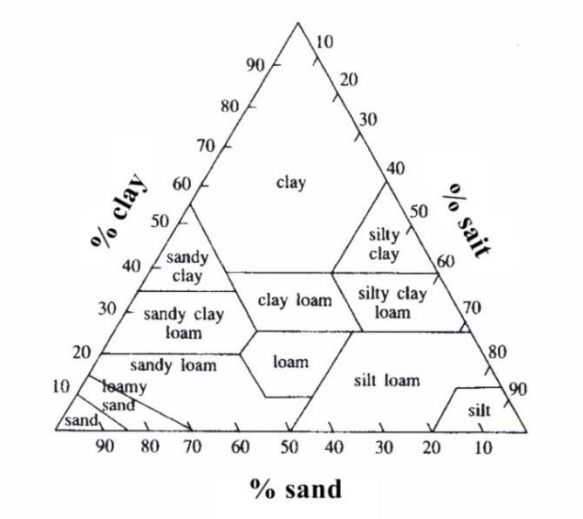
% sand = 100 - %(silt + clay) (3)

% silt = % (silt + clay) - % clay (4)

* Corrected reading = Hydrometer + Factor C



ภาพที่ 3-9 การวิเคราะห์เนื้อดินบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์



ภาพที่ 3-10 สามเหลี่ยมแบ่งชนิดของเนื้อดินมาตรฐาน (ดัดแปลงจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัย ดินตะกอนที่อยู่รอบตัวและในมูลของของปลิงดำแข็ง (ดัดแปลงจากวิธีของ Walkley and Black (1934)) (ภาพที่ 3-11)

นำตัวอย่างดินตะกอนแห้ง (ที่ร่อนผ่านตะแกรง 500 ไมโครเมตรและผ่านการบดละเอียด) 0.5 -2.0 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรียวัตถุของแต่ละตัวอย่าง) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายโปแทสเซียมไดโครเมท 1.0 นอร์มอล 10 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แกว่งขวดรูปชมพู่ไปรอบ ๆ ประมาณ 1-2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยา 30 นาที เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมกรดฟอสฟอริก 10 มิลลิลิตร และเติมไดฟีนิลลามีน 2 มิลลิลิตร ไตเตรทสารผสมด้วยสารละลาย FAS จนกระทั่งสีของสารผสมเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว คำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนโดยใช้สูตร (5)

$$\text{เปอร์เซ็นอินทรีย์คาร์บอน (\%OC)} = 10 \times \frac{\text{B-S}}{\text{S}} \times 0.003 \times \frac{100}{\text{wt}} \times \frac{100}{77}$$

$$\text{เปอร์เซ็นอินทรียวัตถุ (\%OM)} = \text{\%OC} \times 1.724 \qquad (5)$$

เมื่อ B คือ ปริมาณเฉลี่ยของสารละลาย FAS ที่ใช้ในการไตเตรทชุดควบคุม

S คือ ปริมาณของสารละลาย FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

wt คือ น้ำหนักของดินตะกอน

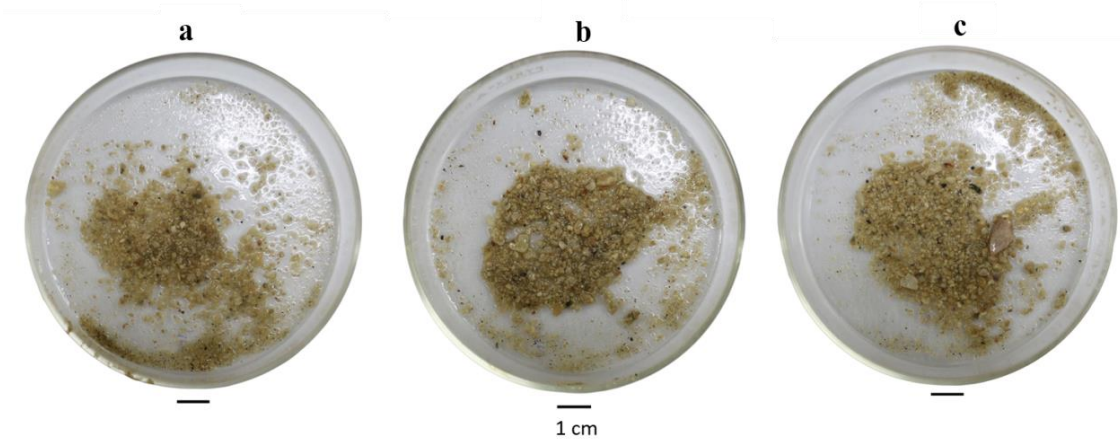
ภาพที่ 3-11 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง (ดัดแปลงจากวิธีของ Walkley and Black (1934)) (ภาพที่ 3-11)

นำตัวอย่างปลิงดำแข็งมาทำการผ่า เพื่อศึกษาในส่วนของทางเดินอาหาร วัดความยาวและชั่งน้ำหนักของลำตัวและทางเดินอาหาร สุ่มอาหารในทางเดินอาหารส่วนต้น กลาง และปลายเพื่อนำมาวิเคราะห์ นำตัวอย่างอาหารที่ถูกสุ่มมาทำให้แห้งโดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) และนำมากรองผ่านตะแกรงขนาด 500 ไมโครเมตร หลังจากนั้นนำมาทำการบดด้วยเครื่องบด นำตัวอย่างอาหารของปลิงดำแข็งที่ผ่านการบด 0.2-2.0 กรัม (ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุของแต่ละตัวอย่าง) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และทำการวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินตะกอนต่อไป

การศึกษาองค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหาร (stomach content) ของปลิงดำแข็ง (ภาพที่ 3-12)

ทำการสุ่มอาหารในทางเดินอาหารส่วนต้น กลางและปลายของของปลิงดำแข็งที่ทำการผ่าแล้วใส่ในขวดเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพในแอลกอฮอล์ 70% ทำการตรวจสอบและจำแนกชนิดของอาหารที่ปรากฏในทางเดินอาหารด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ คำนวณและแสดงผลในรูปร้อยละของจำนวนอาหารทั้งหมดในทางเดินอาหาร



ภาพที่ 3-12 การศึกษาองค์ประกอบภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (a) ทางเดินอาหารส่วนต้น (b) ทางเดินอาหารส่วนกลาง (c) ทางเดินอาหารส่วนปลาย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้ Pearson correlation coefficient วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรของปลิงดำแข็งและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สารแขวนลอยในน้ำและปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งเป็นต้น

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา และวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหารและในมูลของปลิงดำแข็ง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการสำรวจในภาคสนามไม่พบจำนวนปลิงดำแข็งในพื้นที่หาดเทียนเขตปะการังลาดชัน หาดเตยเขตปะการังพื้นราบและเขตปะการังลาดชัน เกาะปลาหมึกเขตปะการังลาดชันและเกาะจานเขตปะการังลาดชัน (ตารางที่ 4-1) จึงทำให้ไม่มีข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ จากนี้จะขอกล่าวเฉพาะการศึกษาปลิงดำแข็งในพื้นที่หาดเทียนบริเวณเขตปะการังพื้นราบเท่านั้น

ตารางที่ 4-1 จำนวนปลิงดำแข็งที่พบในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา		จำนวนปลิงดำแข็ง					
		ปี 2560					
		ม.ค.	มี.ค.	พ.ค.	ก.ค.	ก.ย.	พ.ย.
หาดเทียน เกาะแสมสาร	เขตปะการังพื้นราบ	35	55	135	99	39	144
	เขตปะการังลาดชัน	0	0	0	0	0	0
หาดเตย เกาะแสมสาร	เขตปะการังพื้นราบ	0	0	0	*	0	0
	เขตปะการังลาดชัน	0	0	0	*	0	0
เกาะปลาหมึก	เขตปะการังลาดชัน	0	0	0	0	0	0
เกาะจาน	เขตปะการังลาดชัน	0	0	0	0	0	0

*หมายเหตุ ไม่ได้ทำการศึกษาในเดือนกรกฎาคม เนื่องจากเกิดพายุคลื่นลมแรงทำให้ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่สำรวจได้

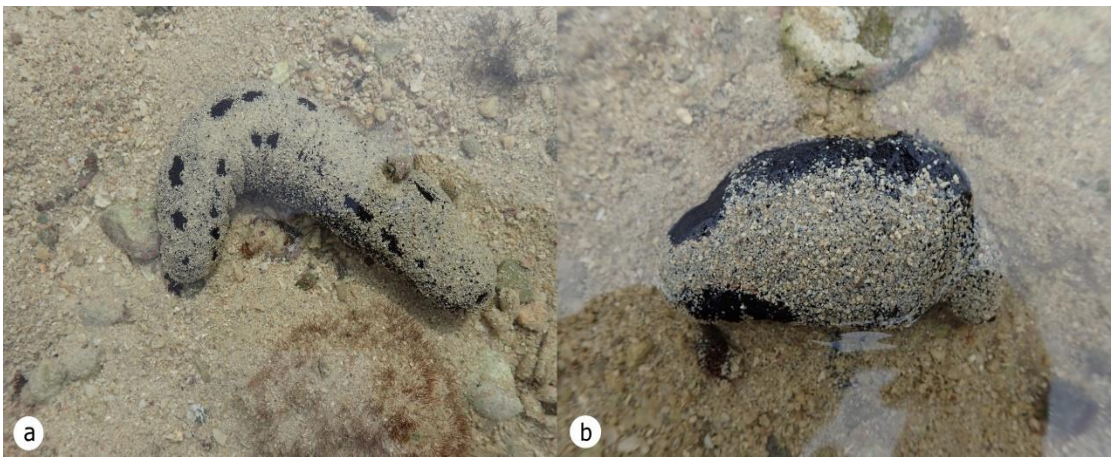
4.1 ประชากรปลิงดำแข็ง

จากการสำรวจประชากรปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน พบจำนวนปลิงดำแข็งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 85 ตัว มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 ตัว/ตารางเมตร โดยในเดือนพฤศจิกายนพบปลิงดำแข็งมากสุดเท่ากับ 144 ตัว รองลงมาคือเดือนพฤษภาคมพบ 135 ตัว เดือนมิถุนายนพบ 99 ตัว และพบน้อยสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 35 ตัว (ตารางที่ 4-2)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าประชากรปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาในภาคสนามพบปลิงดำแข็งมีขนาดลำตัวค่อนข้างเล็ก (น้อยกว่า 300 กรัม, เปรียบเทียบกับ Chao et al. (1993; 1994)) อาศัยอยู่เป็นจำนวนมากในแอ่งน้ำและบนพื้นที่ที่แห้งในช่วงที่น้ำลง ตามลำดับ ไม่พบลักษณะของการอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (ภาพที่ 4-1) อีกทั้งยังพบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปลิงดำแข็ง (ภาพที่ 4-2) ซึ่งพบว่าปลิงดำแข็งมีการแบ่งตัวตลอดทั้งปี โดยมีค่าเฉลี่ยของการแบ่งตัวเท่ากับ 52.4% การแบ่งตัวเกิดมากสุดในเดือนมีนาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 80% รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 62.5% เดือนพฤษภาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 53.3% และการแบ่งตัวเกิดขึ้นน้อยสุดในเดือนมิถุนายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.3% (ตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-3)

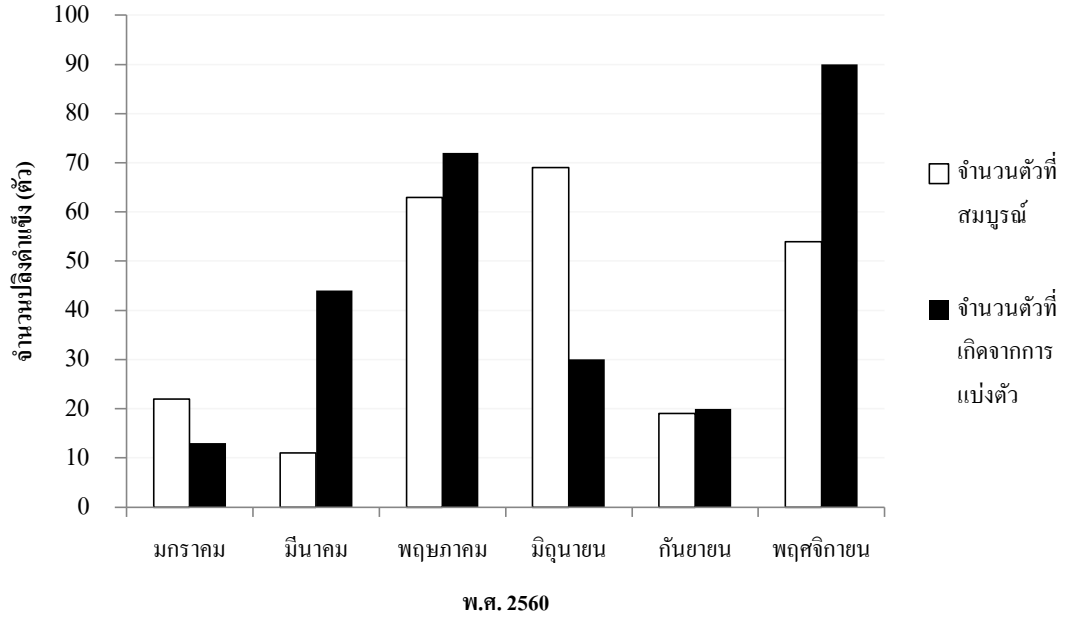
ภาพที่ 4-1 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* บริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-2 ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra*: (a) ปลิงดำแข็งที่สมบูรณ์ (normal individual) (b) ปลิงดำแข็งที่เกิดจากการแบ่งตัว (fissiparous individual) บริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 4-2 จำนวนปลิงดำแข็งบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี

เดือน ปี	จำนวนตัวทั้งหมด (ตัว)	จำนวนตัวที่สมบูรณ์ (ตัว)	จำนวนตัวที่เกิดจากการแบ่งตัว (ตัว)
มกราคม 2560	35	22 (62.9%)	13 (37.1%)
มีนาคม 2560	55	11 (20%)	44 (80%)
พฤษภาคม 2560	135	63 (46.7%)	72 (53.3%)
มิถุนายน 2560	99	69 (69.7%)	30 (30.3%)
กันยายน 2560	39	19 (48.7%)	20 (51.3%)
พฤศจิกายน 2560	144	54 (37.5%)	90 (62.5%)
ค่าเฉลี่ย	85	40 (47.6%)	45 (52.4%)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	48.4	25.2 (17.8%)	30.4 (17.8%)



ภาพที่ 4-3 การเปรียบเทียบจำนวนตัวของปลิงดำแข็งที่สมบูรณ์และปลิงดำแข็งที่เกิดจากการแบ่งตัว บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี

4.2 ประเภทของเนื้อดินในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง

จากการนำตัวอย่างดินตะกอนในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งมาทำการศึกษาประเภทของเนื้อดิน โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างดินตะกอนในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งส่วนใหญ่เป็นดินทราย รองลงมาคือดินเหนียวและดินร่วน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.13±1.18, 6.30±0.68 และ 1.57±0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4-3) และจากการนำค่าเปอร์เซ็นต์ของดินทราย ดินเหนียวและดินร่วนมาเทียบกับตารางสามเหลี่ยมแบ่งชนิดเนื้อดินมาตรฐานพบว่าเนื้อดินในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งมีลักษณะเป็นดินทราย

ตารางที่ 4-3 เนื้อดินบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง (เปอร์เซ็นต์) บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

เดือน ปี	ดินทราย (เปอร์เซ็นต์)	ดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์)	ดินร่วน (เปอร์เซ็นต์)
มกราคม 2560	92.1±0.56	5.7±0.58	2.1±0.57
มีนาคม 2560	93.4±0.01	5.8±0.22	0.8±0.21
พฤษภาคม 2560	90.5±0.57	6.9±0.00	2.7±0.58
มิถุนายน 2560	92.4±0.58	6.4±0.00	1.2±0.58
กันยายน 2560	91±0.02	7.4±0.02	1.6±0.00
พฤศจิกายน 2560	93.4±0.57	5.6±0.00	1.0±0.58
ค่าเฉลี่ย	92.13±1.22	6.30±0.70	1.57±0.80

4.3 องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง

จากการศึกษาองค์ประกอบอาหารจากทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียน โดยทำการนำตัวอย่างปลิงดำแข็งมาทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักลำตัว ทำการผ่าตัวอย่างปลิงดำแข็งเพื่อศึกษาในส่วนของทางเดินอาหาร วัดความยาวและชั่งน้ำหนักของทางเดินอาหาร เก็บตัวอย่างอาหารในทางเดินอาหารและนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ผลการศึกษาพบว่าปลิงดำแข็งมีความยาวลำตัวเฉลี่ยเท่ากับ 16.66±3.09 เซนติเมตร น้ำหนักลำตัวเฉลี่ยเท่ากับ 134.92±49.65 กรัม ความยาวทางเดินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 44.47±8.29 เซนติเมตร และน้ำหนักทางเดินอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 32.31±13.83 กรัม (ตารางที่ 4-4 และตารางที่ 4-5) ทางเดินอาหารมีลักษณะเป็นกระเปาะเล็ก ๆ เรียงต่อกัน ภายในบรรจุไว้อยู่เต็มทางเดินอาหาร (ภาพที่ 4-4) ทางเดินอาหารมีความยาวมากกว่าความยาวลำตัวประมาณ 2.68 เท่า องค์ประกอบภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งประกอบด้วยดินตะกอนพื้นทะเล (เช่น ทราย เศษซากปะการัง ซากของเปลือกหอย เป็นต้น) 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4-5) จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปลิงดำแข็งกินดินตะกอนพื้นทะเลเป็นอาหาร โดยมีการกินแบบต่อเนื่องตลอดเวลา

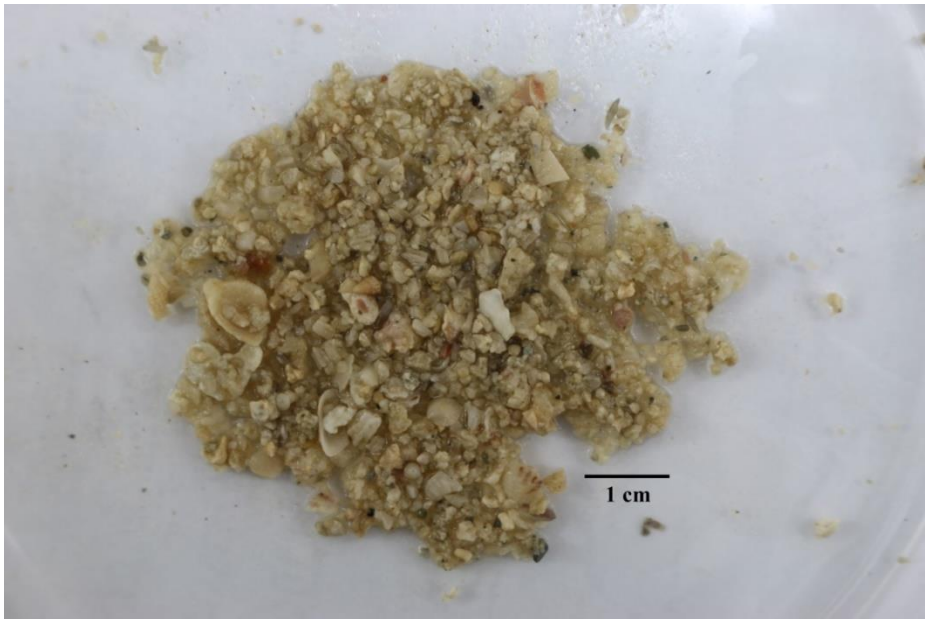
ตารางที่ 4-4 ความยาวและน้ำหนัก (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของลำตัวปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

เดือน ปี	ความยาวลำตัว (เซนติเมตร)	น้ำหนักลำตัว (กรัม)
มกราคม 2560	16.33±1.89	152.30±45.71
มีนาคม 2560	15.33±3.25	110.73±46.07
พฤษภาคม 2560	17.00±4.00	146.80±55.73
มิถุนายน 2560	13.97±1.70	83.03±15.92
กันยายน 2560	20.67±2.08	186.80±51.72
พฤศจิกายน 2560	16.67±2.36	129.87±32.43
ค่าเฉลี่ย	16.66±3.09	134.92±49.65

ตารางที่ 4-5 ความยาวและน้ำหนัก (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของทางเดินอาหารปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

เดือน ปี	ความยาวทางเดินอาหาร (เซนติเมตร)	น้ำหนักทางเดินอาหาร (กรัม)
มกราคม 2560	44.67±4.73	42.33±15.70
มีนาคม 2560	40.33±7.23	25.40±0.26
พฤษภาคม 2560	44.67±10.41	21.17±10.42
มิถุนายน 2560	37.00±2.65	21.83±8.59
กันยายน 2560	56.33±6.35	48.13±7.76
พฤศจิกายน 2560	41.83±3.88	34.40±13.45
ค่าเฉลี่ย	44.47±8.29	32.21±13.83

ภาพที่ 4-4 ทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-5 องค์ประกอบภายในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

4.4 การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง

จากการนำตัวอย่างดินตะกอนที่อยู่รอบตัวปลิงดำแข็ง ทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็ง (มีลักษณะเป็นแท่งทรายทรงกระบอกสั้น ๆ ที่ค่อนข้างแข็ง) ในบริเวณหาดเทียนมาทำการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ โดยใช้วิธีการของ Walkey and Black (1934) ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ในทางเดินอาหารและในมูลมีค่าเท่ากับ 0.78±0.11, 1.76±0.26 และ 0.85±0.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-6)

โดยปริมาณอินทรียวัตถุพบมากสุดในทางเดินอาหาร รองลงมาคือมูลและดินตะกอนที่อยู่รอบตัวปลิงดำแข็ง ตามลำดับ ปลิงดำแข็งมีปริมาณอินทรียวัตถุในทางเดินอาหารเป็น 2 เท่าของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในทางเดินอาหารมีค่าแตกต่างจากดินตะกอนที่อยู่รอบตัวและมูลของปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัวและมูลของปลิงดำแข็งพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4-7) จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปลิงดำแข็งมีการกินอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่อยู่รอบตัวมาเก็บสะสมภายในตัวเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและขบวนการเมตาบอลิซึม และหลังจากนั้นจะมีการขับถ่ายออกมาในรูปของมูซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุในมูลนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างจากดินที่อยู่รอบตัว นั้นอาจหมายความว่า ปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียนอาจช่วยในการหมุนเวียนอินทรียวัตถุในดินตะกอน ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับสัตว์หน้าดิน เช่น หอยขนาดเล็ก ปู ได้ใช้ประโยชน์ต่อไป

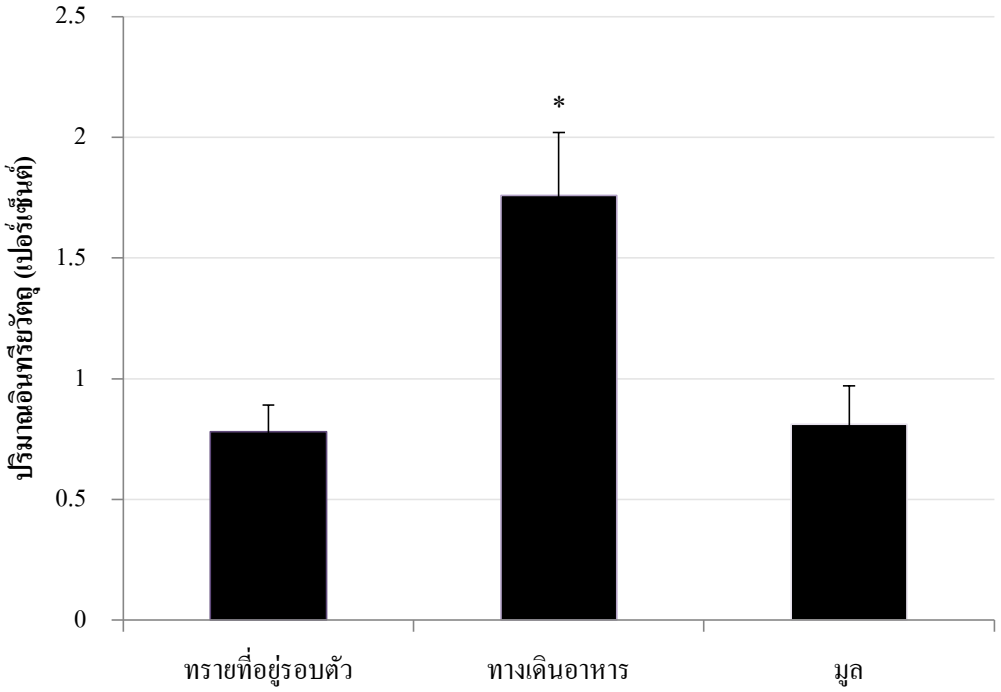
ตารางที่ 4-6 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหาร และมูล (ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

เดือน ปี	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)		
	ดินตะกอนที่อยู่รอบตัว	ทางเดินอาหาร	มูล
มกราคม 2560	0.73±0.04	1.44±0.26[a]	0.81±0.26
มีนาคม 2560	0.80±0.03	1.80±0.12[a]	0.88±0.05
พฤษภาคม 2560	0.65±0.05	1.60±0.07[a]	0.78±0.14
มิถุนายน 2560	0.89±0.11	1.79±0.27[a]	1.00±0.19
กันยายน 2560	0.75±0.15	1.85±0.11[a]	0.86±0.14
พฤศจิกายน 2560	0.84±0.14	2.08±0.16[a]	0.78±0.09
ค่าเฉลี่ย	0.78±0.11	1.76±0.26[a]	0.85±0.16

หมายเหตุ [a] มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ($p<0.05$)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
treatment	2	10.7395	5.36976	269.80	0.000
sea cucumber	17	1.0743	0.06319	3.18	0.002
Error	34	0.6767	0.01990		
Total	53	12.4905			



ภาพที่ 4-6 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ทางเดินอาหารและมูลของปลิงดำแข็ง บริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.5 สภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน

จากการศึกษาปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียน โดยทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายที่ในน้ำ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง สารแขวนลอยในน้ำและปริมาณอินทรียวัตถุในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง ผลการศึกษาพบว่า

คุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม (ตารางที่ 4-8)

อุณหภูมิ

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 26.5-32.2 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 28.75±2.36 องศาเซลเซียส โดยเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.2 องศาเซลเซียส และเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือเดือนมกราคมและพฤศจิกายน ที่มีค่าเท่ากับ 26.5 องศาเซลเซียส

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

จากการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าระหว่าง 6.93-8.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเท่ากับ 7.45±0.62 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเดือนที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสุดคือเดือนมิถุนายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนที่มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำสุดคือเดือนพฤศจิกายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.93 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเค็ม

จากการศึกษาพบว่าความเค็มมีค่าระหว่าง 31.9-32.2 ส่วนในพันส่วน ค่าเฉลี่ยของความเค็มมีค่าเท่ากับ 32.02±0.10 ส่วนในพันส่วน โดยเดือนที่มีความเค็มสูงสุดคือเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.2 ส่วนในพันส่วน และเดือนที่มีความเค็มต่ำสุดคือเดือนพฤษภาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.9 ส่วนในพันส่วน

ความเป็นกรด-ด่าง

จากการศึกษาพบว่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าระหว่าง 7.94-8.15 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างมีค่าเท่ากับ 8.11±0.08 โดยเดือนที่มีความเป็นกรด-ด่างสูงสุดคือเดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.15 และเดือนที่มีความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดคือเดือนพฤศจิกายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.94

สารแขวนลอยในน้ำ

จากการศึกษาพบว่าสารแขวนลอยในน้ำมีค่าระหว่าง 35.8±2.78 ถึง 56±11.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยของสารแขวนลอยในน้ำมีค่าเท่ากับ 44.96±10.24 มิลลิกรัมต่อลิตร

โดยเดือนที่มีสารแขวนลอยในน้ำสูงสุดคือเดือนพฤษภาคมซึ่งมีค่าเท่ากับ 56±11.26 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนที่มีสารแขวนลอยในน้ำต่ำสุดคือเดือนกันยายนซึ่งมีค่าเท่ากับ 35.8±2.78 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง

จากการศึกษาพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.75±0.04 ถึง 1.06±0.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งมีค่าเท่ากับ 0.86±0.19 เปอร์เซ็นต์ โดยในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.06±0.16 เปอร์เซ็นต์ และในเดือนมกราคมมีปริมาณอินทรียวัตถุบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งต่ำสุดเท่ากับ 0.75±0.04 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4-9)

ตารางที่ 4-8 คุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิ (C°)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	ความเค็ม (ppt)	ความเป็นกรด-ด่าง	สารแขวนลอยในน้ำ (mg/l)	ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอน (%)
มกราคม 2560	26.5	6.96	32	8.12	38.73±3.49	0.75±0.04
มีนาคม 2560	31	7.26	32	8.14	43.67±6.33	0.85±0.14
พฤษภาคม 2560	32.2	7.13	31.9	8.15	56±13.80	1.06±0.16
มิถุนายน 2560	28.3	8.45	32	8.15	45.93±12.17	0.74±0.28
กันยายน 2560	28	7.98	32	8.13	35.8±3.40	0.97±0.25
พฤศจิกายน 2560	26.5	6.93	32.2	7.94	49.6±9.30	0.79±0.11
ค่าเฉลี่ย	28.75±2.36	7.45±0.62	32.02±0.10	8.11±0.08	44.96±10.24	0.86±0.19

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งและช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ($p>0.05$)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
treatment	5	0.2428	0.04855	1.47	0.270
Error	12	0.3959	0.03299		
Total	17	0.6387			

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็ง (ตารางที่ 4-10)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าอุณภูมิและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าความเค็มและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าความเป็นกรด-ด่างและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างสารแขวนลอยในน้ำและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารแขวนลอยในน้ำและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าสารแขวนลอยในน้ำและประชากรปลิงดำแข็งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนและประชากรปลิงดำแข็ง

จากการวิเคราะห์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนและประชากรปลิงดำแข็งพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

	สารแขวนลอยในน้ำ	อุณหภูมิ	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	ความเค็ม	ความเป็นกรด-ด่าง	อินทรียวัตถุบริเวณที่อยู่อาศัย
อุณหภูมิ	0.522					
	0.288					
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	-0.287	-0.015				
	0.582	0.978				
ความเค็ม	-0.049	-0.685	-0.236			
	0.927	0.133	0.652			
ความเป็นกรด-ด่าง	-0.227	0.521	0.482	-0.922		
	0.665	0.289	0.333	0.009		
อินทรียวัตถุบริเวณที่อยู่อาศัย	0.307	0.684	-0.083	-0.535	0.275	
	0.553	0.134	0.875	0.274	0.597	
จำนวนปลิงดำแข็ง	0.909	0.198	-0.179	0.288	-0.515	0.158
	0.012	0.707	0.735	0.580	0.296	0.765

Cell Contents

Pearson correlation

P-Value

บทที่ 5
อภิปราย สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากการสำรวจปลิงดำแข็งในครั้งนี้ขัดแย้งกับรายงานของ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2552; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2555; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2556; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี, 2557; สุเมตต์ ปุจฉาการ และคณะ, 2557) ที่รายงานว่า ปลิงทะเลที่พบเสมอในบริเวณพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเลหมู่เกาะแสมสาร คือ ปลิงดำแข็ง *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกาะหรือพื้นที่ศึกษาต่างกัน และสาเหตุที่ไม่พบปลิงดำแข็งในพื้นที่ศึกษา อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ไม่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย ส่วนใหญ่แล้วปลิงดำแข็งอาศัยในพื้นทรายบริเวณแอ่งน้ำตื้น ๆ หรือในบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงที่มีคลื่นไม่รุนแรง ไม่มีริ้วรอยคลื่น (Missin & Doumen, 1986) ซึ่งบริเวณนี้ความลึกของน้ำค่อนข้างตื้นจึงทำให้สารอาหารตกลงมายังกินตะกอนบริเวณพื้นท้องน้ำได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณเขตปะการังลาดชันจึงทำให้บริเวณเขตปะการังพื้นราบเป็นพื้นที่ที่พบปลิงดำแข็งได้มากกว่าในบริเวณเขตปะการังลาดชัน และสาเหตุที่ไม่พบปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเตยเขตปะการังพื้นราบเลย อาจเนื่องมาจากพื้นที่นี้มีลักษณะเป็นหาดหิน อีกทั้งยังมีคลื่นลมแรงและได้รับอิทธิพลจากมรสุมซึ่งไม่เหมาะกับการอยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง

ประชากรปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียน เกาะแสมสาร

จากผลการศึกษาพบว่าประชากรปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยในเดือนพฤศจิกายนพบปลิงดำแข็งมากสุด (144 ตัว) รองลงมาคือเดือนพฤษภาคม (135 ตัว) เดือนมิถุนายน (99 ตัว) และพบน้อยสุดในเดือนมกราคม (35 ตัว) เนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ซึ่งเกิดจากการรบกวนของมนุษย์ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับความจุของแอ่งน้ำ ซึ่งบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนนี้น่าจะสามารถรองรับปลิงดำแข็งได้ประมาณ 100-200 ตัว/40 ตารางเมตร และถ้าเกินกว่าความสามารถในการรองรับของแอ่งน้ำแล้ว ปลิงดำแข็งจะอพยพออกไปในบริเวณเขตใต้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง (subtidal zone) การศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Massin and Doumen (1986) ที่พบว่า *H. atra* ในบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงของ Laing Island, Papua New Guinea มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงประชากรจากปี 1982-1985 ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงของบริเวณเขตประการังพื้นราบเป็นต้น

จากผลการศึกษาในภาคสนามที่พบว่าปลิงดำแข็งมีการแพร่กระจายเป็นจำนวนมากในแอ่งน้ำ และพื้นที่ที่แห้งในช่วงที่น้ำลง ตามลำดับ อีกทั้งยังไม่พบลักษณะของการอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตของ Bonham and Held (1963); Massin and Doumen (1986) ที่พบว่า *H. atra* พบอาศัยอยู่ในทั้งพื้นที่ที่แห้งในช่วงที่น้ำลงและในแอ่งน้ำ โดยจำนวน *H. atra* ในแอ่งน้ำพบมากกว่าพื้นที่ที่แห้งในช่วงที่น้ำลง อีกทั้งจากการศึกษานี้ไม่พบลักษณะของการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเช่นเดียวกัน

จากผลการศึกษาที่พบว่าปลิงดำแข็งมีขนาดลำตัวที่ค่อนข้างเล็ก (น้อยกว่า 300 กรัม) และพบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chao et al. (1993; 1994) ที่รายงานว่า *H. atra* ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ ซึ่งการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในบริเวณหาดทียนนี้น่าจะเกิดจากปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น อาหาร ฤดูกาล การรบกวนของมนุษย์ ความเครียดจากลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ebert, 1978 และ Chao et al. (1994) ที่รายงานว่าการแบ่งตัวของปลิงทะเลเป็นผลมาจากสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ Chao et al. (1993) และ Conand (1996) รายงานว่าความเครียดจากลักษณะของถิ่นอาศัยจะกระตุ้นให้เกิดการแบ่งตัว อีกทั้งปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนมีการแบ่งตัวตลอดทั้งปีซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chao et al. (1993); Dolmatov (2014) ที่กล่าวว่าการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ *H. atra* เกิดขึ้นตลอดทั้งปี การแบ่งตัวของปลิงดำแข็งที่บริเวณหาดเทียนคล้ายกับการแบ่งตัวของ *H. atra* ในเกาะไต้หวัน ที่พบว่าการแบ่งตัวเกิดขึ้นมากในฤดูร้อน (Chao et al., 1993) แต่แตกต่างจากการแบ่งตัวของประชากร *H. atra* ใน Great Barrier Reef, ประเทศออสเตรเลีย (Lee, Byrne, & Uthicke, 2008; Uthicke, 1997) ที่พบว่าการแบ่งตัวเกิดขึ้นมากในช่วงฤดูหนาว สาเหตุเกิดจากความแตกต่างของช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุดในตอนกลางวัน โดยซีกโลกเหนือเกิดในฤดูร้อน ส่วนซีกโลกใต้เกิดในฤดูหนาว ซึ่งความแตกต่างนี้ทำให้ *H. atra* ของทั้ง 2 ซีกโลกมีฤดูกาลของการแบ่งตัวที่แตกต่างกัน (Chao et al., 1993) และนอกจากนี้ยังพบว่าการแบ่งตัวของปลิงดำแข็งแตกต่างจากการแบ่งตัวของปลิงหินดำ *Stichopus chloronotus* ตรงที่การแบ่งตัวของปลิงหินดำเกิดมากสุดในช่วงฤดูหนาว (Uthicke, 1997; 2001)

ประเภทของเนื้อดินในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าเนื้อดินในบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียนมีลักษณะเป็นดินทราย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด และคณะ (2549); Massin and Doumen (1986); Bonham and Held (1963) ที่กล่าวว่า *H. atra* พบอาศัยอยู่ในบริเวณหาดทรายที่มีก้อนหินขนาดใหญ่

องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าอาหารในทางเดินอาหารของปลิงดำแข็งประกอบด้วยดินตะกอนพื้นทะเล (เช่น ทราย เศษซากปะการัง ซากของเปลือกหอย) 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานของปลิงดำแข็งคืออินทรียวัตถุที่เคลือบอยู่บนดินตะกอนที่ปลิงดำแข็งกินเข้าไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Birkeland (1988) ที่กล่าวว่าปลิงทะเลในอันดับ Aspidochirotida มีการกินอินทรียวัตถุในดินตะกอนเป็นอาหาร ซึ่งภายในดินตะกอนประกอบด้วยสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก เศษซากสิ่งไม่มีชีวิต ไดอะตอมและแบคทีเรีย เป็นต้น ปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียนมีการกินอาหารที่คล้ายกับ *Holothuria* (*Metriatyla*) *scabra* (Jaeger) ในประเทศอินเดียที่พบว่ามีการกินอาหารจำพวกทราย เศษซากปะการัง ซากของเปลือกหอยเหมือนกัน แต่ *H.* (*M.*) *scabra* ยังมีการกินโคลนและสาหร่ายเพิ่มเติมด้วย (Basker, 1994) ปลิงดำแข็งที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีอาหารอยู่เต็มทางเดินอาหาร แสดงให้เห็นว่าปลิงดำแข็งเป็นสัตว์ที่กินอาหารตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Massin and Doumen (1986) ที่รายงานว่า *H. atra* มีการกินอาหารตลอดเวลา และจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปลิงดำแข็งมีการช่วยให้บริการเชิงนิเวศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน

การให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าบทบาทของปลิงดำแข็งในบริเวณหาดเทียนอยู่ในรูปของการเป็นสัตว์ที่ช่วยหมุนเวียนอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับสัตว์หน้าดินได้ใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Rhoads (1973 อ้างใน Birkeland, 1988); Amon and Herndel, (1991a; 1991b อ้างใน Mezali & Soualili, 2013) ที่กล่าวว่าปลิงทะเลที่กินอินทรียวัตถุเป็นอาหารสามารถหมุนเวียนหรือเคลื่อนย้ายอินทรียวัตถุปริมาณมากในรูปของมูลซึ่งจะทำให้เกิดการดึงดูดของสัตว์หน้าดินทั้งที่กินอินทรียวัตถุเป็นอาหารและที่กินอาหารที่แขวนลอยในน้ำให้เข้ามาและใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป อีกทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ Birkeland (1988) ที่กล่าวว่าการหมุนเวียนอินทรียวัตถุระหว่างดินตะกอนบริเวณพื้นกับน้ำเป็นกลไลที่สำคัญในการหมุนเวียนสารอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับระบบนิเวศ

สภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียน

คุณภาพน้ำและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณหาดเทียนพบว่าอุณหภูมิน้ำทะเลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.75±2.15องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (33.77 องศาเซลเซียส) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.45±0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (4 มิลลิกรัมต่อลิตร) ความเค็มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.02±0.09 ส่วนในพันส่วน ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐาน (34.95 ส่วนในพันส่วน) ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11±0.07 ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (7.0-8.5) สารแขวนลอยในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.96±6.69 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (47.33 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ตารางที่ 5-1) ดังนั้นคุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดเทียนจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทที่ 1 คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) คุณภาพน้ำในบริเวณหาดเทียนดีกว่าบริเวณชายหาดบางแสน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่พบปลิงดำแข็ง อาจเนื่องมาจากลักษณะของชายหาดบางแสนที่น้ำทะเลค่อนข้างขุ่น ดินตะกอนมีสีดำ อีกทั้งยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวอีกด้วย และจากรายงานของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (2560) รายงานว่าคุณภาพน้ำบริเวณชายหาดบางแสน (บริเวณแหลมแท่น (โรงแรม เอส ทู บางแสน) วงเวียนหาดบางแสน สะพานท่าเทียบเรือหาดวอนนภา) มีค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ซึ่งค่าอุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณสารแขวนลอยในน้ำมีค่าสูงซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.42 มิลลิกรัมต่อลิตร จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปลิงดำแข็งอาจใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้คุณภาพน้ำทะเลเบื้องต้นได้ ปลิงดำแข็งจะอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำทะเลที่ค่อนข้างใสซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด และคณะ (2548) ที่รายงานว่าปลิงทะเลในอันดับ Apidochirotida ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่น้ำสะอาด ดังนั้นปลิงทะเลจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำทะเลได้

ตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยสิ่งแวดล้อมคุณภาพน้ำทะเลบริเวณหาดเทียน เกาะแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
อุณหภูมิ (°C)	28.75±2.15	ไม่มากกว่า 33.77
ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/l)	7.45±0.57	ไม่น้อยกว่า 4
ความเค็ม	32.02±0.09	ไม่มากกว่า 34.95
ความเป็นกรด-ด่าง	8.11±0.07	7.0-8.5
สารแขวนลอยในน้ำ	44.96±6.69	ไม่มากกว่า 47.33

จากผลการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86±0.19 % และตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากผลการศึกษาของ สุเมตต์ ปุจฉาการ (ติดต่อส่วนตัว) พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุบริเวณหาดเทียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการสำรวจปี 2559 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92% ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าบริเวณหาดเทียนน่าจะมีความเสถียรของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอน อีกทั้งบริเวณหาดเทียนยังเป็นพื้นที่เปิดโล่งไม่มีหญ้าทะเล มีสาหร่ายเห็ดหูหนู (*Padina australis*) น้อยมาก และพื้นที่นี้ไม่ได้รับอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดของอินทรียวัตถุจากแผ่นดิน ด้วยสาเหตุเหล่านี้จึงอาจทำให้ค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียนไม่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Mezali and Soualili (2013) ที่รายงานว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงทะเล *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa*, *H.* (*Roweothuria*) *poli, H.* (*H.*) *stellate*, *H.* (*Panningothuria*) *forskali* และ *H.* (*Platyperona*) *sanctori* ในบริเวณแอ่งน้ำแอลจีเรียมีค่าเท่ากับ 3.18-4.77% สาเหตุที่พบปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงทะเลสูงอาจเป็นเพราะว่าพื้นที่มีการปกคลุมด้วยสาหร่ายทะเลและหญ้าทะเลตลอดทั้งปี อีกทั้งพื้นที่นี้ยังได้รับของเสียจากชุมชนด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและประชากรปลิงดำแข็ง

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำทะเลในบริเวณผิวหน้าไม่มีความสัมพันธ์กับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลิงดำแข็งมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้เป็นอย่างดี และอุณหภูมิของแต่ละครั้งที่ทำการศึกษาพบว่ามีค่าไม่สูงมากและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด (2549) ที่รายงานว่า อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณเอคไคโนเดิร์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ Massin and Doumen (1986) ที่กล่าวว่าปลิงทะเล (โดยเฉพาะ *H. atra*) มีความทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงได้มากกกว่า 38 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่สูงนี้อาจไม่ใช่ปัจจัยในการจำกัดการกระจายของปลิงทะเล และสอดคล้องกับรายงาน Bonham and Held (1963) ที่รายงานว่า *H. atra* มีความทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงมากกว่า 39.4 องศาเซลเซียส ซึ่ง *H. atra* มีการปรับตัวโดยการเอาทรายมาปกคลุมลำตัวเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายให้ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก และค่าอุณหภูมิที่เกินกว่าระดับที่ *H. atra* รับได้นั้นยังไม่มีการกำหนด

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความลึกของน้ำนั้นค่อนข้างตื้น อีกทั้งยังมีคลื่นมากระทบกับชายฝั่งจึงทำให้ออกซิเจนจากอากาศแพร่ลงไปในน้ำได้ค่อนข้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด (2549) ที่รายงานว่าปริมาณเอคไคโนเดิร์มไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าความเค็มไม่มีความสัมพันธ์กับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความเค็มของแต่ละครั้งที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด (2549) ที่รายงานว่าปริมาณเอคไคโนเดิร์มไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความสัมพันธ์กับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความเป็นกรด-ด่างของแต่ละครั้งที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถทำให้เกิดความแตกต่างได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จริยา กันกำเนิด (2549) ที่รายงานว่าปริมาณเอคไคโนเดิร์มไม่มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างสารแขวนลอยในน้ำและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าสารแขวนลอยในน้ำมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าสารแขวนลอยในน้ำเกิดการตกตะกอนลงมาบริเวณพื้นผิวหน้าของแอ่งน้ำในช่วงที่น้ำลงต่ำ และตะกอนเหล่านั้นจะกลายไปเป็นอาหารของปลิงดำแข็งต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ (2548) ที่กล่าวว่าอินทรียวัตถุจะจมตัวลงผ่านมวลน้ำมาสะสมที่บริเวณพื้นท้องน้ำ อีกทั้งยังสอดคล้องกับรายงานของ ปราณี วัฒนาวรสกุล (2545) ที่รายงานว่า ปลิงทะเลที่กินอาหารที่เคลือบอยู่ที่พื้นทะเล คือ อินทรียวัตถุที่ผิวน้ำตกลงมาสะสมที่พื้นย่อมมีองค์ประกอบอาหารที่หลากหลาย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งและประชากรปลิงดำแข็ง

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กับประชากรปลิงดำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้

อาจเป็นเพราะว่ามีการเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากบริเวณผิวหน้าไปจนถึงความลึกประมาณ 3 เซนติเมตร จึงทำให้ค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนบริเวณที่อยู่อาศัยของปลิงดำแข็งที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-3 เซนติเมตรแทน แต่จากพฤติกรรมการกินอาหารของปลิงดำแข็งพบว่ามีการกินอาหารเฉพาะดินตะกอนบริเวณผิวหน้าเท่านั้น และนอกจากนี้พื้นที่บริเวณหาดเทียนน่าจะมีความเสถียรของปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนซึ่งดูได้จากการที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยในช่วงระยะเวลา 2 ปี (พ.ศ. 2559 และ 2560) จึงอาจทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในบริเวณที่อยู่อาศัยและประชากรปลิงดำแข็งไม่มีความสัมพันธ์กัน การศึกษานี้ขัดแย้งกับการศึกษาของ จริยา กันกำเนิด (2549) ที่รายงานว่าปริมาณอินทรียวัตถุรวมในดินตะกอนมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับปริมาณของ *H. atra* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังขัดแย้งกับรายงานของ Blrkeland (1988) ที่กล่าวว่าในบริเวณเขตปะการังพื้นราบที่ปลิงทะเลมีความหนาแน่นสูงจะพบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่สูงตามไปด้วย

5.2 สรุปผลการวิจัย

ปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนมีค่าเฉลี่ยของขนาดประชากรเท่ากับ 85 ตัวและมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 ตัวต่อตารางเมตร ปลิงดำแข็งมีการเปลี่ยนแปลงเชิงประชากรตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ ปลิงดำแข็งมีการแบ่งตัวตลอดทั้งปีซึ่งมีการแบ่งตัวมากที่สุดในเดือนมีนาคม (80%) และบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนนี้น่าจะสามารถรองรับปลิงดำแข็งได้ประมาณ 100-200 ตัว/40 ตารางเมตร ซึ่งถ้าเกินกว่าความสามารถในการรองรับของแอ่งน้ำแล้วปลิงดำแข็งจะอพยพออกไปในบริเวณเขตใต้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง

ปลิงดำแข็งอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นดินทราย กินอินทรียวัตถุในดินตะกอนพื้นทะเลเป็นอาหาร โดยมีการกินอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน และมีบทบาทการให้บริการเชิงนิเวศของการเป็นสัตว์ที่ช่วยหมุนเวียนอินทรียวัตถุในดินตะกอนซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับสัตว์หน้าดิน เช่น หอยขนาดเล็ก ปู ได้ใช้ประโยชน์ต่อไป

คุณภาพน้ำบริเวณหาดเทียนอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาต่อเนื่อง 2 ปีเพื่อให้ข้อมูลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงประชากรและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของปลิงดำแข็งในบริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงของหาดเทียนมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ควรทำการศึกษาการคัดเลือกขนาดของอนุภาคดินตะกอน เปรียบเทียบกับปริมาณอินทรียวัตถุเพื่อให้ข้อมูลส่วนพฤติกรรมการกินและการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียนชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ควรทำการศึกษารูปแบบ (form) ของอินทรียวัตถุในดินตะกอนที่อยู่รอบตัว ในทางเดินอาหาร และในมูลของปลิงดำแข็งเพื่อให้ข้อมูลส่วนการให้บริการเชิงนิเวศของปลิงดำแข็งบริเวณหาดเทียนชัดเจนมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *งานมหกรรมวิทย์ฯ จัดเสวนาคุยกัน..ฉันท์วิทย์ "ปลิง!! สัตว์มหัศจรรย์ใต้ท้องทะเล"*. วันที่ค้นข้อมูล 10 ตุลาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://oldweb.most.go.th/main/index.php/about-us/royal-monument-rama4/1923.html.

กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). *การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์โดยคำนึงถึงบริการของระบบนิเวศ*. วันที่ค้นข้อมูล 8 พฤศจิกายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.tnmcstudy.org/Joomla/index.php.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2548). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จตุพร เทียรมา. (2557). *เรียนรู้หลักคิดและประเด็นวิชาการ เรื่อง "บริการของระบบนิเวศ" (Ecosystem service)*. วันที่ค้นข้อมูล 8 พฤศจิกายน 2559, เข้าถึงได้จาก www.tei.or.th/…/2013-TBCSD-giz-valuable-ecosystem-businesse.

จริยา กันกำเนิด. (2549). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและการแพร่กระจายของสัตว์ในกลุ่มเอคไคโนเดิร์มในแนวปะการังและหญ้าทะเลของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยา กันกำเนิด, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และสุเมตต์ ปุจฉาการ. (2548). ความหลากหลายของชนิดปลิงทะเลและการแพร่กระจายบริเวณหาดทราย หาดหินและแหล่งหญ้าทะเล บริเวณเกาะลันตาใหญ่ จังหวัดกระบี่. ใน *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44* สาขาประมง (หน้า 349-356). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548). *ดินตะกอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัชพล ทรงสุนทรวงศ์. (2553). *มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. (2551). *สัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. (2555). *สัตววิทยา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27. (2549). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. (2550, 1 กุมภาพันธ์). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง.

ปราณี วัฒนาวรสกุล. (2545). *การตอบสนองทางสรีรวิทยาของปลิงทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มและองค์ประกอบของดินตะกอน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี วัฒนาวรสกุล, ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และเผดิมศักดิ์ จาระพันธุ์. (2546). *การศึกษาสรีรนิเวศวิทยาของปลิงทะเลเพื่อติดตามผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนชายฝั่งทะเล*. วันที่ค้นข้อมูล 10 ตุลาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.nicaonline.com/.

มนุวดี หังสพฤกษ์. (2532). *สมุทรศาสตร์เคมี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนุวดี หังสพฤกษ์, กัลยา วัฒยากร, วิไลวรรณ อุทุมพฤกษ์พร และพิชาญ สว่างวงศ์. (2546). *เคมีในทะเล สาระวิทยาศาสตร์ทางทะเล Eye on the Ocean: Bringing the Sea to the Classroom*. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://janburi.buu.ac.th/~tachanat/course/802201/unit2.pdf.

รัชกร ศิริจารุกุล กรอร วงษ์กำแหง และพลชาติ โชติการ. (2561). การศึกษาเบื้องต้นของการกระจายและความชุกชุมของ *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager, 1833 ที่แหลมพันวา จังหวัดภูเก็ต. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (หน้า 131-138). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา. *56*

เศรษฐพงษ์ ปุจฉาการ, สิรินทร เทพมังกร และสุเมตต์ ปุจฉาการ. (2558). สถานภาพการท่องเที่ยวทางทะเลของนักท่องเที่ยวบริเวณเกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี. ใน *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์* (หน้า 978-984). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. (2552). *สถานภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล บริเวณหาดนางรอง เกาะจระเข้และกลุ่มเกาะจวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี*. รายงานวิจัย, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2551, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. (2560). *รายงานคุณภาพน้ำ*. วันที่ค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2561, เข้าถึงได้จาก http://www.bims.buu.ac.th/Pagesรายงานคุณภาพน้ำ.aspx.

สโรชา หรุ่นศิริ. (2556). *ความหลากหลายทางชีวภาพกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*. วันที่ค้นข้อมูล 8 พฤศจิกายน 2559, เข้าถึงได้จาก www.thai-german-cooperation.info/.../20130910_cluster3.

สุภิญญา อนุกานนท์. (2547). *เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: พีทีเอ็น เพรส.

สุเทพ เจือละออง สุธิดา กาญจน์อติเรกลาภ และศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ. (2553). ประชาคมสัตว์พื้นทะเลขนาดใหญ่บริเวณอ่าวมะขามป้อม จังหวัดระยอง. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, *4*(2), 107-119.

สุเมตต์ ปุจฉาการ. (2534). *การศึกษาเอคไคโนเดิร์มบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก*. รายงานวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2534, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ. (2547). *การศึกษาความหลากหลายของชนิดสัตว์ทะเลในแนวปะการังในภาคตะวันออก (ชลบุรี)*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2540, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2540, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี. (2555). *ฟองน้ำและเอคไคโนเดิร์มในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (สนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพพระรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี 2554)*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2554, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2554, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี. (2556). *ฟองน้ำและเอคไคโนเดิร์มในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (สนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพพระรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี 2555)*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2555, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2555, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี. (2557). *ฟองน้ำและเอคไคโนเดิร์มในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (สนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพพระรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี 2556*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2556, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2556, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ และคมสัน หงภัทรศีรี. (2558). *ชุมชนฟองน้ำทะเล และเอคไคโนเดิร์มกับความแปรผันของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ปกปักพันธุกรรม พืชทางทะเล หมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี (สนองพระราชดำริสมเด็จพระเทพพระรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี)*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2557, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2557, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุเมตต์ ปุจฉาการ, สิรินธร เทพมังกร และเศรษฐพงษ์ ปุจฉาการ. (2557). *การพัฒนาทรัพยากรชีวภาพทางทะเลบริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2556, โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปี 2556, สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุวัจน์ ธัญรส. (2550). *วิทยาศาสตร์ทางทะเลเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สมชัย บุศราวิช และนลินี ทองแถม. (2543). การประมงและการค้าปลิงทะเลในประเทศไทย. *วารสารการประมง*, *53*(2), 161-167.

สมศักดิ์ ปัญหา. (2525). *สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกและภาคตะวันตกของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ. (2555). *การจัดทำทะเบียนรายการชนิดพันธุ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มเอคไคโนเดิร์ม (Echinodermata)*. วันที่ค้นข้อมูล 1 ตุลาคม 2559, เข้าถึงได้จาก chm-thai.onep.go.th/chm/biobrief/doc/Y4/BioBriefY4_21.pdf.

อารมณ์ มุจรินทร์. (2545). *ปลิงทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวาริชศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Amon M. W., & Herndel G. J. (1991a). Deposit feeding and sediment: I- Inter-relationship between *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea: Echinodermata) and the sediment microbial community. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology, 12*, 163–174.

Amon M. W., & Herndel G. J. (1991b). Deposit feeding and sediment: II- Decomposition of fecal pellets of *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea: Echinodermata). *P.S.Z.N.I. Marine Ecology, 12*, 175–184.

Basker, B. K. (1994). Some observations on the biology of the holothurian *holothurian* (*Metriatyla*) *scabra* (Jaeger). *Mar. Fish, Res. Inst*, *46*, 39-42.

Birkeland, C. (1988). Holothuroidea. In *The influence of echinoderms on coral-reef communities*, (pp. 54-57). Guam: UOG Station.

Bonham, K., & Held, E. E. (1963). Ecological Observations on the Sea Cucumbers *Holothuria atra* and *H. leucospilota* at Rongelap, Marshall Island. *PACIFIC SCIENCE*, *16*, 305-314.

Chao, S. M., Chen, C. P., & Alexander, P. S. (1993). Fission and its effect on population structure of *Holothuria atra* (Echinodermata:Holothuroidea) in Taiwan. *Marine Biology*, *116,* 109-115.

Chao, S. M., Chen, C. P., & Alexander, P. S. (1994). Reproduction and growth of *Holothuria atra* (Echinodermata:Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Marine Biology*, *119*, 565-570.

Clark, A. M., & Rowe, F. W. E. (1971). *Monograph of shallow-water Indo-West Pacific Echinodermata*. London: Trustees of the british museum (Natural history).

Conand, C. (1996). Asexual reproduction by fission in Holothuria atra: variabllity of some parameters in population from the tropical Indo-Pacific. *Oceanologica Acta, 19*, 209-216.

Costa, V., Mazzola, A., & Vizzini, S. (2014). *Holothuria tubolosa* Gmelin 1791 (Holothuridea, Echinodermata) enhances organic matter recycling in *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *461*, 226-232.

Dolmatov, I. Y. (2014). Asexua reproduction in holothurians. *The Scientific World Journal*, 1-13.

Ebert, T. A. (1978). Growth and size of the tropical sea cucumber *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jager at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pacific Science, 32*(2), 183-191.

Emiroglu, D. I., & Gunay, D. (2007). The Effect of Sea Cucumber *Holothuria tubolusa* (G., 1788) on Nutrient and Sediment of Aegean Sea Shores. *Pakistan Journal of Biological Science*, *10*(4), 586-589.

English, C., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources*. 2nd ed. Queensland: Australian Institute of Marine Science.

Fell, F. J. (1982). *Echinodermata*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Futterer, D. K. (2006). The Soil Phase of Marien Sediments. In S. D. Horst, & Z. Matthias (Eds.), *Marian Geochemistry* (pp. 1-28). Bremen: Spinger.

Hanafy, M. H. (2011). A study on the effect of the sea cucumber *Actinopyga mauritiana* (Echonodermata: Holothuroidea) on the sediment characteristics at El-Gemsha Bay, Red sea coast, Egypt. *International of Environmental Science and Engineering (IJSESE)*, *2*, 35-44.

Kobayashi, N., Tamato S., Harino, H., & Kitano, M. (2008). A bioassay using sea urchin egg development to identify organotin pollution in sea water. *Coastal Marian Science*, *32*(1)*, 77-81*.

Lee, J., Byrne, M., & Uthicke, S. (2008). The influence of population density on fission and growth of *Holothuria atra* in natural mesocosms. *Jornal of Experimental Marine Biology and Ecology, 365,* 126-135.

Marine Research Findings of the VECTORS Project. (2017). *ECOSYSTEM SERVICES*. Retrieved July 2, 2017, from http://www.marine-vectors.eu/Landing_pages/Ecosystem_services.

Massin, C., & Doumen, C. (1986). Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). *Marine ecology-progress series*, *31*, 185-195.

Mezali, K., & Soualili, D. L. (2013). The ability of holothurians to select sediment particles and organic matter. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 33,* 38-43.

Pechenik, J. A. (2015). *Biology of the Invertebrates*. New York: McGraw-Hill Education.

Purcell, S. W., Samyn, Y., & Conand, C. (2012). *Commercially important sea cucumbers of the world*. FAO Species Catalogue Purposes No. 6, FAO, Rome.

Rhoads, D. C. (1973). The influence of deposit feeding benthos on water turbidity and nutrient recycling. *American Journal of Science*, *273*, 1-22.

Sloan, N. A. (1984). Echinoderm fisheries of the world: A review. In K. F. Brendan, & D. Brendan (Eds.), *Proceeding of the fifth international echinoderm conference*. (pp. 109-123). Rotterdam: A. A. Balkema.

The Online Magazine for Sustainable Seas. (2003). *The Philippines'Forgotten Resource Seagrass And its Managemen*t. Retrieved January 5, 2018, from http://oneocean.org/overseas/200302/seagrass_and_its_management.html.

Uthicke, S. (1997). Seasonality of asexual reproduction in *Holothuria* (*Halodeima*) *atra*, *H*. (*H.*) *edulis* and *Stichopus chloronotus* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Great Barrier Reef. *Marine Biology, 129*, 435-441.

Uthicke, S. (2001). The process of asexual reproduction by transverse fission in *Stichopus chloronotus* (greenfish). *SPC Beche-de mer information Bulletin, 14,* 23-25.

Vanloon, G. W., & Duffy, S. J. (2005). Organic Matter in Water. *Environmental Chemistry*, *2*, 254-272.

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*, 29-37.