



ลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาบางประการของเม่นทะเลชนิด

Temnopleurus toreumaticus ในอ่าวปัตตานี

Some Ecological and Biological Aspects of Sea Urchin

Temnopleurus toreumaticus in Pattani Bay

สอไฟยูดีน มะแอ

Sofiyudin Maae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for Degree of

Master of Science in Fishery Science and Technology

Prince of Songkla University

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาบางประการของเม่นทะเลชนิด

Temnopleurus toreumaticus ในอ่าวปัตตานี

Some Ecological and Biological Aspects of Sea Urchin

Temnopleurus toreumaticus in Pattani Bay

สอฝิยุดิน มะแเอ

Sofiyudin Mae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for Degree of

Master of Science in Fishery Science and Technology

Prince of Songkla University

2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาบางประการของเม่นทะเลชนิด
Temnopleurus toreumaticus ในอ่าวปัตตานี

ผู้เขียน นายสอพิยุติน มะแอ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ดร.จิตติมา สุวรรณมาลา)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ จันทร์ตัน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ดร.จิตติมา สุวรรณมาลา)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุกกรี หะยีสาแม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุกกรี หะยีสาแม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยชนาวีสุทธิ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีประมง

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งแสง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(3)

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

.....

(ดร.จิตติมา สุวรรณมาลา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(นายสอพิชญ์ดิโน มะแอ)
นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

.....

(นายสอพิยุติน มะแอ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	ลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาบางประการของเม่นทะเลชนิด <i>Temnopleurus toreumaticus</i> ในอ่าวปัตตานี
ผู้เขียน	นายสอพิยุติน มะแอ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมง
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการแพร่กระจายของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล (*Temnopleurus toreumaticus*) ความสัมพันธ์กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและสัตว์หน้าดินชนิดอื่น ชีววิทยาการสืบพันธุ์ ผลของขนาดของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลและเดือนต่อการกินอาหาร ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลและสัตว์หน้าดินชนิดอื่นบริเวณสถานีต่าง ๆ จำนวน 8 สถานีครอบคลุมอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563 โดยใช้วิธีลากคราด นำตัวอย่างที่ได้แช่ในน้ำเย็นจัดทันทีแล้วนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป วัดค่าคุณสมบัติบางประการของน้ำและเก็บตัวอย่างตะกอนดินจากสถานีต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลมีค่าความชุกชุมเฉลี่ย 22 ตัว/1,000 ตารางเมตร จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม พบว่าความชุกชุมของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความเค็ม ความลึก ความโปร่งใส ความเป็นกรด-ด่างของดินและอนุภาคทราย ความชุกชุมของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลสัมพันธ์กับกลุ่ม polychaete สกุล *Nephtys* 2 *Glycera* 2 และ *Perinereis* กลุ่ม mollusc สกุล *Clithon*, *Barbatia* และ crustaceans กลุ่ม amphipod และสกุล *Lepidophthalmus* ผลจากการศึกษาการกินอาหาร พบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกินอาหาร 7 กลุ่ม คือ polychaete (29.15%) mollusc (24.69%) crustaceans (22.25%) sand (10.62%) sponge (4.88%) fish (4.83%) และ plant (3.58%) ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนชนิดของอาหารเฉลี่ย ค่าดัชนีการเติมกระเพาะอาหารเฉลี่ย ค่าดัชนีกระเพาะอาหารว่าง และค่าความกว้างของอาหาร เท่ากับ 2.88 ± 1.38 , 4.56 ± 2.40 , 16.13 และ 0.43 ตามลำดับ สัดส่วนเพศของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 0.9:1.0 ($P > 0.05$) ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของ

เม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ 33.17 มิลลิเมตร และเพศเมีย 37.08 มิลลิเมตร จากการทดสอบทางสถิติพบว่าขนาดของเม่นแต่งตัวน้ำตาลและเดือนที่เก็บตัวอย่างมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารในกระเพาะอาหารอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) ในขณะที่ขนาดของเม่นแต่งตัวน้ำตาลไม่มีผลต่อค่าการเต็มกระเพาะของอาหาร ($P > 0.05$) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้นับว่าเป็นการรายงานครั้งแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับเม่นทะเลชนิดนี้และจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับประยุกต์ใช้เพื่อการเพาะเลี้ยงและอนุรักษ์เม่นแต่งตัวน้ำตาลในอนาคต

Thesis Title	Some Ecological and Biological Aspects of Sea Urchin <i>Temnopleurus toreumaticus</i> in Pattani Bay
Author	Mr. Sofiyudin Maae
Major Program	Fishery Science and Technology
Academic Year	2021

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the distribution pattern of brown decorate sea urchin (*Temnopleurus toreumaticus*), relationship of the sea urchin with environmental factors and other benthic fauna, reproductive biology, impact of the size and month factors on its feeding habit. Samples were collected by towing metal dredging net at 8 selected stations covering all area of Pattani, Pattani province during November 2018 to July 2020. Some water parameter was measured together with dredging and bottom sediment was collected at all study sites. The samples were immediately preserved in the ice box and brought back to laboratory for further analysis. It was found that the density of sea urchin in Pattani bay were 22 individuals/1,000 m². Water salinity, water depth, transparency, pH of soil and sand had a positive impact to the abundance of the sea urchin. Abundance of benthic species including *Nephtys 2*, *Glycera 2*, *Perinereis*, *Clithon*, *Barbatia* and *Lepidophthalmus* showed a positive relationship with abundance of the sea urchin. It was found that polychaete was the major food component of the sea urchin (29.15%), followed by mollusc (24.69%) crustaceans (22.25%) sand (10.62%) sponge (4.88%) fish (4.83%) and plant (3.58%). The average number of food items, fullness index, vacuity index and diet breadth were 2.88±1.38, 4.56±2.40, 16.13 and 0.43, respectively. There was no significant difference on sex ratio between male and female 0.9:1.0 (P>0.05). Moreover, it was found that the size at first maturity of male and female were 33.17 millimeter and 37.08 millimeter, respectively. Result from ANOVA indicated that size of sea urchin and month of collection significantly affected

the average number of food item ($P < 0.001$). However, the size did not affect fullness index ($P > 0.05$). This study is considered the first effort investigated some ecological and biological aspects of this species in the world. Information gathered from this study will thus be helpful for the management of sea urchin resources and their application for future sea urchin culture.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ที่คอยแนะนำและให้คำปรึกษา ทั้งที่เอ่ยนามและไม่ได้เอ่ยนาม ล้วนมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร.จิตติมา สุวรรณมาลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุกฤษี หะยีสานเม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา คำชี้แนะ ช่วยเหลือ สนับสนุนในทุก ๆ ด้านเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ ทั้งการเก็บตัวอย่างภาคสนาม การศึกษาตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ การค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยต่าง ๆ ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูล และการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ จันทรัตน์ ประธานกรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิลนาจ ชัยชนาวินุทธิ์ กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยนิเวศวิทยา ความหลากหลาย และความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลกลุ่มเอคไคโนเดิร์มในอ่าวปัตตานี ภายใต้โครงการวิจัยการใช้ฐานทรัพยากรชีวภาพของอ่าวปัตตานี คู่การใช้ประโยชน์ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อย่างมีประสิทธิภาพ ยั่งยืนและมั่นคง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มอบโอกาสให้เป็นผู้ช่วยวิจัยในโครงการ ขอขอบคุณคุณกวีณัฏฐ์ คำธรรมนิยม การศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอขอบคุณคุณพ่อ นายอัปดุลเกาะห์ มะแอ คุณแม่ นางมารีเยาะห์ มะแอ ครอบครัว และนางสาวจุฑาภาณี หมวดเดหา ที่คอยให้คำแนะนำ คำชี้แนะ และเป็นกำลังใจดี ๆ เสมอมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากร และเพื่อน ๆ แผนกเทคโนโลยีการประมงทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำ การช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมืออุปกรณ์ ตลอดจนสถานที่ศึกษาวิจัย และขอบคุณชาวประมงบ้านแหลมนกที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณตนเองที่มีความทุ่มเททั้งแรงกายแรงใจ มีความอดทนต่อสิ่งต่าง ๆ และมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จในที่สุด

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการภาพประกอบ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทนำเรื่อง	1
วัตถุประสงค์	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
การจัดลำดับอนุกรมวิธาน	4
นิเวศวิทยาของเม่นทะเล	5
ลักษณะทางชีววิทยาบางประการของเม่นทะเล	7
การสืบพันธุ์	8
สัดส่วนเพศ	9
ปริมาณความคกไข่	10
เนื้อเยื่อวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์	11
ระยะการพัฒนาตัวอ่อน	16
การกินอาหาร	20
คุณค่าทางโภชนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เม่นทะเล	20
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	22
บริเวณที่ทำการศึกษา	22
วิธีการเก็บตัวอย่างและการดำเนินการกับตัวอย่าง	26
การวิเคราะห์ข้อมูล	27
การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแรกเริ่มสืบพันธุ์	31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	32
คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา	32
อนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษา	34
ความชุกชุมของเม่นแตงตัวน้ำตลบริเวณพื้นที่ศึกษา	35
ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษา	35
การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก principal components analysis (PCA) ระหว่าง เม่นแตงตัวน้ำตลกับคุณภาพน้ำและอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษา	42
การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก principal components analysis (PCA) ระหว่าง เม่นแตงตัวน้ำตลกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษา	43
ลักษณะทางชีววิทยาบางประการของเม่นแตงตัวน้ำตล	44
สัดส่วนเพศของเม่นแตงตัวน้ำตล	49
ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ (size at first maturity; diameter)	49
ดัชนีทางอาหารของเม่นแตงตัวน้ำตล	51
ความสัมพันธ์ทางอาหารของเม่นแตงตัวน้ำตล ตามขนาด	54
ระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตล	55
บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา	59
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	67
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้เขียน	97

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	เวลาในการพัฒนาตัวอ่อน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม่นทะเลชนิด <i>S. sphaeroides</i>	19
2	คุณค่าทางโภชนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เม่นทะเลชนิด <i>D. setosum</i>	21
3	ค่าคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	33
4	ค่าอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	34
5	ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส bivalvia (หอยสองฝา) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	38
6	ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส gastropoda (หอยฝาเดียว) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	39
7	ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส polycheta (ไส้เดือนทะเล) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	40
8	ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส malacostraca (กุ้ง ปู) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	41
9	ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส thecostraca (เพรียง) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	41
10	สัดส่วนเพศของเม่นแดงตัวน้ำตลที่พบในอ่าวปัตตานี	49
11	ค่าเฉลี่ยของ fullness index ในกระเพาะอาหารของเม่นแดงตัวน้ำตล <i>T. toreumaticus</i> ที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนเมษายน 2563 – เดือนกรกฎาคม 2563 (average of food items และ fullness index ; Mean±SD)	53

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	ค่าการซ้อนทับของอาหาร (diet overlap) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล <i>T. torquatus</i> ที่มีขนาดแตกต่างกันที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนเมษายน 2563 – เดือนกรกฎาคม 2563	54
13	ความสัมพันธ์ของเม่นทะเลกับสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก	60
14	สัดส่วนเพศของเม่นทะเล	61
15	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเล	63
16	องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นทะเล	64
17	ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารของเม่นทะเล	66

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	मेंแต่่งตัวน้ำตาล <i>T. toreumaticus</i>	5
2	บริเวณที่พบการแพร่กระจายของमेंแต่่งตัวน้ำตาล	6
3	ลักษณะความแตกต่างระหว่าง papillae ของमेंทะเลชนิด <i>Tripneustes gratilla</i> เพศผู้ (male) และเพศเมีย (female) ก่อน (บน) และหลัง (ล่าง) วยเจริญพันธุ์ (sexual maturity)	9
4	ปริมาณความดกไข่เฉลี่ย (mean fecundity; $\times 10^5$) และน้ำหนักเฉลี่ย (mean weight; g) ของमेंทะเล 2 ชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ <i>Echinometra</i> sp. (A) และ <i>Echinometra</i> sp. (C)	11
5	ระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์मेंทะเลเพศผู้และमेंทะเลเพศเมีย	15
6	ระยะการพัฒนาตัวอ่อนของमेंทะเลชนิด <i>S. sphaeroides</i> (ระยะแบ่งเซลล์)	17
7	ระยะการพัฒนาตัวอ่อนของमेंทะเลชนิด <i>S. sphaeroides</i> (ระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง)	18
8	สถานีเก็บตัวอย่างในอ่าวปัตตานี	22
9	ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของการวิจัย	25
10	ความชุกชุมของमेंแต่่งตัวน้ำตาล <i>T. toreumaticus</i> เฉลี่ย (ตัว/ 1,000 ตารางเมตร) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	37
11	ความสัมพันธ์ระหว่างमेंแต่่งตัวน้ำตาลกับคุณภาพน้ำและอนุภาคดินจากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA)	42
12	ความสัมพันธ์ระหว่างमेंแต่่งตัวน้ำตาลกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กจากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA)	43

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
13	ลักษณะของแผ่นหินปูนบริเวณที่ไม่มีเท้าต่อ (interambulacrum) และบริเวณที่มีรูให้เท้าต่อยื่นออกมา (ambulacrum)	44
14	ลักษณะด้านปาก (oral) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	45
15	ลักษณะด้านตรงข้ามปาก (aboral) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	45
16	ลักษณะฟัน (Aristotle's lantern) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	46
17	ลักษณะอวัยวะขับถ่าย (anus) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	46
18	ลักษณะแผ่นเซลล์สืบพันธุ์ (genital plate) ช่องปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (gonopore) และแผ่นการหมุนเวียนของน้ำ (madreporite) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	47
19	ลักษณะหนาม (spine) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	47
20	ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล	48
21	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (test diameter) กับสัดส่วนของการเจริญพันธุ์ตาม logistic equation ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ (male) ที่พบในอ่าวปัตตานี	50
22	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (test diameter) กับสัดส่วนของการเจริญพันธุ์ตาม logistic equation ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศเมีย (female) ที่พบในอ่าวปัตตานี	50
23	ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ระยะต่างๆ ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล <i>T. toreumaticus</i> เพศผู้ ที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	57
24	ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ระยะต่างๆ ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล <i>T. toreumaticus</i> เพศเมีย ที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563	58

ตัวย่อและสัญลักษณ์

FL = ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหาร (Fullness index)

VI = ค่าดัชนีกระเพาะอาหารว่าง (Vacuity index)

Bi = ค่าความกว้างของอาหาร (Diet Breadth)

Mean = ค่าเฉลี่ย

SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำเรื่อง

เม่นทะเล (sea urchin) เป็นสัตว์น้ำกลุ่มเอคโตโคโรนเดิร์มที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมีการนำมาใช้บริโภคอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะไข่ของเม่นทะเล Roe หรือ Uni ในภาษาญี่ปุ่น (Kaneniwa and Takagi, 1986) สำหรับประเทศในแถบเอเชีย เมดิเตอร์เรเนียน และซีกโลกตะวันตก เช่น บาร์เบโดส และชิลี ไข่เม่นทะเลนับว่าเป็นอาหารที่มีราคาแพง เนื่องจากมีรสชาติอร่อยและหาบริโภคยาก (Lawrence *et al.*, 1997) ในบางประเทศของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกพบว่ามีการนำไข่เม่นทะเลมาใช้ในการรักษาโรคและเพิ่มสมรรถภาพทางเพศ (Yur'eva *et al.*, 2003) นอกจากนี้ไข่ของเม่นทะเลยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids; PUFAs) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) (Dincer and Cakli, 2007) มีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ polyhydroxylated, naphthoquinone และ echinochrome A (Lebedev *et al.*, 2001) เปลือกของเม่นทะเลมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ polyhydroxylated, naphthoquinone และ spinochromes (Anderson *et al.*, 1969) และหนามของเม่นทะเลมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่ม echinochrome A, polyhydroxylated และ naphthoquinone (Pena-Cabrera *et al.*, 2002) เป็นต้น เม่นทะเลสามารถกินอาหารได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) กินซากพืชซากสัตว์ (scavenger) และกินอินทรีย์สารที่ย่อยสลาย (detritus feeder) ด้วยการดูดสาหร่ายหรือหญ้าทะเลที่พบแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณพื้นทะเล (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2553) โดยใช้ฟันที่มีลักษณะพิเศษ ที่เรียกว่า Aristotle's lantern ใช้บดเคี้ยวอาหาร มีรายงานว่าเม่นทะเลชนิด *Salmacis sphaeroides* กินอาหารจำพวก ไบรโอซัว สาหร่ายทะเลและเศษซากอินทรีย์สาร (Miskelly, 2002) นอกจากนี้ Nam and Jae (2012) ศึกษาชนิดของสาหร่ายที่พบในแหล่งที่อยู่อาศัยของเม่นทะเลสองชนิด คือ *Anthocidaris crassispina* และ *Hemicentrotus pulcherrimus* บริเวณหาดหินทรายของ ประเทศเกาหลีใต้ โดยพบสาหร่ายทะเลในแหล่งอาศัยของเม่นทะเลจำนวน 35 ชนิด พบสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *A. crassispina* จำนวน 17 ชนิด พบสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *H. pulcherrimus* จำนวน 13 ชนิด ในประเทศไทยมีการศึกษานิวเคลียสและชีววิทยาของเม่นทะเลน้อยมาก โดยมีเพียงงานวิจัยของ สุเมตต์ (2561) ที่รายงานว่าในน่านน้ำไทย พบเม่นทะเลทั้งหมด 7 อันดับ 19 วงศ์ 40 สกุล 53 ชนิด

แพร่กระจายเฉพาะบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน 26 ชนิด เฉพาะฝั่งทะเลอ่าวไทย 13 ชนิด และแพร่กระจายทั้งอันดามัน และอ่าวไทย 29 ชนิด โดยแทบจะไม่พบข้อมูลอื่นเกี่ยวกับเม่นทะเลเลย

อ่าวปัตตานี ตั้งอยู่ในจังหวัดปัตตานี ครอบคลุมเขตการปกครอง 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองปัตตานี และอำเภอยะหริ่ง อ่าวปัตตานีเป็นอ่าวน้ำตื้น มีความลึกเฉลี่ย 1.2 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมด 74 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นพื้นที่ในอ่าว 54 ตารางกิโลเมตร โดยมีความยาว 18.5 กิโลเมตร (พื้นที่ตอนในหรือก้นอ่าวไปจนถึงปลายแหลมตาชี) ส่วนที่กว้างที่สุด 1.6 กิโลเมตร (บ้านบูดี) ส่วนที่แคบที่สุด 70 เมตร (บ้านตะโล๊ะสะมิแล) และพื้นที่ปากอ่าว 20 ตารางกิโลเมตร อ่าวปัตตานีมีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านชีวภาพสูงมาก โดยพบสัตว์หน้าดินไม่ต่ำกว่า 159 ชนิด สาหร่ายทะเล 8 ชนิด และหญ้าทะเล 4 ชนิด กระจายภายในอ่าว และยังเป็นพื้นที่สำคัญที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำสายหลัก 2 สาย คือ แม่น้ำยะหริ่งที่ไหลลงมาสู่อ่าวปัตตานีบริเวณก้นอ่าวและแม่น้ำปัตตานีที่ไหลลงบริเวณปากอ่าวปัตตานี (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557) สภาพภายในอ่าวมีลักษณะเป็นกับดักตะกอนและธาตุอาหารต่าง ๆ อีกทั้งเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำที่สำคัญ มีทรัพยากรอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศชายฝั่ง เช่น หญ้าทะเล สาหร่ายทะเล นกน้ำ หาดโคลน หาดทราย ป่าชายหาด ป่าสนทราย เป็นต้น (ครองชัย, 2546 อ้างโดย สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2557) และยังเป็นพื้นที่ ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของผู้คนรอบอ่าว ซึ่งเป็นแหล่งอาชีพและสร้างรายได้กลับสู่ครอบครัว เนื่องจากผู้คนที่อยู่รอบ ๆ อ่าวปัตตานี มีการประกอบอาชีพทำการประมงเป็นหลัก

เม่นแต่งตัวน้ำตาล หรือ *Temnopleurus toreumaticus* เป็นเม่นทะเลขนาดเล็กที่พบแพร่กระจายทั่วโลกตั้งแต่ชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่น เกาหลี เรื่อยมาจนถึงฝั่งทะเลทางตอนใต้ของเอเชีย อินโด-แปซิฟิก และบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของออสเตรเลีย และมาเลเซีย (Hyman, 1955) ในประเทศไทยพบทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย รวมทั้งเป็นเม่นทะเลที่สามารถพบได้ในอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี อย่างไรก็ตามข้อมูลทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาพื้นฐานของเม่นทะเลชนิดนี้ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษาในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก

ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจาย ความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมและลักษณะทางชีววิทยาบางประการจะช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางวิชาการที่สำคัญของเม่นทะเลชนิดนี้ของโลกและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับอ้างอิงในการศึกษาทางด้านเม่นทะเลและการจัดการทรัพยากรหรือการเพาะเลี้ยงเม่นแต่งตัวน้ำตาลของประเทศในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1. เพื่อประเมินการแพร่กระจายของเม่นเต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี
- 1.2.2. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของเม่นเต่งตัวน้ำตาลกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและสัตว์หน้าดินชนิดอื่นในอ่าวปัตตานี
- 1.2.3. เพื่อศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของเม่นเต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี
- 1.2.4. เพื่อศึกษาการกินอาหารของเม่นเต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 การจัดลำดับอนุกรมวิธาน

เม่นแต่งตัวน้ำตาล หรือ *Temnopleurus toreumaticus* (ภาพที่ 1) มีชื่อสามัญว่า brown decorated sea urchin เป็นเม่นทะเลขนาดเล็ก มีการจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน ดังนี้

Kingdom	:	Animalia
Phylum	:	Echinodermata
Subphylum	:	Echinozoa
Class	:	Echinoidea
Subclass	:	Euechinoidea
Infraclass	:	Carinacea
Superorder	:	Echinacea
Order	:	Camarodonta
Infraorder	:	Temnopleuridea
Family	:	Temnopleuridae
Genus	:	<i>Temnopleurus</i> (L. Agassiz, 1841)
Species	:	<i>Temnopleurus toreumaticus</i> (Leske, 1778)



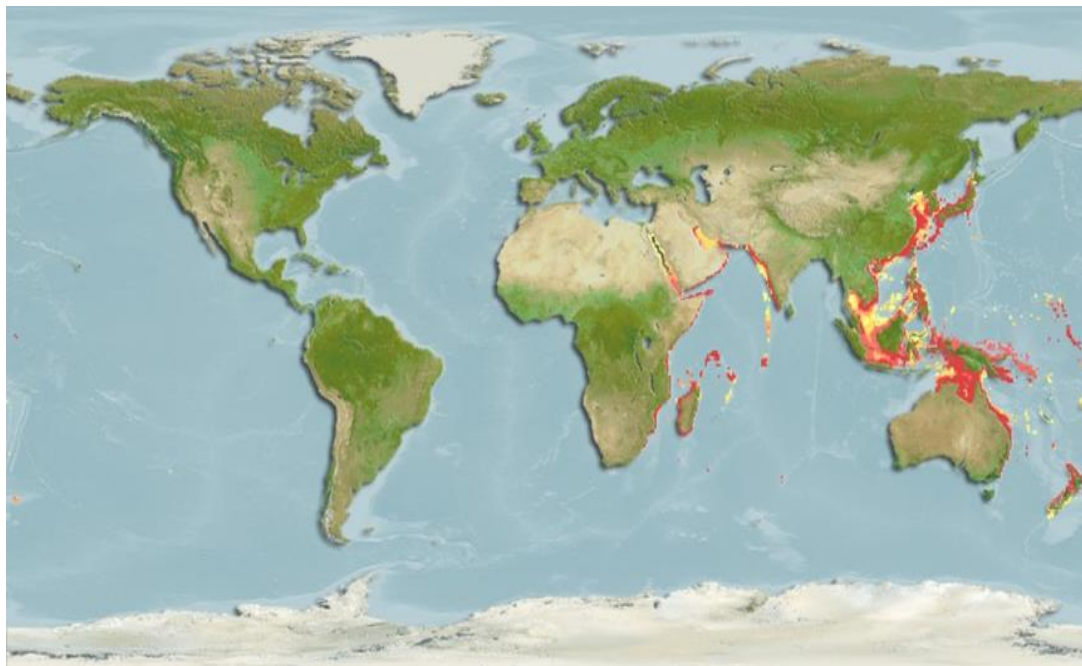
ภาพที่ 1 เม่นแต่งตัวน้ำตาล *T. toreumaticus*

2.2 นิเวศวิทยาของเม่นทะเล

2.2.1 การแพร่กระจาย

เม่นแต่งตัวน้ำตาล เป็นหนึ่งในชนิดของเม่นทะเลขนาดเล็กพบแพร่กระจายทั่วโลก ตั้งแต่ชายฝั่งของประเทศญี่ปุ่น เกาหลี เรื่อยมาจนถึงฝั่งทะเลทางตอนใต้ของเอเชีย อินโด-แปซิฟิก และบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของออสเตรเลีย และมาเลเซีย (Hyman, 1955; Global biodiversity information facility, 2021) และยังพบแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งประเทศอินเดีย ปากีสถาน อิหร่าน ซาอุดีอาระเบีย โอมาน เชนเมน อียิปต์ แทนซาเนีย โมซัมบิก อีกทั้งพบแพร่กระจายบางส่วนทางทิศตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้ คือ ประเทศเอกวาดอร์ (Global biodiversity information facility, 2021) (ภาพที่ 2)

สำหรับในน่านน้ำของประเทศไทยพบแพร่กระจายบริเวณฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้แก่ ท่าเทียบเรือประมงอ่างศิลา หาดหินแหลมแท่น บางแสน จังหวัดชลบุรี โดยพบอยู่ตามพื้นทะเลที่เป็นโคลน หรือ โคลนปนทราย และพบตัวเต็มวัยบริเวณหาดหิน (สุเมตต์, 2534; 2561) อาศัยอยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0-82 เมตร (Lane *et al.*, 2000) ทั้งนี้แหล่งอาศัยสำคัญที่พบการแพร่กระจายของเม่นทะเลชนิดต่าง ๆ คือ แนวปะการังและหญ้าทะเล โดยอาจพบเม่นทะเลบางชนิดที่อาศัยในบริเวณแหล่งอาศัยอื่น ๆ ด้วย



ภาพที่ 2 บริเวณที่พบการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาล

ที่มา: Sealifebase (2021)

2.2.1.1 แหล่งอาศัยแนวปะการัง

แนวปะการัง เป็นอีกระบบนิเวศหนึ่งที่พบการแพร่กระจายของสัตว์น้ำน้อยใหญ่ มากมายหลากหลายชนิด ตั้งแต่สัตว์น้ำวัยอ่อนไปจนถึงตัวเต็มวัย ที่มาอาศัยอยู่รวมกันจนเกิดความหลากหลายทางชีวภาพขึ้น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนหมุนเวียนกระบวนการต่าง ๆ ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นระบบนิเวศที่มีความสวยงามตามธรรมชาติ เนื่องจากมีปะการังนานาชนิดที่มีสีสันสวยงาม และมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งลักษณะที่เป็นกิ่งก้าน เป็นพุ่ม เป็นแผ่น เป็นก้อน และแบบเคลือบผิวของปะการัง ทำให้เกิดเป็นช่องว่างระหว่างปะการังที่สิ่งมีชีวิตสามารถเข้ามาอาศัย (Kohn, 1971) และหลบภัย (Russo, 1987)

ทิพามาศ และวีระชาติ (2551) รายงานว่า พบความชุกชุมของเม่นทะเลบริเวณแนวปะการังด้านตะวันตกของแหลมพันวา และเกาะบริวารด้านใต้ของเกาะภูเก็ต ได้แก่ เกาะโหลน เกาะแคว เกาะเส และเกาะบอน มีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ เม่นดำหนามสั้น (*Echinothrix diadema*) และเม่นดำหนามยาว (*Diadema setosum*)

2.2.1.2 แหล่งอาศัยเขตหญ้าทะเล

หญ้าทะเล เป็นพืชดอกชั้นสูงที่มีวิวัฒนาการมาจากพืชบกเมื่อประมาณ 100 ล้านปีที่แล้วและสามารถพบการแพร่กระจายบริเวณเขตนํ้าตื้น (shallow water) และบริเวณที่เป็นนํ้ากร่อย (brackish water) ได้ทั่วโลก หลายคนมักจะเข้าใจผิดคิดว่าหญ้าทะเล (seagrasses) เหมือนกับสาหร่าย (seaweeds) ซึ่งความจริงแล้วหญ้าทะเลมีลักษณะที่แตกต่างจากสาหร่าย ออกไปอย่างเห็นได้ชัด คือหญ้าทะเลเป็นพืชดอกชั้นสูงที่อาศัยอยู่ในนํ้า มีราก (Roots) ที่ใช้ในการยึดเกาะ และดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตในขณะที่สาหร่ายมี Holdfast ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เพื่อการยึดเกาะกับวัตถุ ในปัจจุบันพบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลทั่วโลกประมาณ 72 ชนิด (Duffy and Knowlton, 2018)

สุเมตต์ และคณะ (2541) รายงานว่า จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในเบื้องต้นของสัตว์นํ้ากลุ่มเอคโคไคโนเดิร์ม บริเวณสถานีวิจัยทรัพยากรชายฝั่ง จังหวัดระนอง จากแหล่งอาศัยต่าง ๆ คือ แหล่งหญ้าทะเล หาดทราย หาดเหนือชุมชนปะการัง และชุมชนปะการังพบเอคโคไคโนเดิร์มทั้งหมด 33 ชนิด ในจำนวนนี้ พบ เม่นหัวใจ 1 ชนิด คือ *Moira stygia*

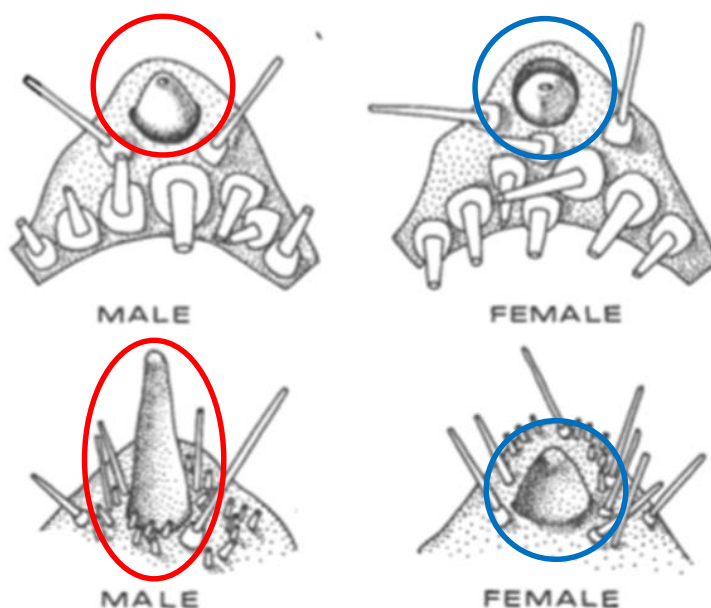
2.3 ลักษณะทางชีววิทยาบางประการของเม่นทะเล

เม่นทะเล เป็นสัตว์นํ้าที่อยู่ในคลาสเดียวกันกับหริษญทะเล และเม่นหัวใจ มีรูปร่างเป็นทรงกลม ไม่มีแขน ร่างกายเป็นแบบสมมาตรในแนวรัศมี ลำตัวปกคลุมด้วยหนามที่สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ อวัยวะภายในถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกที่มีองค์ประกอบของหินปูนมีลักษณะเป็นแผ่นยึดติดกันแล้วเรียงตัวในแนวตั้งจำนวน 10 คู่ เรียงสลับกัน แผ่นหินปูนที่เรียงตัวกันแบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณที่ไม่มีเท้าท่อ (interambulacrum) และบริเวณที่มีรูให้เท้าท่อยื่นออกมา (ambulacrum) มีร่องบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นที่มีเท้าท่อ และแผ่นที่ไม่มีเท้าท่อ แผ่นที่ไม่มีเท้าท่อของส่วนกว้างที่สุดของเปลือก (ambitus) มีปุ่มรองรับหนามอันใหญ่ apical system เป็นแบบ dicyclic เม่นทะเลมีด้านปาก (oral) อยู่ด้านล่างของลำตัว มีฟันที่เรียกว่า Aristotle's lantern เป็นอวัยวะที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร ก่อนลำเลียงเข้าสู่ระบบย่อยอาหาร ส่วนด้านตรงข้ามปาก (aboral) อยู่ด้านบนบริเวณจุดกึ่งกลางของลำตัวเป็นตำแหน่งที่ตั้งของทวารหนัก ซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย ประกอบด้วยแผ่นหินปูนจำนวนมาก และไม่มีหนามปกคลุมช่องเปิดทวารหนัก (anus) ที่อยู่ตรงกลาง หนามมีลักษณะเป็นลายเห็นได้ชัด บริเวณใกล้ปากเป็นลายสีนํ้าตาลสลับจาง หนามบริเวณด้านตรงข้ามปากค่อนข้างสั้น และจะยาวขึ้นเมื่อใกล้ปาก

ระบบที่เกิดจากการเชื่อมติดกันระหว่างแผ่นเปลือกกับหินปูน เรียกว่า apical system เป็นระบบที่เรียงตัวกันในแนวรัศมี ประกอบไปด้วยแผ่นเซลล์สืบพันธุ์ (genital plate) แผ่นการหมุนเวียนของน้ำ (madreporite) และแผ่นที่เชื่อมระบบแผ่นหินปูนของเปลือก (ocular plate) โดยทั่วไปแล้ว apical system ของเม่นทะเล จะล้อมรอบทวารหนัก (periproct) (สุเมตต์, 2534; 2561) เม่นทะเลมีพฤติกรรมการกินอาหาร โดยการดูดสาหร่าย หรือหญ้าทะเล ที่พบแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณพื้นทะเล (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2553) ในเม่นทะเล *Salmacis sphaeroides* มีการกินอาหารจำพวก bryozoans, seaweeds, และ detritus (Miskelly, 2002) นอกจากนี้ ยังพบสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเล *A. crassispina* และ *H. pulcherrimus* (Nam and Jae, 2012)

2.4 การสืบพันธุ์

เม่นทะเลเป็นสัตว์น้ำที่มีเพศแยก (dioecious) โดยที่เม่นทะเลเพศผู้และเม่นทะเลเพศเมีย มีร่างกายแยกออกจากกันอย่างเป็นอิสระ ในฤดูวางไข่เม่นทะเลจะมีการปล่อยเซลล์อสุจิ (sperms) ในเพศผู้ และเซลล์ไข่ (eggs) ในเพศเมีย ซึ่งการปฏิสนธิจะเกิดขึ้นภายนอกร่างกาย (external fertilization) เม่นทะเลทั้งเพศผู้และเพศเมียมีลักษณะภายนอกที่ใกล้เคียงกัน แม้ว่าในเม่นทะเลเพศเมียจะมีลักษณะของช่องเปิดขนาดใหญ่ที่อยู่ด้านตรงข้ามปากก่อนที่จะมีการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ โดยปกติแล้วการระบุเพศของเม่นทะเลจากลักษณะภายนอกเป็นไปได้ยากมาก นอกจากการนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือจนกว่าเม่นทะเลจะมีการปล่อยเซลล์อสุจิ หรือเซลล์ไข่ออกมา และนอกจากนี้ Tahara *et al.* (1958) มีการบรรยายถึงลักษณะของ papillae ของเม่นทะเล *Tripneustes gratilla* ว่า papilla ของเม่นทะเลเพศผู้มีความยาวไม่แตกต่างจาก papilla ของเม่นทะเลเพศเมีย จนกระทั่งถึงวัยเจริญพันธุ์ (sexual maturity) (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามจากการค้นคว้าเอกสารไม่พบว่ามีการศึกษาทางด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์ของเม่นต่างตัวน้ำตาจากทุกภูมิภาคของโลกมาก่อน



ภาพที่ 3 ลักษณะความแตกต่างระหว่าง papillae ของเม่นทะเลชนิด *Tripneustes gratilla* เพศผู้ (male) และเพศเมีย (female) ก่อน (บน) และหลัง (ล่าง) วัยเจริญพันธุ์ (sexual maturity)

ที่มา: คัดแปลงจาก Tahara *et al.* (1958)

2.5 สัดส่วนเพศ

สัดส่วนเพศ (sex ratio) ระหว่างเพศผู้และเพศเมียของเม่นทะเลนั้นมีความสำคัญต่อการศึกษานิเวศวิทยา และความสมดุลของชนิดในเชิงพันธุศาสตร์ มีการศึกษาเม่นทะเลจำนวนหนึ่งเพื่อระบุถึงสัดส่วนเพศและความน่าจะเป็นของจำนวนประชากรเม่นทะเลในแหล่งที่พบ (McPherson, 1965; Gonor, 1973; Lamare and Stewart, 1998; Brewin *et al.*, 2000; Levitan, 2002; Coppard and Campbell, 2005; Gianguzza *et al.*, 2008). การศึกษาจำเป็นที่จะต้องศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือศึกษาโดยใช้ลักษณะของเนื้อเยื่อเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งจากการศึกษาสัดส่วนเพศของเม่นทะเลชนิด *Temnopleurus toreumaticus* พบว่า จากจำนวนตัวอย่าง 2,093 ตัว มีสัดส่วนเพศผู้:เพศเมีย 1.02:1.00 (Ikeda, 1931) เม่นทะเลชนิด *Arbacia punctulata* พบว่าจากจำนวนตัวอย่าง 2,358 ตัว มีสัดส่วนเพศผู้:เพศเมีย 1.00:1.03 (Shapiro, 1935) เม่นทะเล *Arbacia lixula* พบว่าจากจำนวนตัวอย่าง 2,374 ตัว มีสัดส่วนเพศผู้:เพศเมีย 1.02:1.00 (Neefs, 1953)

2.6 ปริมาณความดกไข่

ความดกไข่ (fecundity) คือ จำนวนของไข่แก่หรือไข่ที่กำลังสุก (ripening egg) ที่อยู่ในรังไข่ของเม่นทะเลตัวเต็มวัยก่อนที่เม่นทะเลจะมีการวางไข่ (Rahman *et al.*, 2002) การศึกษาปริมาณความดกไข่เป็นรูปแบบต่างๆ (ธนัญญา, 2543) ดังนี้

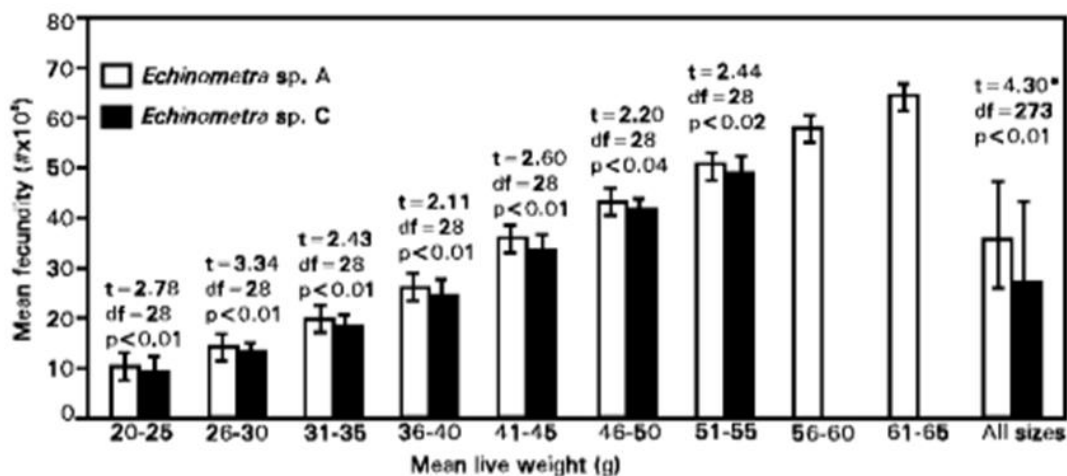
2.6.1 Absolute fecundity คือ การศึกษาปริมาณความดกไข่ทั่วไป ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำเม่นทะเลมาทำการศึกษาโดยตรง

2.6.2 Relative fecundity คือ การศึกษาปริมาณความดกไข่สัมพันธ์เป็นการศึกษาจำนวนไข่ต่อน้ำหนักตัว แต่ทั้งสองกรณีจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักของรังไข่ คือ ถ้ารวมน้ำหนักรังไข่เข้ากับน้ำหนักตัวจะทำให้ความสัมพันธ์เปลี่ยนไป แต่ถ้าไม่รวมน้ำหนักรังไข่จะทำให้เกิดความยุ่งยากเกี่ยวกับความสมบูรณ์ของเม่นทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ความสมบูรณ์ของเม่นทะเลมีความแปรผันสูง ไม่ว่าจะเป็นความแปรผันระหว่างฤดูกาล ความแปรผันในรอบปี หรือความแปรผันของพื้นที่

2.6.3 Population fecundity คือ ปริมาณความดกไข่ที่เป็นผลรวมของ Absolute fecundity ของจำนวนประชากรเม่นทะเล ต่อฤดูกาล หรือต่อช่วงเวลาของการวางไข่

2.6.4 Age specific fecundity คือ การศึกษาความดกไข่แยกตามกลุ่มอายุ (age group) ของเม่นทะเลเพศเมีย ในกรณีที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างปริมาณความดกไข่ของเม่นทะเลในแต่ละกลุ่มอายุ

Rahman *et al.* (2002) รายงานว่า ปริมาณความดกไข่ของเม่นทะเลสองชนิดที่ขนาดต่างกัน คือ *Echinometra* sp. (Ea) น้ำหนักสูงสุด 64.95 กรัม และ *Echinometra* sp. (Ec) น้ำหนักสูงสุด 54.75 กรัม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังนี้ $35.61 \times 10^5 \pm 18.51 \times 10^5$ ฟอง ปริมาณความดกไข่อยู่ในช่วง $8.75 \times 10^5 - 64.31 \times 10^5$ ฟอง และ $26.64 \times 10^5 \pm 13.82 \times 10^5$ ฟอง ปริมาณความดกไข่อยู่ในช่วง $7.75 \times 10^5 - 48.31 \times 10^5$ ฟอง ตามลำดับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณความตกไข่เฉลี่ย (mean fecundity; $\times 10^5$) และน้ำหนักเฉลี่ย (mean weight; g) ของเม่นทะเล 2 ชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน คือ *Echinometra* sp. (A) และ *Echinometra* sp. (C) ที่มา: Rahman *et al.* (2002)

2.7 เนื้อเยื่อวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์

เนื้อเยื่อวิทยา (histology) ของอวัยวะสืบพันธุ์เป็นการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ในระยะต่าง ๆ ของเม่นทะเลเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ของเม่นทะเลเพศผู้และเพศเมีย (ภาพที่ 5) โดยใช้วิธีการตัดเนื้อเยื่อเฉพาะส่วนของอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) มาทำการศึกษา

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของเม่นทะเล (Fuji, 1960)

ระยะที่ 1 developing virgin and recovering spent

การระบุเพศของเม่นทะเลสามารถทำได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเฉพาะของระยะพัฒนาและระยะฟื้นตัวของอวัยวะสืบพันธุ์ค่อนข้างคล้ายกัน โดยมีความแตกต่างตรงที่กลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวกันมีลักษณะคล้ายถุง (follicle) มีจำนวนเพิ่มขึ้นหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ในทางกลับกัน หากสังเกตด้วยตาเปล่าจะพบว่าอวัยวะสืบพันธุ์ระยะพัฒนานั้นมีสีที่ซีดซึ่งแตกต่างจากอวัยวะสืบพันธุ์ระยะฟื้นตัวที่มีสีน้ำตาลแดงและมีขนาดเล็กกว่า

เพศผู้

ลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ระยะที่ 1 คือ มีอสุจิจำนวนมากและเซลล์อสุจิอยู่ตามผนัง follicle อสุจิสามารถแยกแยะได้ง่ายจากสเปิร์มมาโตโกเนียม (spermatogonium) เนื่องจากอันแรก

มีขนาดเล็กกว่าและเชื่อมด้วยฮีมาทอกซิลิน (hematoxylin) ใช้น้อยกว่าแบบหลัง อสุจิในระยะนี้มีกิจกรรมการสร้างที่ไม่ดี ผนังของ follicle ตัวผู้ก็เหมือนกับผนังของเพศเมีย อยู่ในสภาพตีบตันและมีรอยร้าวจำนวนมาก

เพศเมีย

ในระยะนี้ส่วนของรังไข่มองเห็นได้ชัดเจน มีโอโอโกเนีย (oogonia) จำนวนมากและโอโอไซต์ (oocyte) ที่ยังเจริญไม่เต็มที่จำนวนหนึ่งติดอยู่ที่ผนังด้านในของฟอลลิคูลาร์ (follicular) โอโอโกเนียม (oogonium) มีรูปร่างคล้ายแกนหมุนไม่มากก็น้อย ไซโทพลาสซึมเป็นชั้นบาง ๆ ที่สม่ำเสมอล้อมรอบนิวเคลียสไว้ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจน โอโอไซต์มีลักษณะเป็นทรงกลมไม่สม่ำเสมอ โดยมีนิวเคลียสขนาดใหญ่ถูกล้อมรอบด้วยเบสโซฟิลิกไซโทพลาสซึม (basophilic cytoplasm) บาง ๆ แม้ว่าจะมีลักษณะที่เรียบและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในโอโอโกเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของโอโอไซต์ประมาณ 15 ไมโครเมตร แต่ขนาดที่เล็กสุดมีขนาดเพียง 5 ไมโครเมตร นิวเคลียสมีรูปร่างเป็นทรงกลมที่มีเยื่อบาง ๆ กันไว้

ระยะที่ 2 developing virgin and recovering spent

ในระยะนี้อวัยวะสืบพันธุ์มีสีน้ำตาลแดงสม่ำเสมอ ไม่มีความแตกต่างระหว่าง testis และ ovary

เพศผู้

อสุจิแสดงการสร้างที่แข็งแรง การก่อตัวของสเปิร์มโตโกเนียและเซลล์อสุจิ จะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตามแนวเส้นรอบวงของ follicle เป็นผลให้ขอบของ follicle เพศผู้ในส่วนนั้นเต็มไปด้วยเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่มีตัวอสุจิ

เพศเมีย

โอโอโกเนียขนาดเล็กยังคงสามารถเห็นได้ตามขอบของ lobules แม้ว่าจะมีจำนวนน้อยกว่าในระยะที่แล้วก็ตาม ในแถบด้านข้าง มีการจัดระเบียบของเซลล์โอโอไซต์ synaptic หลายเซลล์ที่เชื่อมโยงกันตามด้านในของ lobules มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40-60 μm ถุงน้ำเชื้อ (germinal vesicle) ที่เป็นทรงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-30 μm พบได้ในบริเวณกึ่งกลางของโอโอไซต์ โดยโอโอไซต์ที่เจริญแล้วจะมีการขยายเข้าด้านใน follicle โดยยึดติดกับผนัง แม้จะจำกัดอยู่แค่ส่วนน้อยก็ตาม ซึ่งรังไข่จะมีการเติบโตควบคู่ไปกับการพัฒนาของโอโอไซต์

ระยะที่ 3 pre-mature

ในระยะนี้อวัยวะสืบพันธุ์ทั้งเพศผู้และเพศเมียจะมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับอวัยวะสืบพันธุ์ในระยะ growing และสามารถแยกเพศได้ด้วยสีของอวัยวะสืบพันธุ์ โดยอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย มีสีน้ำตาลอมเหลืองในเม่นทะเล *Strongylocentrotus nudus* และสีน้ำตาลแดง

ในเม่นทะเล *Strongylocentrotus intermedius* ในขณะที่อวัยวะเพศผู้มีสีขาวอมเหลืองหรือขาวครีม ทั้งสองชนิด

เพศผู้

ในระยะนี้แสดงการสร้างอสุจิที่แข็งแรงเช่นเดียวกับระยะก่อนหน้านั้น สเปิร์มมาโทไซต์และสเปิร์มมาทิดเพิ่มขึ้นอย่างมาก และสเปิร์มโตซัวบางส่วนจะเคลื่อนเข้าสู่กึ่งกลางจากขอบ follicle หากสังเกตอย่างละเอียดขึ้นจะเห็นว่า follicle ที่เจริญของเพศผู้มีอสุจินาเล็กเป็นหย่อม ๆ เกิดขึ้นที่กึ่งกลางของ follicle แม้ว่าพื้นที่จะมีอยู่อย่างจำกัดก็ตาม ในระยะที่ pre-mature มักมีอสุจิเป็นหย่อมๆ

เพศเมีย

อวัยวะสืบพันธุ์ระยะที่ 3 มีลักษณะเฉพาะด้วยการสร้างไข่ที่แข็งแรงและมีขนาดของโอโอไซต์ที่เจริญเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โอโอไซต์ขนาดใหญ่จำนวนมากมีรูปร่างเป็นวงรีและยื่นออกมาตรงกลาง follicle อย่างชัดเจนโดยมีขนาดประมาณ 80-140 ไมโครเมตร x 40-80 ไมโครเมตร ผนังน้ำเชื้อขนาดใหญ่จะเคลื่อนเข้าหาขั้วของโอโอไซต์กลายเป็นทรงกลมและเรียบเมื่อเวลาผ่านไปรังไข่ (ovarian egg) จะแตกออกจากผนัง follicles และกลายเป็นรูปร่างทรงกลมหรือทรงรี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็น 80-100 ไมโครเมตร มีผนังน้ำเชื้อขนาดใหญ่ประมาณ 40 ไมโครเมตร follicle ของรังไข่ในระยะนี้มีโอโอไซต์ที่มีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 10-70 ไมโครเมตร และมีไข่สุกอยู่ตรงกลาง follicle อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปโอโอไซต์ปฐุมภูมิที่มีขนาดสูงสุดจะใช้พื้นที่เกือบทั้งหมดใน follicle

ระยะที่ 4 Mature

ในระยะนี้แสดงถึงการเจริญของอวัยวะสืบพันธุ์ของทั้งเพศผู้และเพศเมียโดยจะมีขนาดและปริมาตรสูงสุด อวัยวะสืบพันธุ์มีการพัฒนาอย่างเต็มที่ ทำให้สีของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

เพศผู้

อสุจิที่สุกจะขยายตัว ในขณะที่การสร้างอสุจียังคงอยู่ในผนังเยื่อบางๆ ของ follicle แม้ว่ากิจกรรมจะช้าลง โดยอสุจิที่โตเต็มวัยจะกินเนื้อที่เกือบทั้งหมดของ follicular ซึ่งผ่านการพัฒนารูปร่างอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากการรวมตัวของอสุจิ

เพศเมีย

รูพรุนของ follicle นั้นเกือบจะเต็มไปด้วยโอโอไซต์ทุติยภูมิที่มีรูปร่างเป็นวงกลมเกือบหมด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-100 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตาม โอโอไซต์ที่ยังไม่เจริญจำนวนหนึ่งยังคงอยู่ใกล้ผนัง ส่วนโอโอไซต์ที่เจริญเต็มที่ในระยะนี้มีขนาดใกล้เคียงกับโอโอไซต์ในรังไข่ระยะ pre-mature แต่สิ่งที่ปรากฏให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

คือ ถุงน้ำเชื้อของไข่เหล่านี้มีการแตกหรือหายไป ไชโตพลาสซึมเป็นเนื้อเดียวกันและมีการย้อมติดสีฮีมาโทซิลินเพียงเล็กน้อย

ระยะที่ 5 Spent

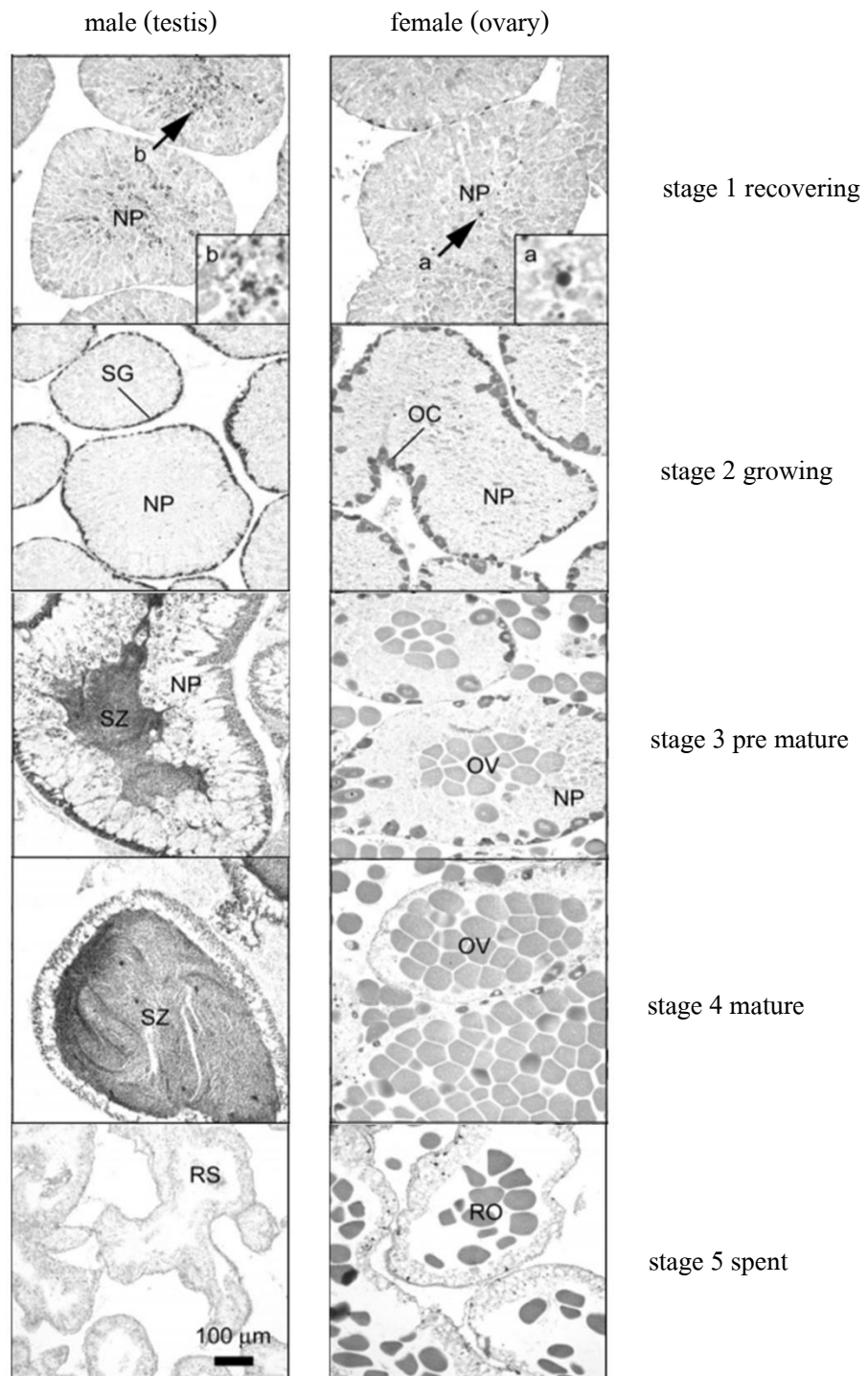
ในระยะนี้อวัยวะสืบพันธุ์ที่ใช้แล้วจะบางและมีขนาดเล็กลง โดยที่อวัยวะสืบพันธุ์ทั้งเพศผู้และเพศเมียจะมีสีออกน้ำตาลขาว ซึ่งไม่มีความแตกต่างระหว่างอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (ovary) กับอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (testis)

เพศผู้

การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด นอกจากการลดลงอย่างมากของอสุจิ คือการปรากฏของช่องว่างในรูของ follicle ซึ่งสามารถเห็นอสุจิเล็ก ๆ ตามผนังหรือช่องว่างในบางจุด

เพศเมีย

แม้ว่าการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ของส่วนต่าง ๆ เผยให้เห็นลักษณะของอวัยวะสืบพันธุ์ที่ใช้แล้วจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหลังจากการวางไข่ ไข่ในระยะนี้มีลักษณะเป็นช่องว่างตรงกลาง follicle และมีเซลล์ไข่ที่ยังไม่ปล่อยแต่เป็นเซลล์ไข่ที่สุกแล้ว ผนังของ follicle ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และชั้นกลางของเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันถูกเปิดอย่างชัดเจน ฟาโกไซต์ (phagocytes) ค่อยๆ คุกกรืน relict ova ใน follicle และรูในแกน follicular ค่อย ๆ ปิดด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เมื่อปริมาณของ โอโกเนียและ โอโอไซต์อายุน้อยเพิ่มขึ้น รูปร่างและลักษณะของ ไข่จะเปลี่ยนกลับไปเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ระยะ developing virgin and recovering spent



ภาพที่ 5 ระยะเวลาพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์เม่นทะเลเพศผู้ (ชาย) และเม่นทะเลเพศเมีย (ขวา)

NP = nutritive phagocyte, OC = oocyte, OV = ripe ovum, SG= spermatogonium,

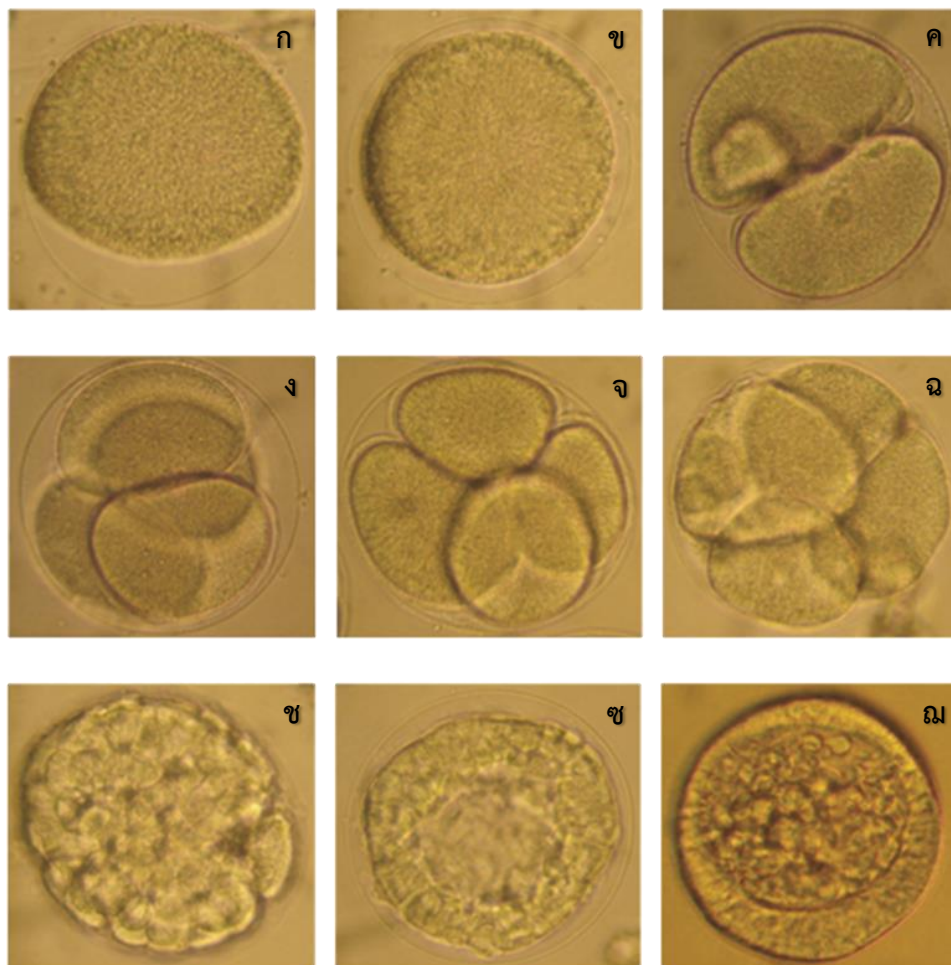
SC = spermatocyte, SZ = spermatozoon, RS = residual spermatozoa

และ RO = residual ovum

ที่มา: ดัดแปลงจาก Unuma and Walker (2007)

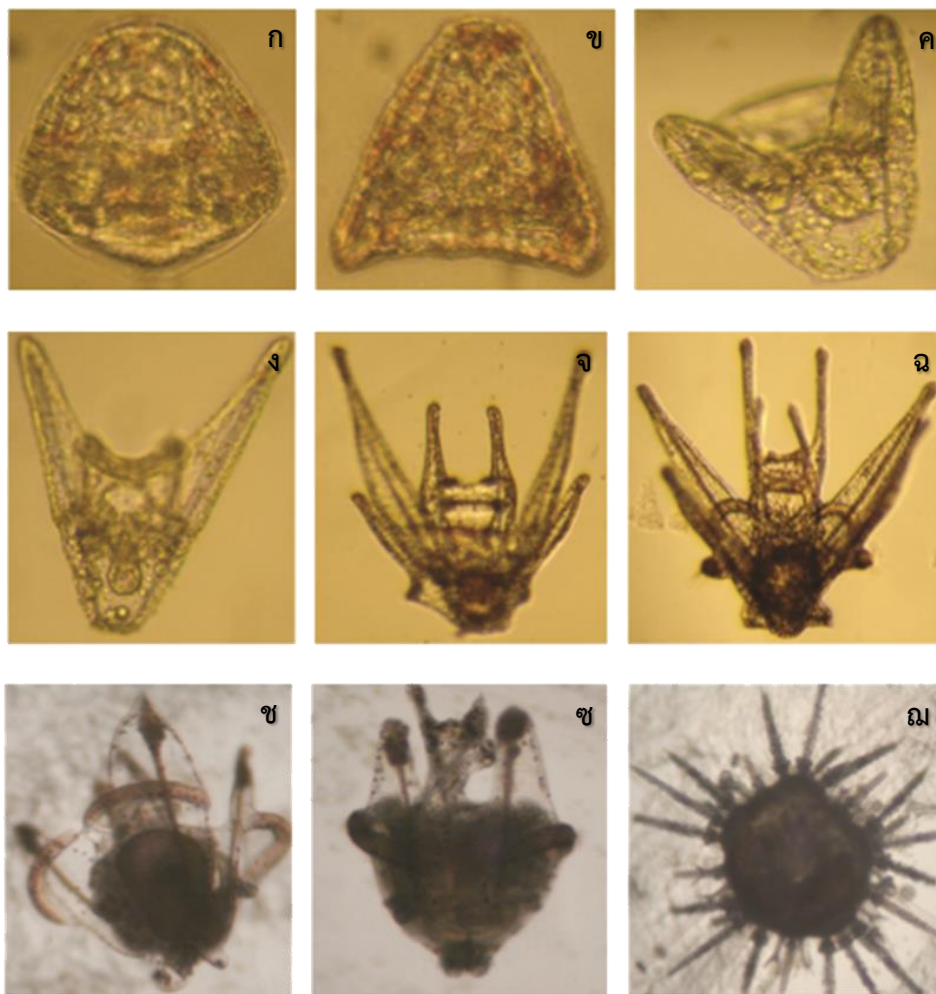
2.8 ระยะการพัฒนาวัวอ่อน

การพัฒนาวัวอ่อน (embryonic development) ของเม่นทะเลเกิดจากการปฏิสนธิของเซลล์ไข่และเซลล์อสุจิ ทำให้เซลล์ที่มีขนาดเล็กเกิดการแบ่งเซลล์ (Lepage *et al.*, 1992) โดยจะมีการแบ่งเซลล์เป็นระยะจาก 2 เป็น 4 เป็น 8 เป็น 16 เซลล์ และแบ่งไปเรื่อย ๆ จนถึงระยะ blastula (128 เซลล์) (Sewell and Young, 1999) (ภาพที่ 6) การแบ่งเซลล์จะยังดำเนินไปจนกระทั่งถึงช่วงของการฟักเป็นตัว (hatching) โดยในช่วงเวลาที่ตัวอ่อนจะฟักออกจากไข่ จะสังเกตเห็นว่าส่วน fertilization envelope ถูกย่อยโดยเอนไซม์จันค้อย ๆ บางลงและหายไปที่สุดในที่สุด (Lepage *et al.*, 1992) หลังจากนั้นตัวอ่อนของเม่นทะเล จะเข้าสู่ระยะ gastrula, prism, 2-arm, 4-arm, 6-arm และ 8-arm pluteus (Metaxas, 1998) (ภาพที่ 7) การเปลี่ยนแปลงในแต่ละระยะของเม่นทะเล มีช่วงเวลาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 6 ระยะเวลาการพัฒนาตัวอ่อนของเม่นทะเลชนิด *S. sphaeroides* (ระยะแบ่งเซลล์) (ก) fertilized egg showing fertilization membrane (ข) fertilized egg with complete fertilization membrane (ค) 2-cell stage (ง) 4-cell stage, (จ) 8-cell stage, (ฉ) 16-cell stage, (ช) 32-cell stage, (ซ) morula stage enclosed with fertilization membrane, (ฅ) blastula.

ที่มา: คัดแปลงจาก Rahman *et al.* (2012)



ภาพที่ 7 ระยะการพัฒนาวัยอ่อนของเม่นทะเลชนิด *S. sphaeroides* (ระยะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง)
 (ก) gastrula, (ข) prism, (ค) 2-arm pluteus, (ง) 4-arm pluteus, (จ) 6-arm pluteus, (ฉ) 8-arm pluteus,
 (ช) pre-competent larva with ciliated ring and growing rudiment, (ซ) competent larva
 with complete rudiment growth, (ฅ) juvenile.

ที่มา: ดัดแปลงจาก Rahman *et al.* (2012)

ตารางที่ 1 เวลาในการพัฒนาตัวอ่อนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม่นทะเลชนิด *S. sphaeroides*

เวลาหลังจาก ปฏิสนธิ	ระยะการพัฒนา	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)
00.01 ชั่วโมง	fertilized eggs with the formation of fertilization membrane	134.86±5.35
00.05 ชั่วโมง	fertilized eggs with complete fertilization membrane	134.86±5.35
01.12 ชั่วโมง	2-cell stage	154.27±7.17
02.03 ชั่วโมง	4-cell stage	157.14±5.84
02.28 ชั่วโมง	8-cell stage	159.25±6.29
02.51 ชั่วโมง	16-cell stage	161.10±5.80
03.12 ชั่วโมง	32-cell stage	163.65±4.78
03.32 ชั่วโมง	multicell (morula) stage	164.38±4.48
08.45 ชั่วโมง	hatching blastula	174.72±4.43
16.15 ชั่วโมง	gastrula	178.71±5.52
22.25 ชั่วโมง	prism	181.56±3.99
34.00 ชั่วโมง	2-arm pluteus	233.01±10.51
48.00 ชั่วโมง	4-arm pluteus	364.72±6.57
10.00 วัน	6-arm pluteus	545.62±10.72
16.00 วัน	8-arm pluteus	716.85±9.99
28.00 วัน	precompetent larva with ciliated ring and growing rudiment	929.02±9.62
35.00 วัน	competent larva with complete rudiment	740.36±11.51
36.00 วัน	juvenile	413.98±6.11

ที่มา: ดัดแปลงจาก Rahman *et al.* (2012)

2.9 การกินอาหาร

เม่นทะเลมีพฤติกรรมการกินอาหารหลากหลายรูปแบบ กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) กินซากพืชซากสัตว์ (scavenger) และกินอินทรีย์สารที่ย่อยสลาย (detritus feeder) โดยวิธีการที่เม่นทะเลใช้ในการนำอาหารเข้าสู่ร่างกาย คือ การขูด (scraping) กับผิวหน้าของอาหาร อย่างเช่น สาหร่ายทะเล โดยใช้ฟันที่มีลักษณะพิเศษ เรียกว่า Aristotle's lantern เป็นอวัยวะที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร ในเม่นทะเลชนิด *S. sphaeroides* มีการกินอาหารจำพวก bryozoans, seaweeds, และ detritus (Miskelly, 2002) นอกจากนี้ Nam and Jae (2012) ทำการศึกษาชนิดของสาหร่ายที่พบในแหล่งที่อยู่อาศัยของเม่นทะเลสองชนิด คือ *A. crassispina* และ *H. pulcherrimus* บริเวณหาดหินทรายของ (ประเทศเกาหลีใต้) พบชนิดของสาหร่ายทะเลในแหล่งอาศัยของ เม่นทะเลจำนวน 35 ชนิด โดยพบชนิดของสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *A. crassispina* จำนวน 17 ชนิด และพบชนิดของสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *H. pulcherrimus* จำนวน 13 ชนิด ทั้งนี้จากการค้นคว้าเอกสารไม่พบว่ามีการศึกษาทางด้านอาหารและการกินอาหารของเม่นต่างตัวน้ำตาดจากทุกภูมิภาคของโลกแต่อย่างใด

2.10 คุณค่าทางโภชนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เม่นทะเล

โดยทั่วไปแล้วร่างกายของเม่นทะเลปกคลุมไปด้วยเปลือกที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบภายในลำตัวมีเพียงอวัยวะสืบพันธุ์ หรือที่เรียกว่า อูนิ (uni) ที่สามารถบริโภคได้ และได้รับความนิยมโดยเฉพาะในร้านอาหารญี่ปุ่นที่มักจะกินกันแบบสด ๆ หรือวางบนหน้าของซูชิ ซึ่งจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เม่นทะเลชนิด *Diadema setosum* ของ Salma *et al.* (2016) พบว่าในอวัยวะสืบพันธุ์ 100 กรัม มี protein สูงถึง 11.03 กรัม รองลงมา albumin, vitamin E, magnesium, zinc, vitamin A และ iron เท่ากับ 1.24 กรัม 23.47, 1.90, 1.90, 1.79 และ 0.96 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เม่นทะเลชนิด *D. setosum*

no.	nutrient	content per 100 g
1	vitamin E	23.47 mg
2	vitamin A	1.79 mg
3	albumin	1.24 g
4	protein	11.03 g
5	iron	0.96 mg
6	magnesium	1.90 mg
7	zinc	1.90 mg

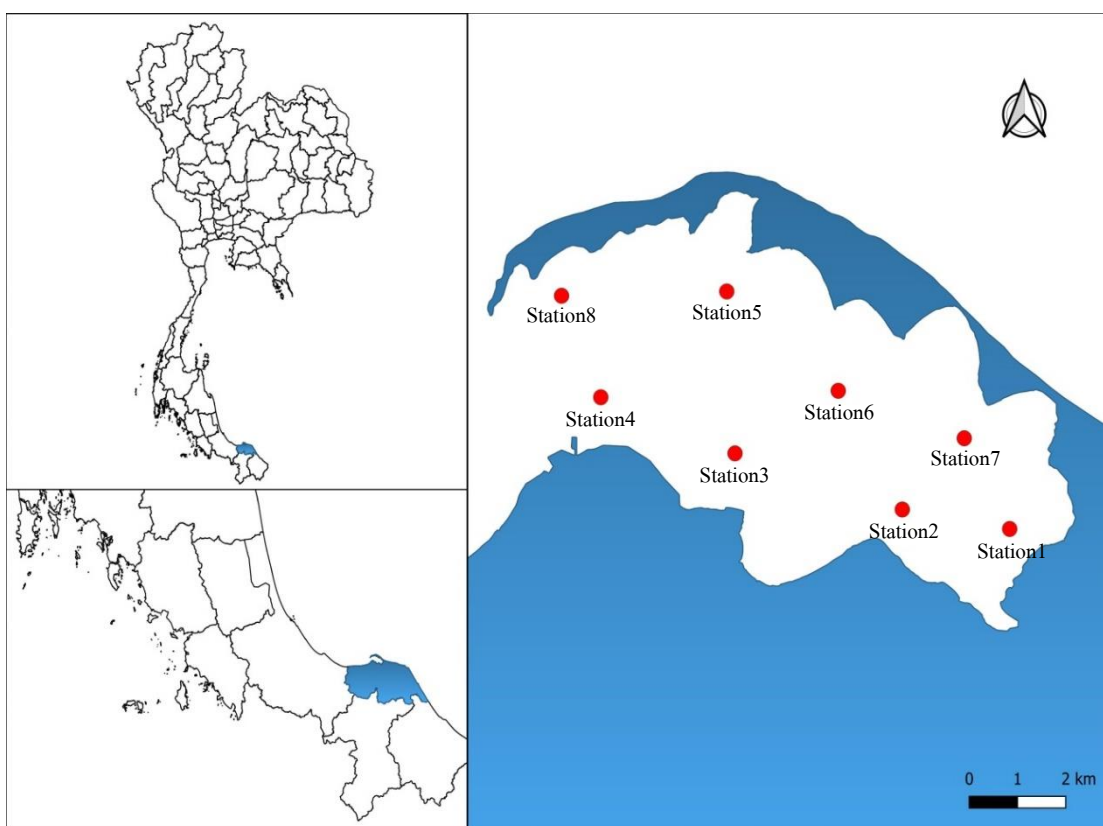
ที่มา: คัดแปลงจาก Salma *et al.* (2016)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 บริเวณที่ทำการศึกษา

บริเวณที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ที่อ่าวปัตตานีซึ่งมีลักษณะทางระบบนิเวศที่แตกต่างกันจำนวน 8 สถานี โดยมีรายละเอียดและลักษณะสำคัญของแต่ละสถานีดังนี้



ภาพที่ 8 สถานีเก็บตัวอย่างในอ่าวปัตตานี

สถานีที่ 1 ละติจูด $6^{\circ} 53.405'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 20.272'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวป่าชายเลนของอ่าวปัตตานี ที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยลักษณะทั่วไปเป็นพื้นที่โคลนละเอียดและมีโคลนปนทรายละเอียดในบางจุด ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่เขตน้ำตื้น ที่พบการแพร่กระจายของหญ้าใบพายและหญ้ามะกรูดประปราย อีกทั้งบริเวณนี้ยังเป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากคลองเปาะและห้ ส่งผลให้น้ำมีความเค็มค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

สถานีที่ 2 ละติจูด $6^{\circ} 53.217'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 18.939'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวชายฝั่งของหมู่บ้านตันหยงลูโละ ซึ่งอยู่ถัดจากสถานีที่ 1 โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นทรายละเอียดปนโคลน และในบางจุดยังพบการทับถมของซากเปลือกหอยบริเวณนี้ อีกทั้งยังพบการแพร่กระจายของสาหร่ายผมนางเป็นบริเวณกว้าง พบหญ้าใบพาย และหญ้าใบมะกรูด ประปราย บริเวณนี้เป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากคลองยามู (ยะหริ่ง) ส่งผลให้น้ำมีความเค็มค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

สถานีที่ 3 ละติจูด $6^{\circ} 53.652'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 17.241'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวชายฝั่งของหมู่บ้านแหลมนก โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนละเอียดปนทรายเล็กน้อย และมีการทับถมของซากเปลือกหอยในบางจุด ความเค็มของน้ำบริเวณนี้ค่อนข้างสูงและยังเป็นบริเวณที่มีการเลี้ยงปลากะพงขาวและปลากะรัง ในกระชัง รวมถึงมีการเลี้ยงหอยนางรมและหอยแมลงภู่

สถานีที่ 4 ละติจูด $6^{\circ} 54.423'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 15.006'$ เป็นพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำปัตตานี ซึ่งอยู่ถัดจากสถานีที่ 3 โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนละเอียด เป็นบริเวณพื้นที่เขตน้ำคือน้ำมีความเค็มค่อนข้างต่ำ เนื่องจากบริเวณนี้เป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำปัตตานีโดยตรง และน้ำเค็มจากทะเลบริเวณปากอ่าว ส่งผลให้บริเวณนี้มีความแปรผันสูง

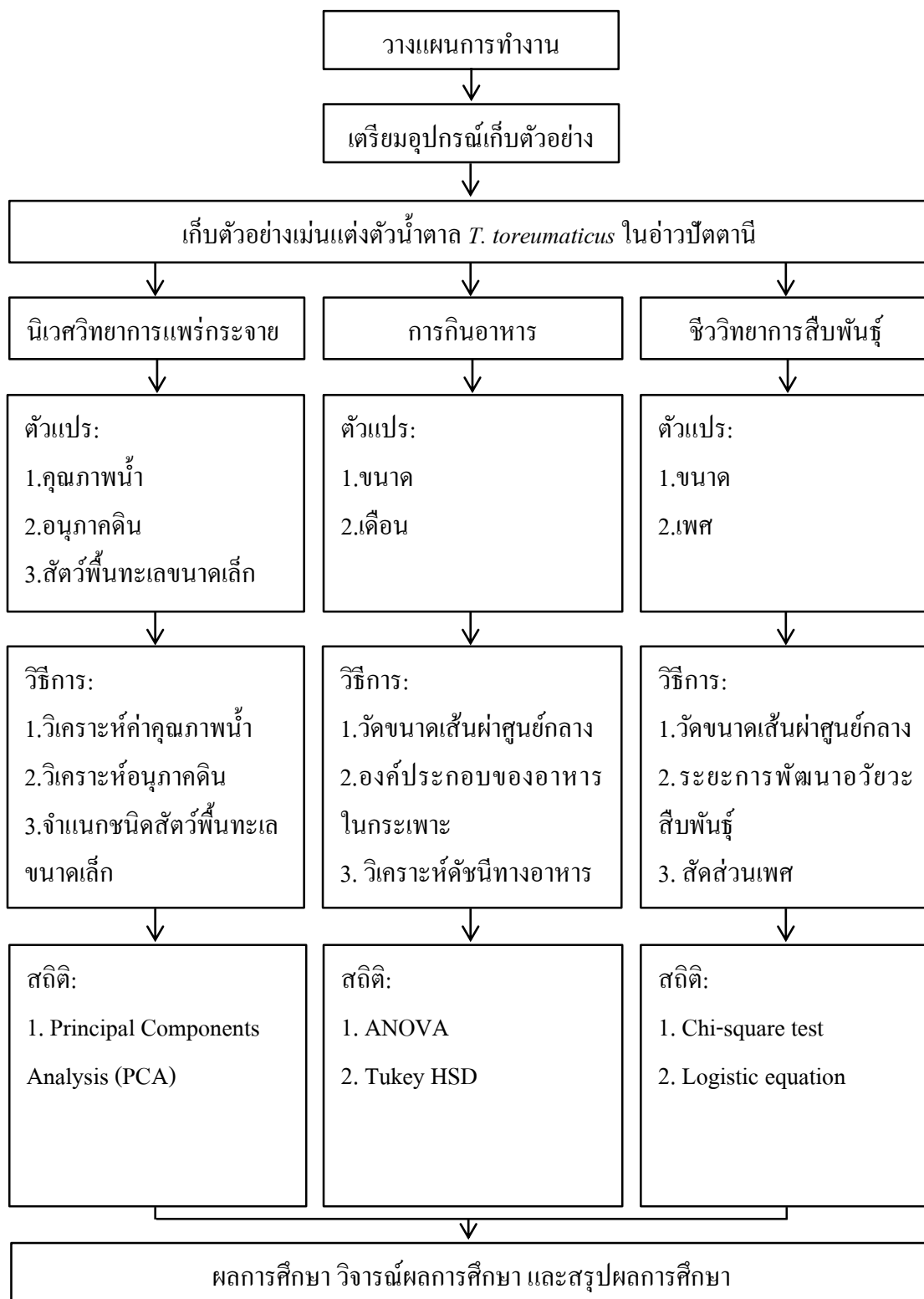
สถานีที่ 5 ละติจูด $6^{\circ} 56.011'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 16.561'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวชายฝั่งที่อยู่ใกล้กับหมู่บ้านบูดี โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนปนทรายละเอียด อีกทั้งบริเวณนี้ยังพบการแพร่กระจายของหญ้าทะเล เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากอ่าว ส่งผลให้น้ำมีความเค็มสูง และบริเวณนี้ยังพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนนานาชนิด ขึ้นหนาแน่นโดยเฉพาะ โกงกาง เป็นต้น

สถานีที่ 6 ละติจูด $6^{\circ} 55.037'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 17.514'$ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างไปทางกลางอ่าว หรือบริเวณดอนหอย โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนปนทรายละเอียดและเป็นบริเวณที่มีการทับถมของซากเปลือกหอยจำนวนมากและหอยนานาชนิด อาศัยอยู่บริเวณนี้อย่างหนาแน่น บางบริเวณจะมีลักษณะเป็นดอนไต้ น้ำที่มีหอยอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น น้ำมีความเค็มค่อนข้างสูงเนื่องจากอิทธิพลของน้ำทะเลบริเวณปากอ่าว

สถานีที่ 7 ละติจูด $6^{\circ} 54.316'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 18.759'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวชายฝั่งที่อยู่ใกล้กับหมู่บ้านดาโต๊ะ โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนปนทราย น้ำมีความเค็มปานกลางไปถึงความเค็มสูง เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างสถานีที่ 1 กับ สถานีที่ 6 บริเวณนี้ในบางครั้งพบว่ามีการแพร่กระจายของหอยกะพงเป็นบริเวณกว้าง และยังพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนนานาชนิด ขึ้นหนาแน่นโดยเฉพาะ โกงกาง เป็นต้น

สถานที่ที่ 8 ละติจูด 6° 55.699' ลองจิจูด 101° 14.941' เป็นพื้นที่บริเวณใกล้กับปากอ่าว โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นทรายปนโคลนน้ำมีความเค็มสูง เนื่องจากอิทธิพลของน้ำทะเล บริเวณนี้พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลหลายชนิดและตามแนวชายฝั่งมีต้นสนกระจายอยู่ทั่วไป

การศึกษาในครั้งนี้มีการวางแผนการทำงาน และเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง เม่นแต่งตัวน้ำตาล *T. toreumaticus* ในอ่าวปัตตานี เพื่อศึกษานิเวศวิทยาการแพร่กระจาย การกินอาหาร และชีววิทยาการสืบพันธุ์ โดยกำหนดตัวแปรต่าง ๆ วิธีการศึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ไคอะแกรมแสดงภาพรวมของการวิจัย

3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างและการดำเนินการกับตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างแม่น้ำทะเลทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563 เพื่อให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม (หลังจากฤดูมรสุม) และฤดูฝน เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยมีรายละเอียดการเก็บตัวอย่างและการดำเนินการกับตัวอย่างดังนี้

3.2.1 การศึกษาที่ 1 นิเวศวิทยาการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลและสัตว์หน้าดินที่พบ

1. วางแผนและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง ได้แก่ คราด สวิง ถาดพลาสติก กีม (forceps) ถุงเก็บตัวอย่าง ก่อเก็บความเย็นพร้อมบรรจุน้ำแข็ง และใช้ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (NAVSTAR Global Positioning System; GPS)
2. กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างตามจุดต่าง ๆ จำนวน 8 สถานี ใช้คราดขนาด 56×19×38 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) เก็บตัวอย่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลในแต่ละสถานีด้วยวิธีการลากคราดจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งเป็นระยะทางเฉลี่ยประมาณ 200 เมตร และใช้เครื่องตักหน้าดิน (grab sampler) เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก
3. โดยแต่ละจุดมีการกำหนดระยะทางด้วย GPS เพื่อใช้คำนวณหาความหนาแน่นของเม่นแต่งตัวน้ำตาล และความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กต่อพื้นที่ โดยเก็บตัวอย่างสถานีละ 3 ชั่วโมง
4. นำตัวอย่างที่เก็บได้แช่ในน้ำเย็นจัดทันทีเพื่อทำให้สัตว์น้ำตัวอย่างสลบหรือตายโดยเร็วที่สุดแล้วนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อจำแนกตัวอย่างและดองเก็บรักษา
5. เก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำร่วมกับการเก็บตัวอย่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลและสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก ได้แก่ ความเค็ม (ใช้เครื่องวัดความเค็ม ATAGO รุ่น Master-S/MiII M) อุณหภูมิ ออกซิเจนละลายน้ำ (ใช้เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ YSI รุ่น 550A) ความโปร่งใส ความลึกความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง OHAUS รุ่น Starter300) (วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือภาคสนาม) แอมโมเนีย คลอโรฟิลล์ เอ บี และซี (วิเคราะห์ตามวิธีการของ Strickland and Parsons, 1972) ขนาดอนุภาคดิน ได้แก่ อนุภาคทราย (sand) อนุภาคทรายแป้ง (silt) อนุภาคโคลน (clay) และความเป็นกรด-ด่างของดิน (วิเคราะห์ตามวิธีการของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)
6. จำแนกชนิดและนับจำนวนของเม่นแต่งตัวน้ำตาล จำแนกตาม สุ่มตต์ (2561) และ สัตว์หน้าดินที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดในห้องปฏิบัติการ จำแนกตาม สุภาพรและคณะ

(2553) ใช้คู่มือการศึกษาสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งทะเลในการจำแนกชนิดของสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก บันทึกข้อมูล

3.2.2 การศึกษาที่ 2 ชีวิตวิทยาบางประการของเม่นแต่งตัวน้ำตาล

1. นำตัวอย่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลจากการศึกษาที่ 1 มาชั่งน้ำหนัก และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในห้องปฏิบัติการ
2. ผ่าตัดเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพื่อแยกเอากระเพาะอาหารออกและนำกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10% เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์
3. นำกระเพาะอาหารของเม่นทะเลมาล้างน้ำจืดและแช่ในน้ำจืดเป็นเวลา 1 คืน เพื่อล้างฟอร์มาลินออกเนื่องจากขณะทำการศึกษาวิเคราะห์ชนิดอาหาร ฟอร์มาลินอาจจะระเหยเป็นก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตาได้
4. นำกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่ล้างด้วยน้ำจืดแล้วไปเก็บรักษาในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 70% เพื่อรอการผ่าตัดกระเพาะอาหารต่อไป
5. นำกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล *T. toreumaticus* ที่เก็บรักษาไว้ในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 70% มาผ่าตัดได้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ใช้เข็มเย็บอาหารออกจากระเพาะ จำแนกชนิดอาหารที่พบในกระเพาะออกเป็นกลุ่มและประเมินปริมาณอาหารแต่ละชนิดด้วยวิธีการประเมินปริมาตรสัมพัทธ์ของอาหาร (volumetric method หรือ %V) (Hyslop, 1980)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับข้อมูลนิเวศวิทยาการแพร่กระจาย

การศึกษานี้ได้กำหนดสมมติฐานและออกแบบวิธีวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่าง ๆ ดังนี้

สมมติฐาน	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล
สมมติฐานที่ 1 การแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานีมีความสัมพันธ์กับสัตว์หน้าดินขนาดเล็กหรือไม่ อย่างไร	วิเคราะห์ด้วยสถิติ Principal Components Analysis (PCA) โดยใช้โปรแกรม Past 4.03 แปลงข้อมูลดิบโดยใช้ square root (sqrt)
สมมติฐานที่ 2 คุณภาพน้ำและอนุภาคดินมีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานีหรือไม่ อย่างไร	

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับข้อมูลการกินอาหาร

การศึกษานี้ได้กำหนดสมมติฐานและออกแบบวิธีวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่าง ๆ ดังนี้

สมมติฐาน	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล
สมมติฐานที่ 1 ขนาดของเม่นแตงตัวน้ำตาลมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ย (average of food items) และค่าการเต็มกระเพาะอาหาร (fullness index) หรือไม่ อย่างไร	วิเคราะห์ด้วยสถิติ One-Way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey HSD โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 แปลงข้อมูลดิบโดยใช้ square root (sqrt)
สมมติฐานที่ 2 เดือนที่เก็บตัวอย่างมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ย (average of food items) และค่าการเต็มกระเพาะอาหาร (fullness index) ของเม่นแตงตัวน้ำตาลหรือไม่ อย่างไร	

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับข้อมูลชีววิทยาการสืบพันธุ์

วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่าง ๆ ดังนี้

สมมติฐาน	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล
สมมติฐานที่ 1 สัดส่วนเพศของเม่นแตงตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานี มีค่าเท่ากับ 1:1 หรือไม่ อย่างไร	วิเคราะห์ด้วยสถิติ Chi-square test โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel แปลงข้อมูลดิบโดยใช้ square root (sqrt)
สมมติฐานที่ 2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแรกเริ่มวัยเจริญพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลระหว่างเพศผู้และเพศเมียมีขนาดต่างกันหรือไม่ อย่างไร	วิเคราะห์ด้วยสถิติ logistic equation โดยใช้โปรแกรม Microsoft excel มีการแจกแจงนับแบบกระจายความถี่

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางอาหาร

3.3.4.1 ดัชนีภาวะอาหารว่าง (vacuity index)

หมายถึง สัดส่วนของจำนวนของภาวะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่วิเคราะห์แล้ว ไม่พบอาหารต่อจำนวนภาวะที่ศึกษาทั้งหมด คำนวณได้จากสมการ

$$V = E \frac{100}{TL}$$

โดยที่

V = ค่าดัชนี vacuity index

E = จำนวนภาวะอาหารที่ไม่มีอาหาร

TL = จำนวนภาวะอาหารทั้งหมด

3.3.4.2 ดัชนีการเต็มภาวะอาหาร (fullness index; FL)

หมายถึง ค่าดัชนีการเต็มภาวะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล โดยพิจารณาจากปริมาณอาหารทั้งหมดที่พบในภาวะ โดยกำหนดพิสัยของตัวเลข ตั้งแต่ 0-8 โดยที่ 0 หมายถึง ภาวะอาหารที่ไม่มีอาหารอยู่เลย และ 8 หมายถึง การมีอาหารโป่งเต็มภาวะ คำนวณได้จากสมการ

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{Fs}{TL}$$

โดยที่

F = ดัชนีการเต็มภาวะ

Fs = ค่าความเต็มภาวะอาหารแต่ละตัว

TL = จำนวนภาวะอาหารทั้งหมด

3.3.4.3 ค่าความกว้างของอาหาร (diet breadth)

หมายถึง ค่าความกว้างหรือหลากหลายของอาหารที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลบริโภคเข้าไป คำนวณโดยใช้สมการ Levin's standardised index (Krebs, 1989) โดยมีสูตรดังนี้

$$B_i = \left(\frac{1}{n-1} \right) \left(\left(\frac{1}{\sum_{i,j=1}^n P_{ij}^2} \right) - 1 \right)$$

โดยที่

B_i = ดัชนี Levin's standardised index สำหรับ "i"

P_{ij} = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแต่งตัวน้ำตาล "i" ที่มีอาหาร "j"

n = จำนวนชนิดของอาหารทั้งหมด

3.3.4.4 การซ้อนทับของอาหาร (diet overlap)

หมายถึง ค่าที่ระบุถึงการซ้อนทับของอาหารสำหรับตัวอย่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลสองกลุ่ม หรือสองขนาดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใด ๆ จำนวน โดยใช้สมการของ Morisita Horn index ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 (Horn, 1966 อ้างโดย ชูกรี, 2551) จำนวนได้จากสมการ

$$C_H = \frac{2(\sum P_{il}P_{ik})}{\sum P_{ij}^2 + \sum P_{ik}^2}$$

โดยที่

C_H = Morisita Horn index ระหว่างกลุ่มเม่นแต่งตัวน้ำตาล "j" และ "k"

P_{ij} = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแต่งตัวน้ำตาล "i" ต่ออาหารทั้งหมดที่บริโภคโดยกลุ่มเม่นแต่งตัวน้ำตาล "j"

P_{ik} = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแต่งตัวน้ำตาล "i" ต่ออาหารทั้งหมดที่บริโภคโดยกลุ่มเม่นแต่งตัวน้ำตาล "k"

n = จำนวนชนิดของอาหารทั้งหมด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแรกเริ่มสืบพันธุ์ (size at first maturity; diameter)

หมายถึง ขนาดของเม่นแต่งตัวน้ำตาลเมื่อถึงวัยแรกเริ่มสืบพันธุ์ โดยวิธีการแจกแจงนับแบบกระจายความถี่ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter) เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแรกเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (L_{50}) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาด โดยใช้สัดส่วนของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละเพศที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ (mature) มาคำนวณตามสมการ logistic equation

$$P = \frac{1}{1+e^{(a+bL)}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{P} - 1\right) = a + bL$$

$$\text{จะได้ } L_{50} = -\frac{a}{b}$$

โดยที่

P = สัดส่วนของการเจริญพันธุ์ของเม่นแต่ละช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง L

L = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางในแต่ละอันตรภาคชั้น (มิลลิเมตร.)

a และ b = ค่าคงที่ หาได้โดยใช้การวิเคราะห์เส้นถดถอย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ประกอบด้วย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความลึกของน้ำ ความเค็มของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (water pH) ปริมาณแอมโมเนีย ค่าความโปร่งใสของน้ำ อุณหภูมิ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ซี พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.55-7.26 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 3 7.26 ± 1.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดสถานีที่ 4 5.55 ± 0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ความลึกของน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 82.67-178.43 เซนติเมตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 8 178.43 ± 41.50 เซนติเมตร และต่ำสุดสถานีที่ 1 82.67 ± 18.40 เซนติเมตร ความเค็มของน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15.67-27.68 ส่วนในพันส่วน มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 8 27.68 ± 3.37 ส่วนในพันส่วน และต่ำสุดสถานีที่ 1 15.67 ± 7.72 ส่วนในพันส่วน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.29-16.07 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 6 16.07 ± 21.90 และต่ำสุดสถานีที่ 1 5.29 ± 2.23 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.87-8.38 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 3 8.38 ± 0.34 และต่ำสุดสถานีที่ 6 7.87 ± 1.81 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.06-0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 1 0.12 ± 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดสถานีที่ 6 0.06 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความโปร่งใสของน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 37.83-76.21 เซนติเมตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 8 76.21 ± 25.51 เซนติเมตร และต่ำสุดสถานีที่ 1 37.83 ± 17.74 เซนติเมตร อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 29.89-31.20 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 2 31.20 ± 1.79 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่สถานี 8 29.89 ± 1.27 องศาเซลเซียส คลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.45-103.92 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 2 103.92 ± 162.83 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดสถานีที่ 8 60.45 ± 10.32 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอโรฟิลล์บีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 117.32-216.85 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 2 216.85 ± 298.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดสถานีที่ 8 117.32 ± 8.68 มิลลิกรัมต่อลิตร และคลอโรฟิลล์ซีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 189.87-281.67 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 5 281.67 ± 245.98 มิลลิกรัมต่อลิตร และต่ำสุดสถานีที่ 8 189.87 ± 15.99 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563

parameter	station								mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	
DO (mg/L)	6.6±1.8	6.7±0.7	7.3±1.3	5.6±0.9	6.0±0.6	6.2±0.6	6.5±0.7	6.0±0.5	6.4±1.1
depth (cm)	82.7±18.4	129.1±30.3	154.1±47.4	90.7±35.4	147.7±23.3	134.2±20.2	103.3±29.2	178.4±41.5	127.5±44.3
salinity (ppt)	15.7±7.7	22.0±6.7	25.1±4.7	25.1±5.1	24.8±3.1	25.1±5.3	22.3±6.7	27.7±3.4	23.5±6.4
soil pH	5.3±2.2	7.2±2.7	7.5±1.6	6.6±2.7	8.8±5.5	16.1±21.9	9.8±8.0	14.6±21.8	9.5±11.9
water pH	8.6±0.4	8.3±0.3	8.4±0.3	8.1±0.2	8.2±0.2	7.9±1.8	8.3±0.2	8.3±0.2	8.2±0.7
ammonia (mg/L)	0.1±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.1
transparent (cm)	37.8±17.7	38.2±10.5	57.3±13.5	52.1±19.3	69.5±25.8	67.4±28.3	49.6±27.6	76.2±25.5	56.0±25.3
temperature (cm)	31.1±1.4	31.2±1.8	31.1±1.9	29.9±1.3	30.2±1.5	30.2±1.5	30.8±1.4	29.9±1.3	30.6±1.6
chlorophyll A (mg/L)	75.4±28.0	103.9±162.8	63.4±19.9	80.5±53.2	86.6±64.7	65.6±23.7	67.7±17.8	60.5±10.3	75.4±66.8
chlorophyll B (mg/L)	144.9±45.2	216.9±298.1	136.1±40.2	158.3±115.2	173.8±144.2	139.5±85.4	132.1±33.1	117.3±8.7	152.4±130.5
chlorophyll C (mg/L)	237.0±79.6	247.4±145.3	219.3±65.8	212.41±46.2	281.7±246.0	214.4±91.0	215.1±55.5	189.9±16.0	227.2±115.7

4.2 อนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาโครงสร้างของอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ประกอบด้วย อนุภาคทราย (sand) อนุภาคทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) พบว่ามีค่าอนุภาคทรายเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 0.36-48.51 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 6 ร้อยละ 48.51±28.29 และน้อยสุดเฉลี่ยสถานีที่ 4 ร้อยละ 0.36±0.26 อนุภาคทรายแป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 6.73-17.58 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 4 ร้อยละ 83.14±32.41และน้อยสุดเฉลี่ยสถานีที่ 6 ร้อยละ 31.62±17.90 และอนุภาคดินเหนียวเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 31.62-83.89 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยสถานีที่ 4 ร้อยละ 17.58±35.05 และน้อยสุดเฉลี่ยสถานีที่ 6 ร้อยละ 6.73±12.78 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าอนุภาคดินเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563

station	soil particle		
	sand	silt	clay
1	0.62±0.65	83.89±33.08	16.19±34.99
2	6.40±14.03	78.39±33.17	15.48±33.20
3	6.80±9.75	77.03±30.96	16.38±32.98
4	0.36±0.26	83.14±32.41	17.58±35.05
5	17.29±17.26	67.38±29.69	14.82±29.08
6	48.51±28.29	31.62±17.90	6.73±12.78
7	24.69±17.65	59.83±26.22	13.21±27.66
8	37.74±37.32	47.29±36.48	8.39±21.54
mean	17.80±25.54	66.07±34.62	13.60±28.95

4.3 ความชุกชุมของเม่นแต่งตัวน้ำตาลบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาความชุกชุมของเม่นแต่งตัวน้ำตาล บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานี จำนวน 8 สถานี พบเม่นแต่งตัวน้ำตาลเฉลี่ย จำนวน 22 ตัวต่อ 1,000 ตารางเมตร โดยพบมากที่สุดที่สถานีที่ 8 รองลงมา สถานีที่ 6, 5 และ 3 ตามลำดับ จำนวนเฉลี่ย 55.56, 19.44, 5.56 และ 5.56 ตัวต่อ 1,000 ตารางเมตร และไม่พบเม่นแต่งตัวน้ำตาลในสถานีที่ 1, 2, 4 และ 7 (ภาพที่ 10) เนื่องจากบริเวณ สถานีที่ 1, 2 และ 7 เป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำยะหริ่ง ในขณะที่สถานีที่ 4 เป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำปัตตานี ทำให้เป็นบริเวณที่ความเค็มของน้ำมีความแปรผันสูง และพื้นที่ โดยส่วนใหญ่บริเวณนี้มีลักษณะเป็นโคลนนิ่ง

4.4 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานี จำนวน 8 สถานี พบว่า มีสัตว์หน้าดินขนาดเล็กทั้งหมด 3 ไฟลัม ประกอบด้วย arthropoda mollusca และ annelida 5 คลาส ประกอบด้วย bivalvia 12 สกุล (ตารางที่ 5) gastropoda 8 สกุล (ตารางที่ 6) polychaeta 8 สกุล (ตารางที่ 7) malacostraca 4 สกุล (ตารางที่ 8) และ thecostraca 1 สกุล (ตารางที่ 9) 13 อันดับ ประกอบด้วย adapedonta, amphipoda, arcoida, caenogastropoda, decapoda, nukuloida, ostreoida, pactinida, phyllodocida, pterioida, sessilia, tanaidacea และ venerida 28 วงศ์ ประกอบด้วย alpheididae, arcidae, balanidae, callianassidae, cerithidae, gammaridae, glyceridae, leucosiidae, mactridae, marginellidae, megalonidae, melongnidae, muricidae, mytilidae, nassariidae, nephtyidae, nereididae, neritidae, noetiidae, nukulanaidae, pactinidae, paguridae, parapseudidae, solenidae, pteriidae, sternaspidae, thiaridae และ veneridae

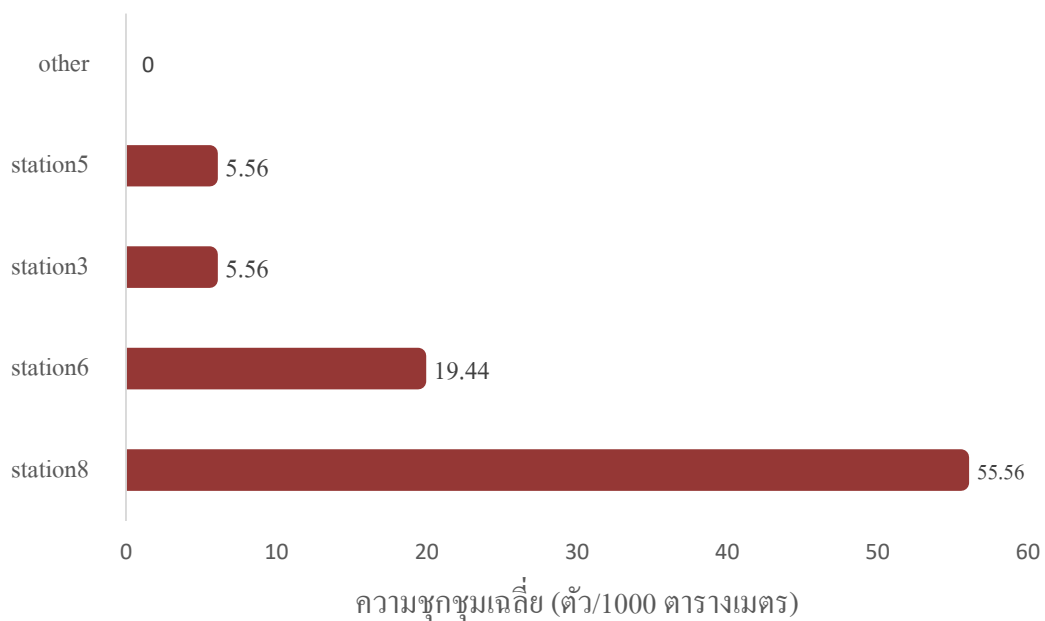
สัตว์หน้าดินขนาดเล็กคลาส bivalvia ที่พบมากที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คือ *Arcuatula* รองลงมา คือ *Anadara*, *Nuculana*, *Barbatia*, *Mactra*, *Paphia*, *Volachlamys*, *Solen*, *Perna*, *Pinctada*, *Estellacar* และ *Dosinia* จำนวนเฉลี่ย 12,515, 1,517, 481, 417, 333, 283, 188, 113, 83, 83, 83 และ 83 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยพบว่าในสถานีที่ 1 และ 4 พบ *Nuculana* มากที่สุด สถานีที่ 2, 3, 6, 7 และ 8 พบ *Arcuatula* มากที่สุด (ตารางที่ 5)

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กคลาส gastropoda ที่พบมากที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คือ *Clithon* รองลงมา คือ *Sermyla*, *Nassarius*, *Cryptospira*, *Thais*, *Cerithium*, *Pugilina*, *Thais rufotincta* และ *Lataxiena* จำนวนเฉลี่ย 1,083, 681, 274, 167, 167, 125, 83, 83 และ 83 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยพบว่าในสถานีที่ 1 และ 2 พบ *Sermyla* มากที่สุด สถานีที่ 3, 4, 6 และ 7 พบ *Nassarius* มากที่สุด สถานีที่ 8 พบ *Clithon* มากที่สุด (ตารางที่ 6)

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กคลาส polychaeta ที่พบมากที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คือ *Nephtys* 2 รองลงมา *Glycera* 2, *Nephtys* 1, *Pseudonereis*, *Magelona* 2, *Nereis*, *Dendronereis*, *Perinereis*, *Glycera* 1, *Magelona* 1 และ *Sternaspis* จำนวนเฉลี่ย 313, 306, 292, 285, 228, 183, 162, 139, 128, 120 และ 96 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยพบว่าในสถานีที่ 1 และ 7 พบ *Dendronereis* มากที่สุด สถานีที่ 2 พบ *Nephtys* 1 มากที่สุด สถานีที่ 3 พบ *Nereis* มากที่สุด สถานีที่ 4 และ 5 พบ *Glycera* 2 มากที่สุด สถานีที่ 6, 7 และ 8 พบ *Pseudonereis* มากที่สุด (ตารางที่ 7)

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กคลาส malacostraca ที่พบมากที่สุดจากการศึกษาครั้งนี้ คือ hermit crab รองลงมา amphipod, *Halmyrapseudes*, *Alpheus*, crab larvae, *Paranursia*, *Lepidophthalmus*, shrimp larvae จำนวนเฉลี่ย 755, 404, 334, 250, 146, 83, 83 และ 83 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยพบว่าในสถานีที่ 1, 2 และ 5 พบ *Halmyrapseudes* มากที่สุด สถานีที่ 3, 4 และ 6 พบ amphipod สถานีที่ 7 และ 8 พบ hermit crab มากที่สุด (ตารางที่ 8)

สัตว์หน้าดินขนาดเล็กคลาส thecostraca จากการศึกษานี้พบเพียงสกุลเดียว คือ *Balanus* จำนวนเฉลี่ย 667 ตัวต่อตารางเมตร โดยพบในสถานีที่ 1, 2, 3, 5 และ 6 (ตารางที่ 9)



ภาพที่ 10 ความชุกชุมของเม่นแต่งตัวน้ำตาล *T. torumaticus* เฉลี่ย (ตัว/ 1,000 ตารางเมตร) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563

ตารางที่ 5 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลิย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส bivalvia (หอยสองฝา) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 (หมายเหตุ: - = ไม่พบตัวอย่าง)

no.	genus	station								mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<i>Nuculana</i>	983	-	83	375	-	-	-	-	481
2	<i>Solen</i>	-	-	-	200	-	83	83	83	113
3	<i>Anadara</i>	-	-	167	-	-	5,611	167	125	1517
4	<i>Paphia</i>	-	-	-	167	-	400	-	-	283
5	<i>Arcuatula</i>	250	83	37,646	-	-	14,958	15,071	7,083	12,515
6	<i>Perna</i>	83	-	-	-	-	-	-	-	83
7	<i>Pinctada</i>	-	-	-	-	-	83	-	-	83
8	<i>Volachlamys</i>	-	-	-	-	-	188	-	-	188
9	<i>Barbatia</i>	-	-	-	-	-	417	-	-	417
10	<i>Estellacar</i>	83	-	-	-	-	-	-	-	83
11	<i>Dosinia</i>	83	-	-	-	-	-	83	-	83
12	<i>Mactra</i>	-	-	-	333	-	-	-	-	333
	total	1,482	83	37,896	1,075	-	21,740	15,404	7,291	16,179

ตารางที่ 6 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลิย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส gastropoda (หอยฝาเดียว) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 (หมายเหตุ: - = ไม่พบตัวอย่าง)

no.	genus	station								mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<i>Sermyla</i>	861	500	-	-	-	-	-	-	681
2	<i>Pugilina</i>	-	83	-	-	-	-	83	-	83
3	<i>Cerithium</i>	167	-	-	-	-	83	-	-	125
4	<i>Nassarius</i>	83	167	833	83	-	167	444	139	274
5	<i>Cryptospira</i>	-	-	-	-	-	167	-	-	167
6	<i>Thais</i>	-	-	-	-	-	167	-	-	167
7	<i>Thais rufotincta</i>	-	-	-	-	-	-	83	-	83
8	<i>Lataxiena</i>	-	-	-	-	-	-	-	83	83
9	<i>Clithon</i>	-	-	-	-	-	-	-	1,083	1,083
	total	1,111	750	833	83	-	584	610	1,305	2,746

ตารางที่ 7 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลิย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส polychaeta (ใต้เดือนทะเล) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 (หมายเหตุ: - = ไม่พบตัวอย่าง)

no.	genus	station								mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<i>Nereis</i>	167	83	333	167	-	167	179	-	183
2	<i>Pseudonereis</i>	167	167	298	287	222	371	250	515	285
3	<i>Perinereis</i>	-	-	83	83	-	250	-	-	139
4	<i>Dendronereis</i>	311	83	83	83	-	-	250	-	162
5	<i>Sternaspis</i>	-	83	-	133	-	83	-	83	96
6	<i>Glycera</i> 1	84	176	167	167	104	83	120	125	128
7	<i>Glycera</i> 2	236	236	208	717	264	236	233	317	306
8	<i>Nephtys</i> 1	250	333	-	-	-	-	-	-	292
9	<i>Nephtys</i> 2	-	292	-	-	-	333	-	-	313
10	<i>Magelona</i> 1	-	-	-	146	167	83	-	83	120
11	<i>Magelona</i> 2	281	300	238	259	167	175	156	250	228
	total	1,496	1,753	1,410	2,042	924	1,781	1,188	1,373	2,252

ตารางที่ 8 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส malacostraca (กุ้ง ปู) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 (หมายเหตุ: - = ไม่พบตัวอย่าง)

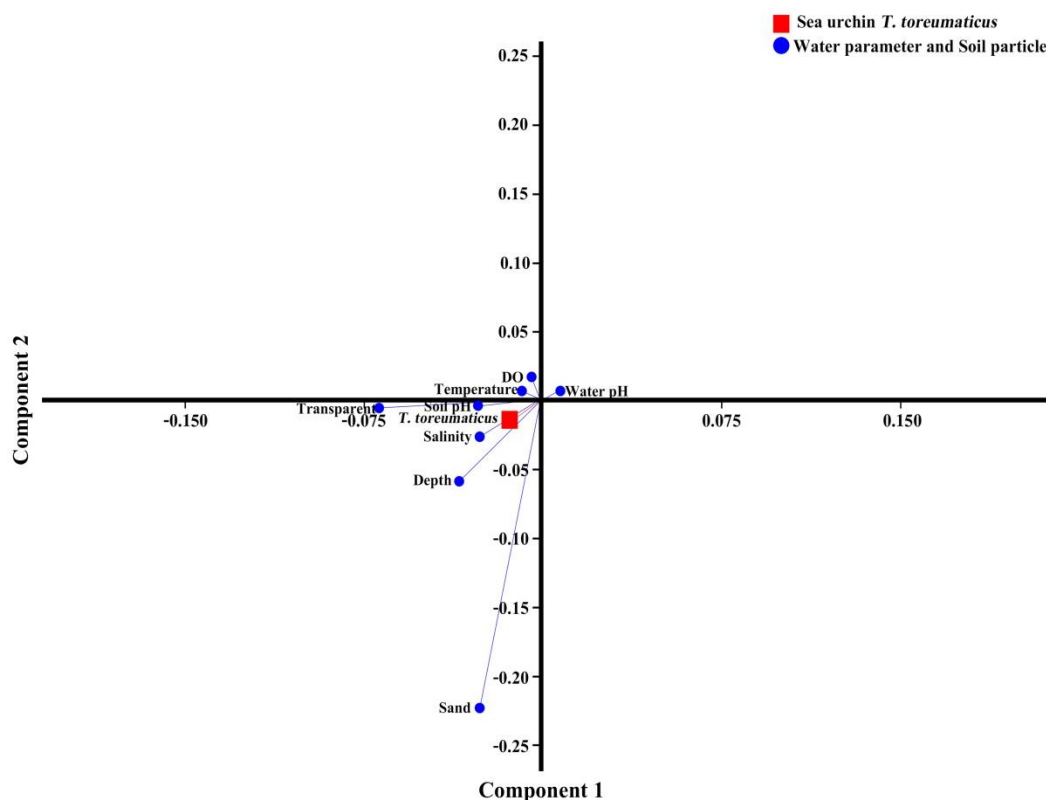
no.	genus	station								mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<i>Alpheus</i>	166	-	333	-	-	-	-	-	250
2	<i>Halmyrapseudes</i>	1,411	302	143	167	183	208	120	133	334
3	<i>Paramursia</i>	-	-	-	-	-	83	-	-	83
4	<i>Lepidophthalmus</i>	83	83	-	-	-	-	83	-	83
5	shrimp larvae	83	83	83	83	83	83	-	-	83
6	crab larvae	83	-	-	-	-	208	-	-	146
7	hermit crab	-	83	139	-	139	491	917	2,759	755
8	amphipod	343	94	986	500	126	806	194	188	404
	total	2,169	645	1,684	750	531	1,879	1,314	3,080	2,137

ตารางที่ 9 ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเฉลี่ย (ตัว/ตารางเมตร) คลาส theocostraca (เพรียง) บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานีจำนวน 8 สถานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 (หมายเหตุ: - = ไม่พบตัวอย่าง)

no.	genus	station								mean
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	<i>Balanus</i>	83	83	1,250	-	1,833	83	-	-	667
	total	83	83	1,250	-	1,833	83	-	-	667

4.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก principal components analysis (PCA) ระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกับคุณภาพน้ำและอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

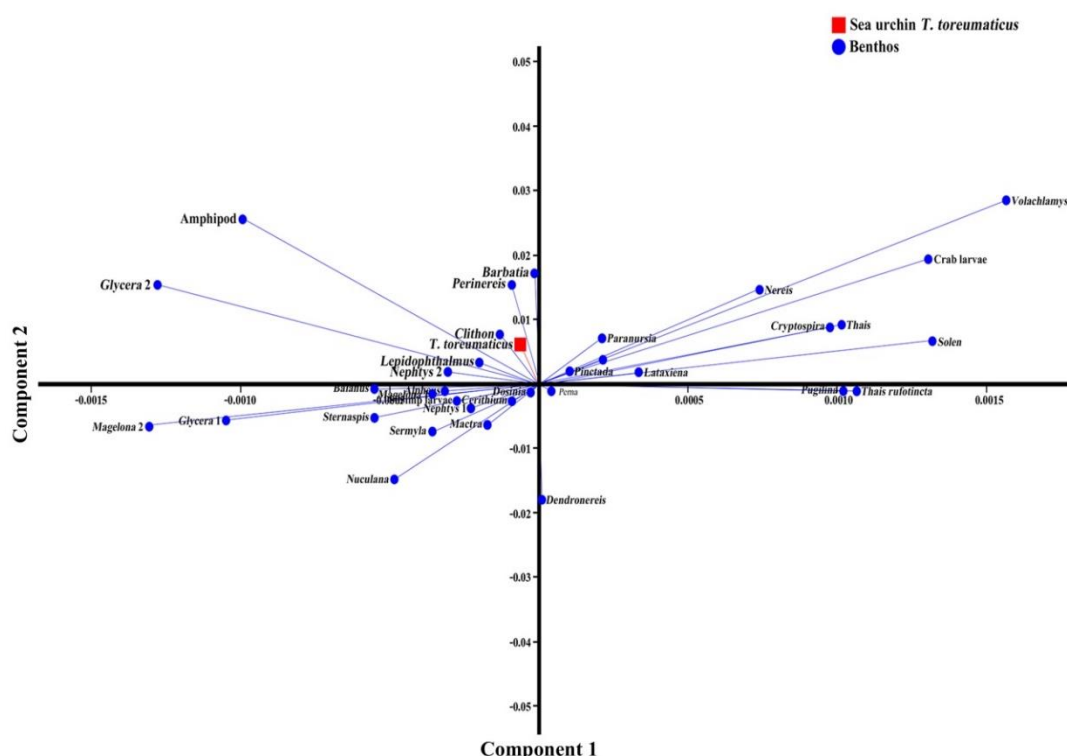
จากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA) ระหว่างปริมาณเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล กับปัจจัยคุณภาพน้ำและอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานี จำนวน 8 สถานี โดยที่ค่าแกน PC1 และ PC2 สามารถอธิบายความแปรปรวน (variance) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในอ่าวปัตตานี เท่ากับร้อยละ 34.26 และ 22.75 ตามลำดับ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดในแกน PC1 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความเค็ม ความลึก ความโปร่งใส ความเป็นกรด-ด่างของดินและอนุภาคทราย (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกับคุณภาพน้ำและอนุภาคดินจากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA)

4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก principal components analysis (PCA) ระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษา

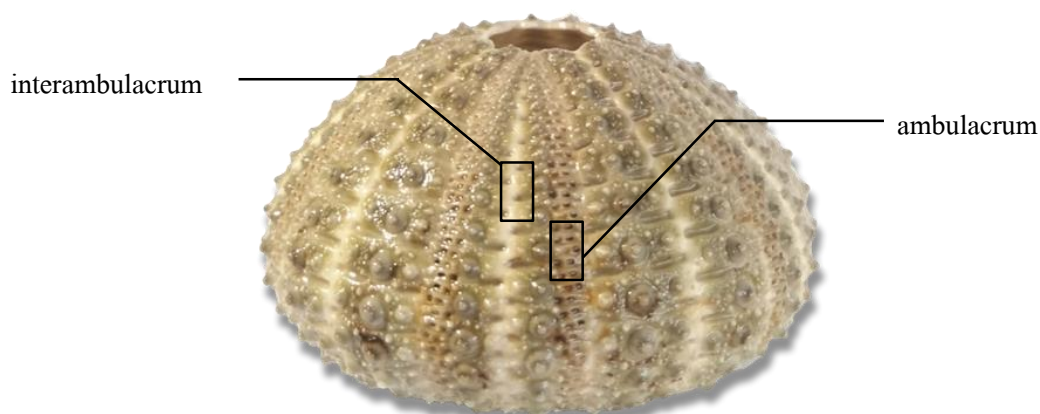
จากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA) ระหว่างจำนวนเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล กับจำนวนสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็ก บริเวณพื้นที่ศึกษารอบอ่าวปัตตานี จำนวน 8 สถานี โดยที่ค่าแกน PC1 และ PC2 สามารถอธิบายความแปรปรวน (variance) ของจำนวนสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กในอ่าวปัตตานี เท่ากับร้อยละ 62.07 และ 9.18 ลำดับ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดในแกน PC1 แสดงให้เห็นว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กกลุ่ม polychaete สกุล *Nephtys* 2, *Glycera* 2 และ *Perinereis* โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 313, 306 และ 139 ตามลำดับ กลุ่ม mollusc สกุล *Clithon* และ *Barbatia* โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 1,083 และ 417 ตามลำดับ และ crustaceans กลุ่ม amphipod และสกุล *Lepidophthalmus* โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยตัวต่อตารางเมตร เท่ากับ 404 และ 83 ตามลำดับ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กจากการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA)

4.7 ลักษณะทางชีววิทยาบางประการของเม่นแต่งตัวน้ำตาล

เม่นแต่งตัวน้ำตาล เป็นเม่นทะเลขนาดเล็กที่มีร่างกายที่ปกคลุมไปด้วยเปลือกรูปร่างไม่แน่นอนทั้งรูปร่างทรงกลม และรูปร่างทรงกรวย โดยมีแผ่นหินปูนเรียงตัวกันแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีรูให้เท้าท่อ (tube feet) ยื่นออกมา เรียกว่า ambulacrum และส่วนที่ไม่มีรูให้เท้าท่อยื่นออกมา เรียกว่า interambulacrum (ภาพที่ 13) ระหว่างแผ่นที่มีเท้าท่อ และแผ่นที่ไม่มีเท้าท่อมีร่องบริเวณรอยต่อ โดยจะมีปุ่มรองรับหนามอันใหญ่ (apical system) แบบ dicyclic ด้านปาก (oral) (ภาพที่ 14) อยู่บริเวณด้านล่างของลำตัว มีพื้นที่เรียกว่า Aristotle's lantern (ภาพที่ 16) เป็นอวัยวะที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร ก่อนลำเลียงเข้าสู่ระบบย่อยอาหารและด้านตรงข้ามปาก (aboral) (ภาพที่ 15) อยู่บริเวณด้านบนของลำตัว เป็นตำแหน่งที่ตั้งของทวารหนัก (anus) (ภาพที่ 17) ซึ่งเป็นอวัยวะที่ใช้ในการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย ประกอบด้วยแผ่นหินปูนจำนวนมาก และบริเวณรอบๆ ทวารหนัก ประกอบไปด้วยแผ่นเซลล์สืบพันธุ์ (genital plate) ช่องปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (gonopore) และแผ่นการหมุนเวียนของน้ำ (madreporite) (ภาพที่ 18) หนามของเม่นแต่งตัวน้ำตาล มีลักษณะเป็นลายเห็นได้ชัดเจน (ภาพที่ 19) มีสีน้ำตาลสลับกับสีขาวจาง ๆ บริเวณใกล้ปาก โดยบริเวณส่วนบนของลำตัวหนามค่อนข้างสั้น และจะเริ่มยาวขึ้นเมื่อเข้าไปใกล้บริเวณด้านล่างของลำตัว อวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล (ภาพที่ 20) มีลักษณะเป็นพู จำนวน 5 พู มีสีไม่แน่นอน ทั้งสีครีม สีส้ม สีเหลือง หรืออาจจะมียึดลำในบางตัว



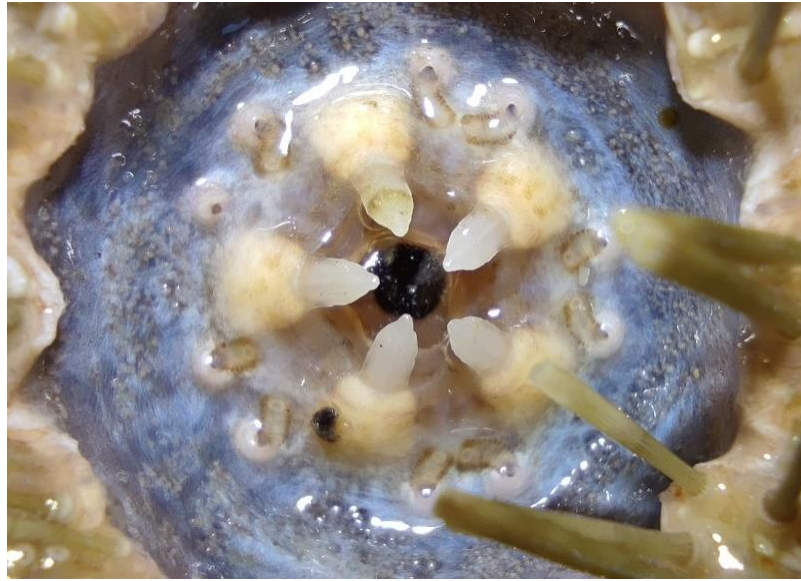
ภาพที่ 13 ลักษณะของแผ่นหินปูนบริเวณที่ไม่มีเท้าท่อ (interambulacrum) และบริเวณที่มีรูให้เท้าท่อยื่นออกมา (ambulacrum)



ภาพที่ 14 ลักษณะด้านปาก (oral) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



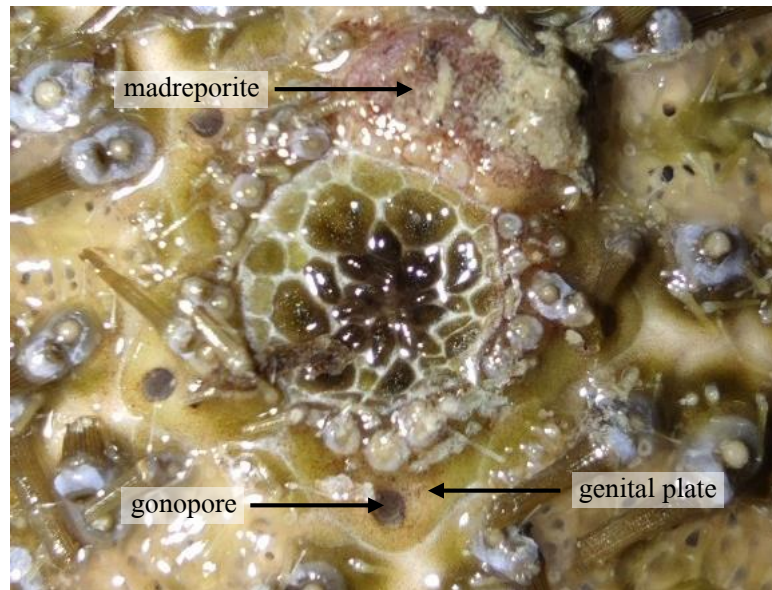
ภาพที่ 15 ลักษณะด้านตรงข้ามปาก (aboral) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



ภาพที่ 16 ลักษณะฟัน (Aristotle's lantern) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



ภาพที่ 17 ลักษณะอวัยวะขับถ่าย (anus) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



ภาพที่ 18 ลักษณะแผ่นเซดล์สืบพันธุ์ (genital plate) ช่องปล่อยเซดล์สืบพันธุ์ (gonopore) และแผ่นการหมุนเวียนของน้ำ (madreporite) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



ภาพที่ 19 ลักษณะหนาม (spine) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาล



ภาพที่ 20 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) ของमेंแตงตัวน้ำจืด

4.8 สัดส่วนเพศของเม่นแต่งตัวน้ำตาล

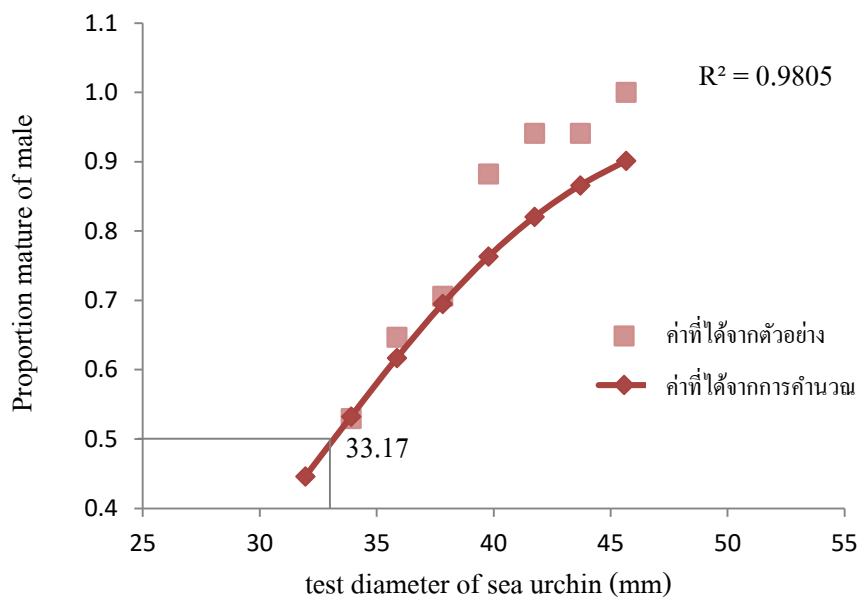
จากการศึกษาสัดส่วนเพศของเม่นแต่งตัวน้ำตาลระหว่างเพศผู้และเพศเมียที่พบในอ่าวปัตตานีจำนวน 180 ตัว โดยแบ่งเป็นตัวผู้ 85 ตัว และตัวเมีย 95 ตัว พบว่าสัดส่วนเพศของเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 0.9:1.0 จากการทดสอบ Chi-square test ไม่มีความแตกต่าง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 สัดส่วนเพศของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานี

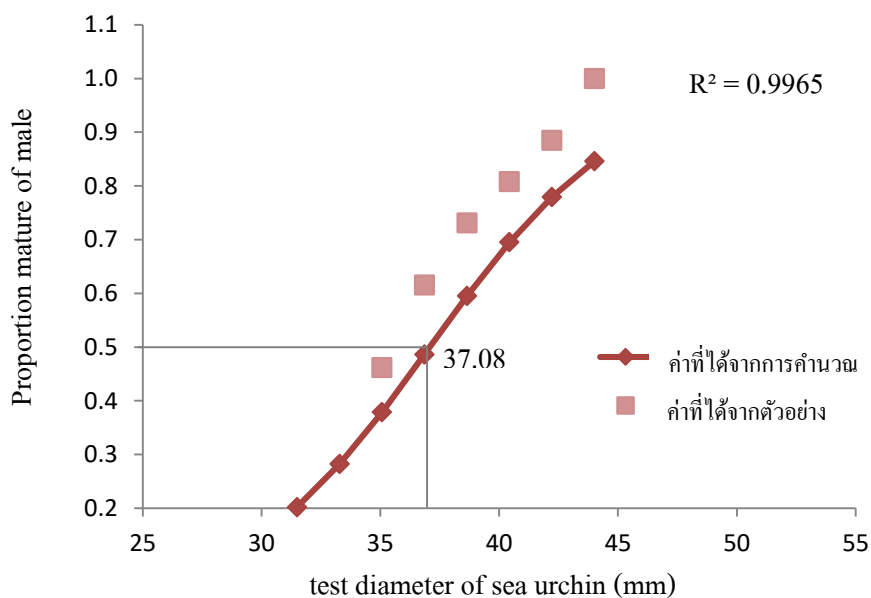
gender	number of sea urchin	ratio
male	85	0.9
female	95	1.0
total	180	0.9:1.0

4.9 ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ (size at first maturity; diameter)

จากการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นแต่งตัวที่พบในอ่าวปัตตานี โดยมีเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ที่ถึงวัยเจริญพันธุ์ จำนวน 17 ตัว จากจำนวนทั้งหมด 85 ตัว คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20.0 และเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศเมียที่ถึงวัยเจริญพันธุ์ จำนวน 26 ตัว จากจำนวนทั้งหมด 95 ตัว คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.36 จากการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์โดยวิธีการแจกแจงนับแบบกระจายความความถี่ ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter) เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแรกเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (L_{50}) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาด โดยใช้สัดส่วนของเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละเพศที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ (mature) มาคำนวณตามสมการ logistic equation พบว่า เม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 33.17 มิลลิเมตร (ภาพที่ 21) ในขณะที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 37.08 มิลลิเมตร (ภาพที่ 22) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (test diameter) กับสัดส่วนของการเจริญพันธุ์ตาม logistic equation ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลเพศผู้ (male) ที่พบในอ่าวปัตตานี



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (test diameter) กับสัดส่วนของการเจริญพันธุ์ตาม logistic equation ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลเพศเมีย (female) ที่พบในอ่าวปัตตานี

4.10 ดัชนีทางอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด

จากการศึกษาพบว่าในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (23.30-31.93 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (31.93-40.57 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (40.57-49.20 มิลลิเมตร) พบอาหาร 7 กลุ่มด้วยกัน คือ polychaete (29.15%) mollusc (24.69%) crustaceans (22.25%) sand (10.62%) sponge (4.88%) fish (4.83%) และ plant (3.58%) ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดเล็กมีทรายเป็นองค์ประกอบในกระเพาะอาหารสูงมาก เท่ากับ 21.24% และสัดส่วนของทรายเป็นองค์ประกอบในกระเพาะอาหารลดลงเมื่อเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดมีขนาดใหญ่ขึ้น เท่ากับ 21.24%, 10.85% และ 5.76% ตามลำดับ โดยเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดมีแนวโน้มที่จะเลือกกิน crustaceans เท่ากับ 21.24%, 22.47% และ 21.94% mollusc เท่ากับ 13.48%, 24.89% และ 28.37% polychaete เท่ากับ 23.85%, 28.18% และ 34.36% ตามลำดับ ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น (ตารางที่ 11)

ค่าดัชนีทางอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดที่พบประกอบด้วย จำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยต่อกระเพาะอาหารที่แสดงถึงจำนวนชนิดของอาหารเฉลี่ย (average of food items) ที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด ค่าเท่ากับ 2.88 ± 1.38 ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารเฉลี่ย (fullness index) เท่ากับ 4.56 ± 2.40 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดที่ศึกษามีปริมาณอาหารในกระเพาะอาหารปานกลาง ค่าดัชนีกระเพาะอาหารว่าง (vacuity index) เท่ากับ 16.13 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดร้อยละ 16.13 ไม่พบอาหารในกระเพาะอาหาร และเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด ร้อยละ 83.87 มีอาหารอยู่ในกระเพาะอาหารและค่าความกว้างของอาหาร (diet breadth) เท่ากับ 0.43 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดกินอาหารที่ไม่หลากหลายมากนัก (ตารางที่ 11)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ถึงผลของขนาดของเม่นทะเลต่อค่าการเต็มกระเพาะอาหาร (FL) พบว่า ขนาดของเม่นทะเลไม่มีผลต่อค่าการเต็มกระเพาะอาหาร ($P > 0.05$) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ถึงผลของขนาดของเม่นทะเลต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด พบว่าขนาดของเม่นทะเลมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นทะเลกินเข้าไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบว่าแต่ละขนาดมีความแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้ Tukey HSD พบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดเล็กมีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยแตกต่างกับเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดกลางและขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) ในขณะที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดกลางและขนาดใหญ่มีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดเล็กมีจำนวนชนิดของ

อาหารเฉลี่ยในกระเพาะอาหารสูงที่สุด เท่ากับ 4.25 ± 0.62 รองลงมา คือ เม่นแต่งตัวน้ำตาล ขนาดกลางและขนาดใหญ่มีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ย เท่ากับ 2.89 ± 1.41 และ 2.32 ± 1.11 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าขนาดมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลเลือกกินแม้ว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาล ทั้งหมดอาศัยอยู่บริเวณเดียวกัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ถึงผลของเดือนที่มีต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหาร พบว่า เดือนมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นทะเลกินเข้าไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบว่าแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้ Tukey HSD พบว่า ในเดือนเมษายน เม่นแต่งตัวน้ำตาลมีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยแตกต่างกับเดือนพฤษภาคม มิถุนายนและกรกฎาคมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$) และในเดือนพฤษภาคมเม่นแต่งตัวน้ำตาลมีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยแตกต่างกับเดือนกรกฎาคมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่เดือนพฤษภาคมกับเดือนมิถุนายน และเดือนมิถุนายนกับเดือนกรกฎาคมมีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยในเดือนเมษายนเม่นแต่งตัวน้ำตาลมีจำนวนชนิดของอาหารเฉลี่ยในกระเพาะอาหารมากที่สุด เท่ากับ 4.43 ± 1.04 รองลงมา ในเดือนพฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม เท่ากับ 3.00 ± 1.20 , 2.50 ± 1.22 และ 2.17 ± 0.99 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเดือนมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลเลือกกินแม้ว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้งหมดอาศัยอยู่บริเวณเดียวกัน

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของ fullness index ในกระเพาะอาหารของเม่นต่างตัวน้ำตลที่พบในอ่าว
ปัตตานี ระหว่างเดือนเมษายน 2563 – เดือนกรกฎาคม 2563 (average of food items
และ fullness index ; Mean±SD)

size of sea urchin	small (23.30-31.93 mm.)	medium (31.93-40.57 mm.)	large (40.57-49.20 mm.)	overall (23.30-49.20 mm.)
number of sample	12	101	31	144
total food items	7	7	7	7
average of food items	4.25±0.62	2.89±1.41	2.32±1.11	2.88±1.38
fullness index	5.33±2.77	4.60±2.29	4.10±2.60	4.56±2.40
vacuity index (VI)	6.25	15.65	25.00	16.13
diet breadth (Bi)	0.76	0.63	0.49	0.43
food items (%V)				
fish	7.52	5.39	1.96	4.83
crustaceans	21.24	22.47	21.94	22.25
mollusc	13.48	24.89	28.37	24.69
plant	6.06	3.72	2.15	3.58
sand	21.24	10.85	5.76	10.62
polychaete	23.85	28.18	34.36	29.15
sponge	6.60	4.50	5.46	4.88
total	100	100	100	100

4.11 ความสัมพันธ์ทางอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล ตามขนาด

จากการศึกษาการซ้อนทับของอาหาร (diet overlap) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (23.30-31.93 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (31.93-40.57 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (40.57-49.20 มิลลิเมตร) พบว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดกลางกับขนาดใหญ่มีค่าการซ้อนทับของอาหารสูงมากโดยมีค่าเท่ากับ 0.98 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้ง 2 ขนาดมีพฤติกรรมในการเลือกกินอาหารที่เหมือนกัน รองลงมา คือ เม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กกับขนาดกลาง มีค่าการซ้อนทับของอาหารสูง โดยมีค่าเท่ากับ 0.93 และเม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กกับขนาดใหญ่ มีค่าการซ้อนทับของอาหารเท่ากับ 0.86 ตามลำดับ แสดงว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลทุกขนาดที่พบในบริเวณนี้มีพฤติกรรมในการเลือกกินอาหารคล้ายคลึงกัน เพียงแต่เม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กแต่ละตัวมีความสามารถในการกินอาหารที่หลากหลายกว่า (ตารางที่ 12)

อย่างไรก็ตามอาหารที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กเลือกกินเป็นกลุ่มอาหารที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดใหญ่เลือกกินเกือบทั้งหมดเช่นกัน โดยพิจารณาจากค่าการซ้อนทับของอาหารระหว่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาด

ตารางที่ 12 ค่าการซ้อนทับของอาหาร (diet overlap) ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่มีขนาดแตกต่างกัน ที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนเมษายน 2563 – เดือนกรกฎาคม 2563

size (mm)	small	medium	large
small (23.30-31.93)	-	-	-
medium (31.93-40.57)	0.93	-	-
large (40.57-49.20)	0.86	0.98	-

4.12 ระยะการพัฒนของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาล

จากผลการศึกษาระยะการพัฒนของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลในห้องปฏิบัติการสามารถจำแนกลักษณะของระยะต่าง ๆ ได้ดังนี้ คือ ระยะการพัฒนของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลเพศผู้ (ภาพที่ 23) และระยะการพัฒนของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลเพศเมีย (ภาพที่ 24)

4.12.1 ระยะการพัฒนของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลเพศผู้

ระยะที่ 1 recovering

ในระยะที่ 1 เป็นระยะของการพัฒนาและระยะฟื้นฟูอวัยวะสืบพันธุ์ โดยในระยะนี้อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (male) พบเซลล์อสุจิ (sperm) จำนวนมากอยู่ตามผนังเซลล์ และมี nutritive phagocytes จำนวนมาก ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ในระยะนี้มีลักษณะเรียบเป็นเนื้อเดียวกัน

ระยะที่ 2 growing

ในระยะที่ 2 จะเริ่มปรากฏลักษณะการแยกตัวของ spermatogonium ที่บริเวณผนังเซลล์ ทำให้เห็น nutritive phagocytes มีจำนวนน้อยลง

ระยะที่ 3 pre-mature

ในระยะที่ 3 จะเริ่มปรากฏลักษณะของ spermatozoon บริเวณกลางเซลล์ ซึ่งมองเห็นได้อย่างชัดเจน โดยในระยะนี้จะถูกล้อมรอบด้วย nutritive phagocytes

ระยะที่ 4 mature

ในระยะที่ 4 spermatozoon บริเวณกลางเซลล์ มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าระยะที่ 3 อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในระยะนี้เป็นระยะที่เม่นแตงตัวน้ำตาลเพศผู้มีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

ระยะที่ 5 spent

ในระยะที่ 5 เป็นระยะหลังจากเม่นแตงตัวน้ำตาลเพศผู้ ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยจะปรากฏลักษณะของ residual spermatozoa ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่ยังหลงเหลือ หลังจากระยะนี้เซลล์สืบพันธุ์จะมีการฟื้นฟูและพัฒนากลับไปสู่ระยะที่ 1 recovering อีกครั้ง

4.12.2 ระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของเม่นแตงตัวน้ำตาลเทศเมีย

ระยะที่ 1 recovering

ในระยะที่ 1 เป็นระยะของการพัฒนาและระยะฟื้นฟูอวัยวะสืบพันธุ์ โดยในระยะนี้อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (female) พบเซลล์ไข่ (ovary) และมี nutritive phagocytes จำนวนมาก ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ในระยะนี้มีลักษณะเรียบเป็นเนื้อเดียวกันคล้ายกับเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้

ระยะที่ 2 growing

ในระยะที่ 2 จะเริ่มปรากฏลักษณะการแยกตัวของ oocyte ที่บริเวณผนังเซลล์อย่างชัดเจน และมีช่องว่างเกิดขึ้นบริเวณโดยรอบ ทำให้เห็น nutritive phagocytes มีจำนวนน้อยลง

ระยะที่ 3 pre-mature

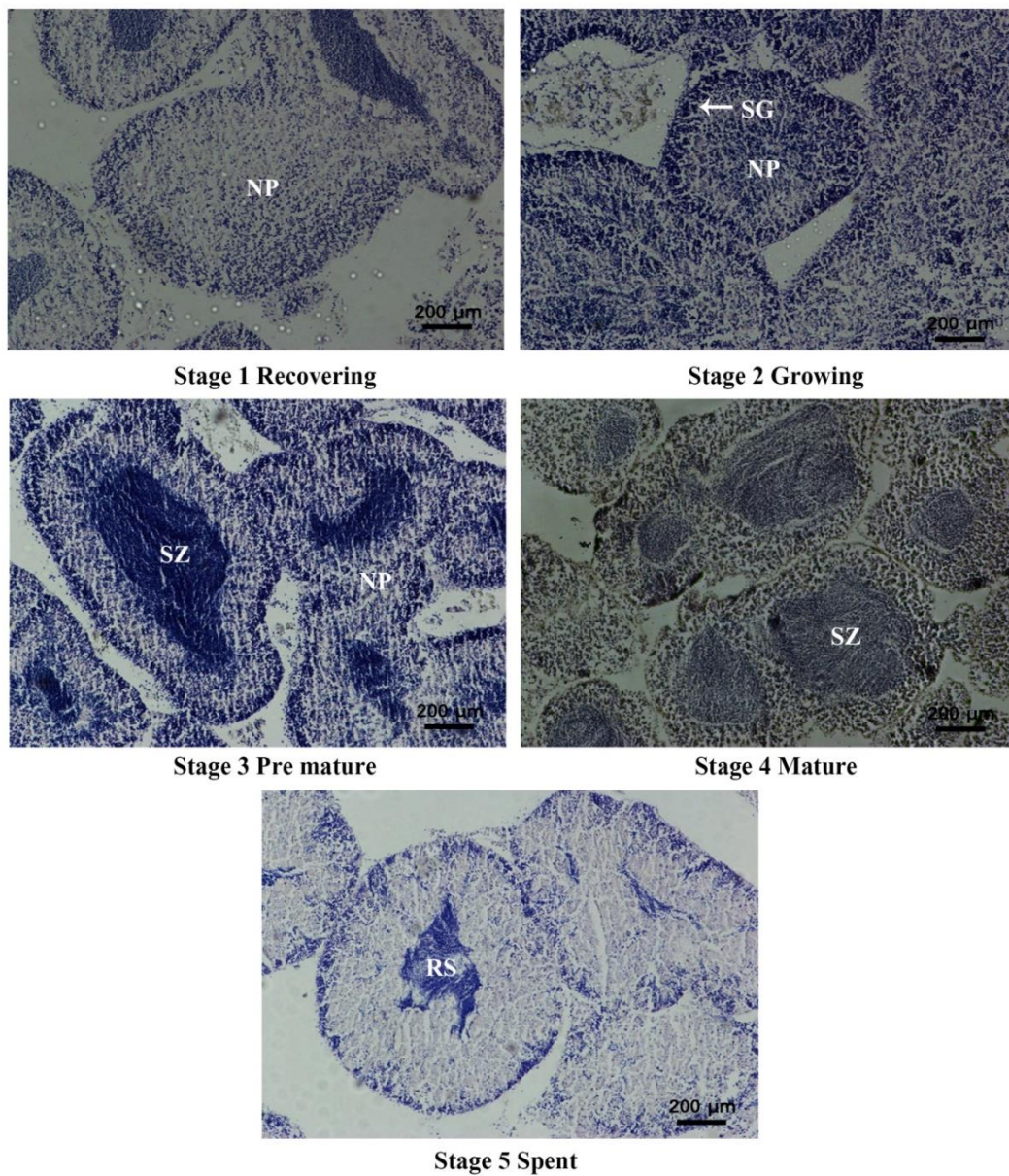
ในระยะที่ 3 จะเริ่มปรากฏลักษณะของ ripe ovum บริเวณกลางเซลล์ ทำให้เกิดช่องว่างจำนวนมากภายในเซลล์ ทำให้เห็น nutritive phagocytes ได้น้อยลง

ระยะที่ 4 mature

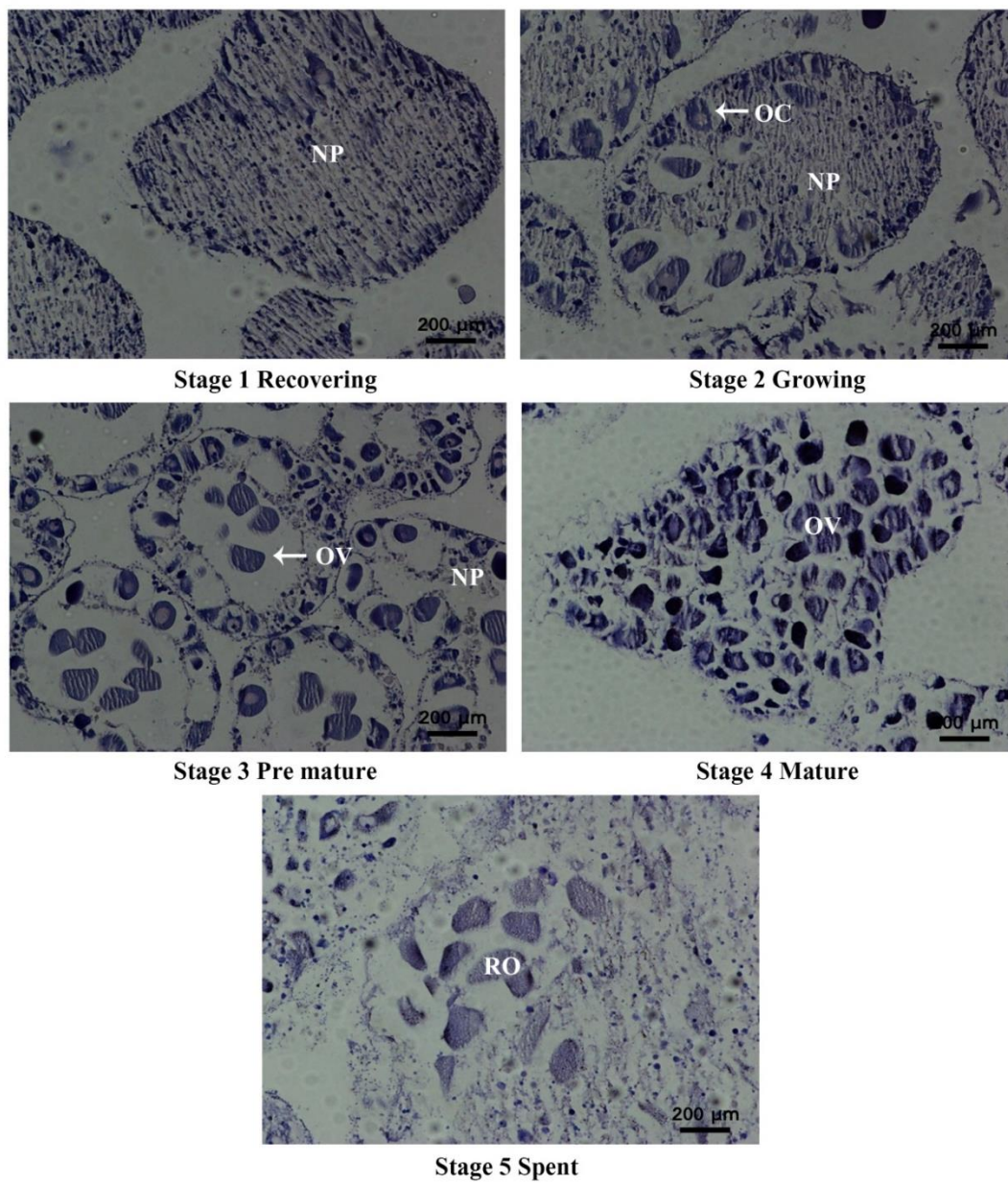
ในระยะที่ 4 จะปรากฏ ripe ovum จำนวนมาก กระจายอยู่ภายในเซลล์อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในระยะนี้เป็นระยะที่เม่นแตงตัวน้ำตาลเทศเมียมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

ระยะที่ 5 spent

ในระยะที่ 5 เป็นระยะหลังจากเม่นแตงตัวน้ำตาลเทศเมีย ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ โดยจะปรากฏลักษณะของ residual ovum ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียที่ยังหลงเหลือ หลังจากระยะนี้เซลล์สืบพันธุ์จะมีการฟื้นฟูและพัฒนากลับไปสู่ระยะที่ 1 recovering อีกครั้ง



ภาพที่ 23 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ระยะต่าง ๆ ของเม่นแตงตัวน้ำจืดเพศผู้ที่พบในอำเภอบ้านนา ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 NP = nutritive phagocyte, SG= spermatogonium, SZ = spermatozoon และ RS = residual spermatozoa



ภาพที่ 24 ลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ระยะต่าง ๆ ของเม่นแตงตัวน้ำตาลเพศเมีย ที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561-เดือนมกราคม 2563 NP = nutritive phagocyte, OC = oocyte, OV = ripe ovum และ RO = residual ovum

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 ความสัมพันธ์ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เม่นแต่งตัวน้ำตาลจะพบแพร่กระจายในอ่าวปัตตานีบริเวณสถานีที่ 3, 5, 6 และ 8 เท่านั้น (ภาพที่ 10) และไม่พบเม่นแต่งตัวน้ำตาลในสถานีที่ 1, 2, 7 และ 4 โดยพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม อันประกอบด้วย ความเค็ม ความลึก ความโปร่งใส่ ความเป็นกรด-ด่างของดินและอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานี (ภาพที่ 11) สอดคล้องกับการศึกษาการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี เนื่องจากสถานีที่พบเม่นแต่งตัวน้ำตาลชุกชุมนั้น บริเวณที่น้ำทะเลมีความเค็มค่อนข้างสูง พื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะเป็นทรายปนโคลน น้ำค่อนข้างลึกและมีความโปร่งใส่กว่าสถานีอื่น ๆ แสดงว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณนี้มีความเหมาะสมต่อการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาล ในขณะที่บริเวณสถานีที่ 1, 2 และ 7 มีลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นโคลนละเอียด เนื่องจากเป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำยะหริ่ง และสถานีที่ 4 เป็นพื้นที่รองรับน้ำจืดจากแม่น้ำปัตตานี ทำให้บริเวณนี้ความเค็มของน้ำมีความแปรผันสูง ส่งผลให้บริเวณนี้ไม่พบการแพร่กระจายของเม่นแต่งตัว เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต

5.2 ความสัมพันธ์ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลกับสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก

จากการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้การวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยด้วยวิธี principal components analysis (PCA) พบว่าสัตว์หน้าดินขนาดเล็กกลุ่ม กลุ่ม polychaete สกุล *Nephtys* 2 *Glycera* 2 และ *Perinereis* กลุ่ม mollusc สกุล *Clithon* และ *Barbatia* และ crustaceans กลุ่ม amphipod และสกุล *Lepidophthalmus* มีความสัมพันธ์ทางบวกกับเม่นแต่งตัวน้ำตาล ที่พบในอ่าวปัตตานี (ภาพที่ 12) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในเม่นทะเลชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 13) พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Elmasry *et al.* (2013) พบว่าในแหล่งอาศัยของเม่นทะเลชนิด *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Arbacia lixula* และ *Psammechinus microtuberculatus* พบการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน กลุ่ม mollusc ประกอบด้วย clams, oysters, mussels, whelks และ limpets กลุ่ม crustaceans ประกอบด้วย barnacles, snapping shrimp, crabs และ amphipods กลุ่ม polychaete ประกอบด้วย nereids, small tube worms และ nematods กลุ่ม sponge ประกอบด้วย encrusting, brachiopods และ bryozoa และกลุ่มอื่นๆ และการศึกษาของ Yorke *et al.* (2019) พบว่าในแหล่งอาศัยของเม่นทะเลชนิด *Strongylocentrotus purpuratus* พบการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินกลุ่ม mollusc ชนิด

Thylacodes squamigerus กลุ่ม crustaceans ชนิด *Chthamalus* sp. และ *Megabalanus californicus* และกลุ่ม polychaete ชนิด *Chaetopterus* sp. นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล เนื่องจากชนิดอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย polychaete, mollusc และ crustaceans เป็นองค์ประกอบหลักที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล โดยมี %V เท่ากับร้อยละ 29.15, 24.69 และ 22.25 ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 76.09 ของอาหารทั้งหมด ในขณะที่กลุ่มอาหารอื่น ๆ พบเพียงร้อยละ 23.91 (ตารางที่ 10) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่พบการแพร่กระจายของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลจำนวนมาก เนื่องจากพบการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินขนาดเล็กเหล่านี้สูง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญและยังเป็นปัจจัยที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ของเม่นทะเลกับสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก

ที่มา	ชนิดเม่นทะเล	กลุ่มสัตว์หน้าดินที่พบ
การศึกษาในครั้งนี้	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	polychaete, mollusc และ crustaceans
Elmasry et al. (2013)	<i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Sphaerechinus granularis</i> , <i>Arbacia lixula</i> และ <i>Psammechinus microtuberculatus</i>	mollusc, crustacean, polychaetes และ sponge
Yorke et al. (2019)	<i>Strongylocentrotus purpuratus</i>	mollusc, crustacean และ polychaetes

5.3 ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล

ข้อมูลที่พบจากการศึกษาในครั้งนี้นับว่าเป็นการศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาการสืบพันธุ์ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลขึ้นเป็นครั้งแรกในโลก ดังนั้นจึงสามารถอภิปรายผลเชิงเปรียบเทียบกับเม่นทะเลชนิดอื่นที่มีการศึกษามาก่อนจากพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานีมีสัดส่วนของเพศผู้ต่อเพศเมีย เท่ากับ 0.9:1.0 จากผลการทดสอบ Chi-square test ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานี มีค่าเท่ากับ 1:1 ซึ่งรูปแบบสัดส่วนดังกล่าวนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในเม่นทะเลชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 14) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ikeda (1931) ซึ่งพบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 1.02:1.00 Shapiro (1935) พบว่าสัดส่วนเพศผู้

ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *Arbacia punctulata* มีค่าเท่ากับ 1.00:1.03 Neefs (1953) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *Arbacia lixula* มีค่าเท่ากับ 1.02:1.00 Lamare *et al.* (2002) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *Evechinus chloroticus* มีค่าเท่ากับ 1:1 Gianguzza *et al.* (2008) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *P. lividus* บริเวณเกาะ Ustica ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีค่าเท่ากับ 1:1 Lima *et al.* (2009) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *Echinometra lucunter* มีค่าเท่ากับ 1:1.12 Zhao *et al.* (2010) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *S. intermedius* มีค่าเท่ากับ 1:1 Feng *et al.* (2019) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *Heliocidaris crassispina* มีค่าเท่ากับ 0.7:1 Ouchene *et al.* (2021) พบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *P. lividus* ชายฝั่งทางใต้ของโมร็อกโก บริเวณ Sidi R'bat มีค่าเท่ากับ 1: 0.66 บริเวณ Cap Gbir มีค่าเท่ากับ 1:0.69 และบริเวณ Anza มีค่าเท่ากับ 1:0.76 ในขณะที่การศึกษาของ Hasan (2019) แตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้โดยพบว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลชนิด *E. mathaei* ในช่วงระหว่างปี 1992-1993 มีค่าเท่ากับ 1:2.5 และระหว่างปี 2015-2016 มีค่าเท่ากับ 1:2.4 จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียของเม่นทะเลส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 14 สัดส่วนเพศของเม่นทะเล

ที่มา	ชนิดเม่นทะเล	สัดส่วนเพศ (เพศผู้:เพศเมีย)
การศึกษาในครั้งนี้	<i>T. toreumaticus</i>	0.9:1.0
Ikeda (1931)	<i>T. toreumaticus</i>	1.02:1.00
Shapiro (1935)	<i>Arbacia punctulata</i>	1.00:1.03
Neefs (1953)	<i>A. lixula</i>	1.02:1.00
Lamare <i>et al.</i> (2002)	<i>Evechinus chloroticus</i>	1:1
Gianguzza <i>et al.</i> (2008)	<i>P. lividus</i>	1:1
Lima <i>et al.</i> (2009)	<i>Echinometra lucunter</i>	1:1.12
Zhao <i>et al.</i> (2010)	<i>S. intermedius</i>	1:1
Feng <i>et al.</i> (2019)	<i>Heliocidaris crassispina</i>	0.7:1
Hasan (2019)	<i>E. mathaei</i>	1:2.5 (1992-1993) และ 1:2.4 (2015-2016)
Ouchene <i>et al.</i> (2021)	<i>P. lividus</i>	1: 0.66 , 1: 0.69 และ 1: 0.76

จากการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นแฉ่งตัวที่พบในอ่าวปัตตานี โดยมีเม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศผู้ที่ถึงระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์จำนวน 17 ตัว จากจำนวนทั้งหมด 85 ตัว คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20.0 และเม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศเมียที่ถึงวัยเจริญพันธุ์จำนวน 26 ตัว จากจำนวนทั้งหมด 95 ตัว คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.36 และจากการคำนวณตามสมการ logistic equation โดยใช้สัดส่วนของเม่นแฉ่งตัวน้ำตลแต่ละเพศที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ (mature) พบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศผู้มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 33.17 มิลลิเมตร (ภาพที่ 21) ในขณะที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 37.08 มิลลิเมตร (ภาพที่ 22) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตลเพศผู้เมื่อถึงระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ เนื่องจากไม่พบข้อมูลเกี่ยวกับขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตลชนิดนี้ จึงได้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเลชนิดอื่น ทั้งนี้พบว่ารูปแบบความแตกต่างของขนาดระหว่างเพศเมื่อเข้าสู่ระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นแฉ่งตัวน้ำตล เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในเม่นทะเลชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 15) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ouchene *et al.* (2021) ซึ่งพบว่าขนาดของระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเลชนิด *P. lividus* ชายฝั่งทางใต้ของโมร็อกโก บริเวณ Sidi R'bat เพศผู้ มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 30.41 มิลลิเมตร เพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 34.00 มิลลิเมตร บริเวณ Cap Ghir เพศผู้ มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 33.69 มิลลิเมตร เพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 36.52 มิลลิเมตร และบริเวณ Anza เพศผู้มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 30.37 มิลลิเมตร เพศเมียมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 31.44 มิลลิเมตร Fujii (1960) พบว่าเม่นทะเลชนิด *S. intermedius* มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์อยู่ระหว่าง 30-35 มิลลิเมตร และเม่นทะเลชนิด *S. nudus* มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์อยู่ระหว่าง 40-45 มิลลิเมตร Lima *et al.* (2009) พบว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเลชนิด *E. lucunter* เพศผู้ มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 20.8 มิลลิเมตร เพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 21.4 มิลลิเมตร Machado *et al.* (2019) พบว่าเม่นทะเลชนิด *P. lividus* มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 35.9 มิลลิเมตร ในขณะที่การศึกษาของ Hasan (2019) พบว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเลชนิด *E. mathaei* ในช่วงเวลาที่ต่างกันระหว่างปี 1992-1993 เพศผู้มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 20.3 มิลลิเมตร เพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 22.5 มิลลิเมตร และระหว่างปี 2015-2016 เพศผู้มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 15.0 มิลลิเมตร เพศเมียมีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์เท่ากับ 18.0 มิลลิเมตร แสดงว่าตลอดช่วงเวลา 23 ปี เม่นทะเลชนิด *E. mathaei* มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ลดลง 5.3 มิลลิเมตร ในเพศผู้ และ 4.5 มิลลิเมตร ในเพศเมียซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) จากการศึกษาขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ในครั้งนี้สรุปได้ว่าเม่นทะเลเพศเมียมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (test diameter) ใหญ่กว่าขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเลเพศผู้

ตารางที่ 15 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นทะเล

ที่มา	ชนิดเม่นทะเล	เพศผู้ (มิลลิเมตร)	เพศเมีย (มิลลิเมตร)
การศึกษาในครั้งนี้	<i>T. toreumaticus</i>	33.17	37.08
Fuji (1960)	<i>S. intermedius</i>		30-35
	<i>S. nudus</i>		40-45
Machado et al. (2019)	<i>P. lividus</i>		35.9
Lima et al. (2009)	<i>E. lucunter</i>	20.8	21.4
Hasan (2019)	<i>E. mathaei</i> (1992-1993)	20.3	22.5
	<i>E. mathaei</i> (2015-2016)	15.0	18.0
Ouchene et al. (2021)	<i>P. lividus</i>	30.41, 33.69 และ 30.37	34.00, 36.52 และ 31.44

5.4 องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (23.30-31.93 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (31.93-40.57 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ (40.57-49.20 มิลลิเมตร) พบอาหาร 7 กลุ่มด้วยกัน โดยที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้ง 3 ขนาด มีพฤติกรรมในการเลือกกิน polychaete เป็นอาหารหลัก ร้อยละ 29.15 รองลงมา mollusc ร้อยละ 24.69 crustacean ร้อยละ 22.25 sand ร้อยละ 10.62 sponge ร้อยละ 4.88 fish ร้อยละ 4.83 และ plant ร้อยละ 3.58 ตามลำดับ โดยที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลมีการกินปลา ฟองน้ำ และพืช เพียงเล็กน้อย ในขณะที่เดียวกันยังพบองค์ประกอบของทรายอยู่ในกระเพาะอาหารด้วย

ผลการศึกษานี้ นับว่าเป็นรายงานองค์ประกอบชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลชนิด *T. toreumaticus* เป็นครั้งแรก เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของอาหารที่เม่นทะเลชนิดอื่นกิน (ตารางที่ 16) จะเห็นได้ว่าอาหารส่วนใหญ่ที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลชนิดนี้ มีความคล้ายคลึงกับอาหารในกระเพาะของเม่นทะเลชนิด *Paracentrotus gaimardi* ได้แก่ ไบรโอซัว, ครัสเตเชียน, หอยฝาเดียว, ฟองน้ำ, เศษซากอินทรีย์ และเม็ดทราย (Villaça, 1991) นอกจากนี้ Nam and Jae (2012) รายงานว่าในกระเพาะอาหารของเม่นทะเล *A. crassispina* และ *H. pulcherrimus* พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มครัสเตเชียนสองชนิด คือ *Caprella mutica* และ *Balanus trigonus* การศึกษาของ Endo et al. (2007) พบว่าเม่นทะเลชนิด *S. nudus* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ กลุ่ม porifera, hydrozoa, bryozoa, polychaeta, gastropoda, bivalvia, cirripedia, malacostraca, terrestrial insect, sand และ unclassified organisms

และเม่นทะเลชนิด *H. pulcherrimus* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ กลุ่ม hydrozoa, bryozoa, polychaeta, gastropoda, bivalvia, cirripedia, malacostraca, sand และ unclassified organisms และจากการศึกษาของ Jacob *et al.* (2003) พบว่าเม่นทะเลชนิด *Ctenocidaris gigantea* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะสูงสุด 10 กลุ่ม ประกอบด้วย porifera, bryozoa, sed II, sed I, hydrozoa, faeces, platyhelminthes, crustacea, eggs และ bivalvia รองลงมา เม่นทะเลชนิด *C. spinosa* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ 9 กลุ่ม ประกอบด้วย bryozoa, sed I, foraminifera, hydrozoa, sed II, porifera, polychaeta, eggs และ bivalvia เม่นทะเลชนิด *Notocidaris mortensenii* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ 7 กลุ่ม ประกอบด้วย sed I, bryozoa, hydrozoa, porifera, sed II, faeces และ eggs เม่นทะเลชนิด *Sterechinus antarcticus* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ 7 กลุ่ม ประกอบด้วย bryozoa, organic matter, diatoms, sed II, sed I, foraminifera และ porifera และ เม่นทะเลชนิด *S. neumayeri* มีองค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ 7 กลุ่ม ประกอบด้วย bryozoa, diatoms, organic matter, sed I, porifera, foraminifera และ polychaeta ตามลำดับ เม่นทะเลทั้ง 5 ชนิด มีการกินอาหารที่คล้ายคลึงกัน ในขณะที่การศึกษาของ Vaitilingon *et al.* (2003) พบว่าเม่นทะเล *Tripneustes gratilla* เลือกกินหญ้าทะเล *Syringodium isoetifolium* เป็นอาหารหลัก

ตารางที่ 16 องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นทะเล

ที่มา	ชนิดเม่นทะเล	กลุ่มอาหารที่พบในกระเพาะ
การศึกษาในครั้งนี้	<i>T. toreumaticus</i>	polychaete, mollusc, crustacean, sand, sponge, fish และ plant
Villaça (1991)	<i>Anthocidaris crassispina</i> และ <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	crustacean
Endo <i>et al.</i> (2007)	<i>S. nudus</i> <i>H. pulcherrimus</i>	porifera, hydrozoa, bryozoa, polychaeta, gastropoda, bivalvia, cirripedia, malacostraca, terrestrial insect, sand และ unclassified organisms hydrozoa, bryozoa, polychaeta, gastropoda, bivalvia, cirripedia, malacostraca, sand และ unclassified organisms

Jacob <i>et al.</i> (2003)	<i>Ctenocidaris gigantea</i>	porifera, bryozoa, sed II, sed I, hydrozoa, faeces, platyhelminthes, crustacea, eggs และ bivalvia
	<i>C. spinosa</i>	bryozoa, sed I, foraminifera, hydrozoa, sed II, porifera, polychaeta, eggs และ bivalvia
	<i>Notocidaris mortenseni</i>	sed I, bryozoa, hydrozoa, porifera, sed II, faeces และ eggs
	<i>Sterechinus antarcticus</i>	bryozoa, organic matter, diatoms, sed II, sed I, foraminifera และ porifera
	<i>S. neumayeri</i>	bryozoa, diatoms, organic matter, sed I, porifera, foraminifera และ polychaeta
Vautilingon <i>et al.</i> (2003)	<i>Tripneustes gratilla</i>	seagrass

ค่าดัชนีทางอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดที่พบในอ่าวปัตตานี พบว่ามีจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด ค่าเท่ากับ 2.88 ± 1.38 มีค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารเฉลี่ย (fullness index) มีค่าเท่ากับ 4.56 ± 2.40 (จากค่า FL เท่ากับ 8) หรือคิดเป็นร้อยละ 57 ของความจุกระเพาะอาหาร แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดในอ่าวปัตตานีมีปริมาณอาหารในกระเพาะอาหารตามค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารสูงกว่าเม่นทะเลชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 17) ตามรายงานจากการศึกษาของ Jacob *et al.* (2003) ที่พบว่าเม่นทะเล 5 ชนิด ประกอบด้วย *C. gigantean* มีค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 (จากค่า FL เท่ากับ 16) คิดเป็นร้อยละ 52.5 *C. spinosa* มีค่าเท่ากับ 5.3 คิดเป็นร้อยละ 33.1 *N. mortenseni* มีค่าเท่ากับ 5.8 คิดเป็นร้อยละ 36.3 *S. antarcticus* มีค่าเท่ากับ 5.7 คิดเป็นร้อยละ 35.6 และ *S. neumayeri* มีค่าเท่ากับ 6.2 คิดเป็นร้อยละ 38.8 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดที่พบในอ่าวปัตตานีมีปริมาณอาหารในกระเพาะสูงกว่ารายงานดังกล่าว

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีการเติมกระเพาะอาหารของเม่นทะเล

ที่มา	ชนิดเม่นทะเล	ค่าดัชนีการเติมกระเพาะอาหาร	ร้อยละ
การศึกษาในครั้งนี้	<i>T. toreumaticus</i>	4.56	57.0
Jacob <i>et al.</i> (2003)	<i>C. gigantea</i>	8.4	52.5
	<i>C. spinosa</i>	5.3	33.1
	<i>N. mortenseni</i>	5.8	36.3
	<i>S. antarcticus</i>	5.7	35.6
	<i>S. neumayeri</i>	6.2	38.8

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาบางประการของเม่นแต่งตัวน้ำตาล (*T. toreumaticus*) ในอ่าวปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2561 ถึง เดือนกรกฎาคม 2563 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การแพร่กระจายของเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอ่าวปัตตานี มีความชุกชุมเฉลี่ย จำนวน 22 ตัวต่อ 1,000 ตารางเมตร โดยพบมากที่สุด ในสถานีที่ 8, 6, 5 และ 3 จำนวนเฉลี่ย 55.56, 19.44, 5.56 และ 5.56 ตัวต่อ 1,000 ตารางเมตร ตามลำดับ และไม่พบเม่นแต่งตัวน้ำตาลในสถานีที่ 1, 2, 4 และ 7

2. สัตว์หน้าดินขนาดเล็กบริเวณพื้นที่ศึกษา พบทั้งหมด 3 ไฟลัม ประกอบด้วย arthropoda, mollusca และ annelida 5 คลาส ประกอบด้วย bivalvia 12 สกุล gastropoda 8 สกุล polychaeta 8 สกุล malacostraca 4 สกุล และ thecostraca 1 สกุล 13 อันดับ ประกอบด้วย adapedonta, amphipoda, arcoida, caenogastropoda, decapoda, nukuloida, ostreoida, pactinida, phyllodocida, pterioida, sessilia, tanaidacea และ venerida 28 วงศ์ ประกอบด้วย alpheidae, arcidae, balanidae, callianassidae, cerithidae, gammaridae, glyceridae, leucosiidae, mactridae, marginellidae, megalonidae, melongnidae, muricidae, mytilidae, nassariidae, nephtyidae, nereididae, neritidae, noetiidae, nuculanidae, pactinidae, paguridae, parapseudidae, solenidae, pteriidae, sternaspidae, thiaridae และ veneridae

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลกับคุณภาพน้ำและอนุภาคดิน พบว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความเค็ม ความลึก ความโปร่งใส ความเป็นกรดต่างของดิน และอนุภาคทราย

4. ความสัมพันธ์ระหว่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็ก พบว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับสัตว์พื้นทะเลขนาดเล็กกลุ่ม polychaete สกุล *Nephtys* 2 *Glycera* 2 และ *Perinereis* กลุ่ม mollusc สกุล *Clithon* และ *Barbatia* และกลุ่ม crustaceans ได้แก่ amphipod และสกุล *Lepidophthalmus*

5. สัดส่วนเพศของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานี ระหว่างเพศผู้ต่อเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 0.9:1.0 จากการทดสอบ Chi-square test ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

6. ขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ของเม่นแต่งตัวน้ำตาลที่พบในอ่าวปัตตานีพบว่าเม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศผู้ มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ เท่ากับ 33.17 มิลลิเมตร ในขณะที่เม่นแต่งตัวน้ำตาลเพศเมีย มีขนาดแรกเริ่มสืบพันธุ์ เท่ากับ 37.08 มิลลิเมตร

7. เม่นแต่งตัวน้ำตาลกินอาหาร 7 กลุ่มด้วยกัน คือ polychaete (29.15%) รองลงมา mollusc (24.69%), crustaceans (22.25%), sand (10.62%), sponge (4.88%), fish (4.83%) และ plant (3.58%) ตามลำดับ

จำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยต่อกระเพาะอาหารที่แสดงถึงจำนวนชนิดของอาหารเฉลี่ย (average of food items) ที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล ค่าเท่ากับ 2.88 ± 1.38 ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารเฉลี่ย (fullness index) เท่ากับ 4.56 ± 2.40 ค่าดัชนีกระเพาะอาหารว่าง (vacuity index) เท่ากับ 16.13 และค่าความกว้างของอาหาร (diet breadth) เท่ากับ 0.43

จากการวิเคราะห์ผลของขนาดของเม่นทะเลต่อค่าการเต็มกระเพาะอาหาร (FL) พบว่าขนาดของเม่นทะเลไม่มีผลต่อค่าการเต็มกระเพาะอาหาร ($P > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ผลของขนาดของเม่นทะเลต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล พบว่าขนาดของเม่นทะเลมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นทะเลกินเข้าไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$)

จากการวิเคราะห์ผลของเดือนที่มีต่อจำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหารพบว่าเดือนมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นทะเลกินเข้าไปอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการพัฒนาสู่การเพาะเลี้ยงเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอนาคตได้
2. ควรจะมีการศึกษาเกี่ยวกับเม่นแต่งตัวน้ำตาลในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการใช้ประโยชน์ และด้านการอนุรักษ์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ทิพามาศ อุปน้อย และวีระชาติ เฟ็งจำรัส. 2551. ความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในระบบนิเวศแนวปะการัง ของเกาะบริวารด้านใต้เกาะภูเก็ต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 18/2551. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 1-3.
- ธนินฐา ทรพพนันท์. 2543. ชีวิตวิทยาประมง, สำนักพิมพ์ริ้วเขียว, โรงพิมพ์ลินคอร์น, กรุงเทพมหานคร. 22.
- สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. 2553. สถานภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล บริเวณหาดนางรอง เกาะกระเช้ และกลุ่มเกาะจวง อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี. มหาวิทยาลัยบูรพา. 15.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ. 2534. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาอนุกรมวิธานของเอคโคไคโนเดิร์ม บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี. 55.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ ธนินฐา ทรพพนันท์ สุรพล ชูณหบัณฑิต และกรกฎ หงษ์ทอง. 2541. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพของเอคโคไคโนเดิร์ม บริเวณสถานีวิจัยทรัพยากรชายฝั่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดระนอง. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี. 1-14.
- สุเมตต์ ปุจฉาการ. 2561. รายงานการวิจัยเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์กลุ่มเม่นทะเล ในน่านน้ำไทย. โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี. 56.
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2557. แผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศอ่าวปัตตานีพ.ศ. 2558-2562. 4-5.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พีช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1, 5-10.
- สุภาพร สุกสีเหลือง, รักชนก โคลโต, ชวิศร์ อรรถศาสน์, อภิรดี ช้วนตัน, สิงหา วงศ์โรจน์, นลินา ประไพรัชสิทธิ์, กฤษณะ มุขแก้ว, พงศ์ธร ขาวผ่อง และววรรษยา แซ่โสภา. 2553. การท่องเที่ยวเชิงนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ: คู่มือการศึกษาสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งทะเล. สถาบันพัฒนาการท่องเที่ยวเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 52-141.

- Anderson, A.H., Mathieson, J.W., Thomson, R.H. 1969. Distribution of spinochrome pigments in echinoids. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 28: 333-345.
- Brewin, P.E., Lamare, M.D., Keogh, J.A. and Mladenov, P.V. 2000. Reproductive variability over a four- year period in the sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinodermata) from differing habitats in New Zealand. *Marine Biology*. 137, 543-557.
- Coppard, S.E. and Campbell, A.C. 2005. Lunar periodicities of diadematid echinoids breeding in Fiji. *Coral Reef Society*. 24, 324-332.
- Dincer, T. and Cakli, S. 2007. Chemical composition and biometrical measurements of the Turkish sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47(1), 21–26,
- Duffy, E., and Knowlton, N. 2018. Seagrass and seagrass beds. *Smithsonian*. Available online: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds> [May 14, 2019]
- Elmasry, E., Omar, H.A., Abdel Razek, F.A. and El-Magd, M.A. 2013. Preliminary studies on habitat and diversity of some sea urchin species (Echinodermata: Echinoidea) on the southern Levantine basin of Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 39, 303–311.
- Endo, H., Nakabayashi, N., Agatsuma, Y. and Taniguchi, K. 2007. Food of the sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* associated with vertical distributions in fucoid beds and crustose coralline flats in northern Honshu, Japan. *Marine Ecology Progress Series*. 352, 125-135.
- Feng, W., Nakabayashi, N., Narita, K., Inomata, E., Aoki, M.N. and Agatsuma, Y. 2019. Reproduction and population structure of the sea urchin *Heliocidaris crassispina* in its newly extended range: The Oga Peninsula in the Sea of Japan, northeastern Japan. *Public Library of Science (PLOS ONE)*. 1-17.
- Fuji, A. 1960. Studies on the biology of the sea urchin. I Superficial and Histological Gonadal Changes in Gametogenic Process of Two Sea Urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. Intermediu*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido, University*. 11(1), 1-14.
- Fuji, A. 1960. Studies on the biology of the sea urchin. II size at first maturity and sexuality of two Sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido, University*. 11(2), 43-48.

- Gianguzza, P., Badalamenti, F., Gianguzza, F., Bonaviri, C. and Riggio, S. 2008. The operational sex ratio of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations: the case of the Mediterranean marine protected area of Ustica Island (Tyrrhenian Sea, Italy). *Marine Ecology*. 30, 125-132.
- Global biodiversity information facility. 2021. *Temnopleurus toreumaticus*. Available online:<https://www.gbif.org/occurrence/search?q=Temnopleurus%20toreumaticus> [June 06, 2021]
- Gonor, J.J. 1973. Sex ratio and hermaphroditism in Oregon intertidal populations of the echinoid *Strongylocentrotus purpuratus*. *Marine Biology*. 19, 278-280.
- Hasan, M.H. 2019. Effect of climate change on the reproduction pattern of sea urchin *Echinometra mathaei* at the Gulf of Suez, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 23(2), 527-544.
- Hyman, L.H. 1955. The invertebrates Echinodermata. The coelomate bilateria. McGraw Hill, New York.
- Ikeda, H. 1931. A biometric study of the sexual dimorphism and sex ratio in *Temnopleurus toreumaticus* (Klein). *Annotationes Zoologicae Japonenses*. 13, 233-242.
- James, P. and Siikavuopio, S. 2012. A guide to the sea urchin reproductive cycle and staging sea urchin gonad samples. *Nofima*. 14.
- Jacob, U., Terpstra, S. and Brey, T. 2003. High-antarctic regular sea urchins the role of depth and feeding in niche separation. *Polar Biology*. 26, 99-104.
- Kaneniwa, M. and Takagi, T. 1986. Fatty acids in the lipid of food products from sea urchin. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 52(9), 1681–1685.
- Kohn, A.J. 1971. Diversity, utilization of resources, and adaptive radiation in shallow-water marine invertebrates of tropical oceanic islands. *Limnology and Oceanography*. 16(2), 323-346.
- Lamare, M.D. and Stewart, B.G. 1998. Mass spawning by the sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinodermata: Echinoidea) in a New Zealand fiord. *Marine Biology*. 132, 135-140.

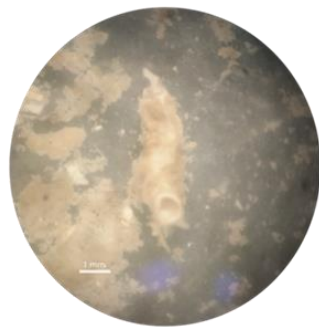
- Lamare, M.D., Brewin, P.E., Barker, M.F. and Wing, S.R. 2002. Reproduction of the sea urchin *Evechinus chloroticus* (Echinodermata: Echinoidea) in a New Zealand fiord. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 36, 719-732.
- Lane, D.J.W., Marsh, L.M., Vandenspiegel, D. and Rowe, F.W.E. 2000. Echinoderm fauna of the south China sea an inventory and analysis of distribution patterns. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 8, 459-493.
- Lawrence, J. M., Olave, S., Otaiza, R., Lawrence, A.L. and Bustos, E. 1997. Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 28(1), 91–96.
- Lepage, T. Sardet, C. and Gache, C. 1992. Spatial expression of the hatching enzyme gene in the sea urchin embryo. *Developmental Biology*. 150, 23–32.
- Levitan, D.R. 2002. Density-dependent selection on gamete traits in three congeneric sea urchins. *Ecology*. 83, 464-479.
- Lebedev, A.V., Levitskaya, E.L., Tikhonova, E.V., Ivanova, M. V. 2001. Antioxidant properties, autoxidation and mutagenic activity of echinochrome A compared with its etherified derivative. *Biochemistry*. 66, 885-893.
- Lima, E.J.B., Gomes, P.B. and Souza, J.R.B. 2009. Reproductive biology of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in a northeast Brazilian sandstone reef. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 81(1), 51-59.
- Machado, I., Moura, P., Pereira, F., Vasconcelos, P. and Gaspar, M.B. 2019. Reproductive cycle of the commercially harvested sea urchin (*Paracentrotus lividus*) along the western coast of Portugal. *Invertebrate Biology*. 138, 40-54.
- McPherson, B.F. 1965. Contributions to the biology of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*. *Bulletin of Marine Science*. 15, 228-244.
- Metaxas, A. 1998. The effects of salinity on larval survival and development in the sea urchin *Echinometra lucunter*. *Invertebrate Reproduction & Development*. 34(2-3), 323–330.
- Miskelly, A. 2002. *Sea urchins of and Indo-Pacific*, Capricornia Publications, Sydney, Australia

- Nam, G.K. and Jae, G.J. 2012. Stomach Contents of the sea urchins, *Anthocardaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* and characterization of the marine algal community along the Tongyeong coast of Korea. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 45(6), 686-693.
- Neefs, Y. 1953. Diverse cas d'hermaphrodisme chez l' oursin *Arbacia lixula*. Bulletin biologique de la France et de la Belgique. 87, 461-468.
- Ouchene, H., Boutgayout, H., Hermas, J., Benbani, A. and Oualid, J.A. 2021. Reproductive Cycle of Sea Urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) from the South Coast of Morocco: Histology, Gonads Index, and Size at First Sexual Maturity. Arabian Journal for Science and Engineering. 46, 5393-5405.
- Pena-Cabrera, E., Liebeskind, L.S. 2002. Squaric acid ester-based total synthesis of Echinochrome A. Journal of Organic Chemistry. 67, 1689-1691.
- Pulz, O. and Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology. 65(6), 635-648.
- Rahman, M.A., Uehara, T. and Rahman, S.M. 2002. Effects of egg size on fertilization fecundity and offspring performance a comparative study between two sibling species of tropical sea urchin (Genus *Echinometra*). Pakistan Journal of Biological Sciences. 5(1), 114-121.
- Rahman, M.A. Fatimah, M.Y., Aziz, B.A., Mariana, N.S. and Amin, S.M.N. 2012. Embryonic, larval and early juvenile development of the tropical sea urchin, *Salmacis sphaeroides* (echinodermata: echinoidea). The Scientific World Journal, 1-9. doi: 10.1100/2012/938482.
- Russo, A.R. 1987. Role of habitat complexity in mediating predation by the gray damselfish *Abudefduf sordidus* on epiphytal amphipods. Marine Ecology. 36, 101-105.
- Shapiro, H. 1935. A case of functional hermaphroditism in the sea urchin, *Arbacia punctulata*, and an estimate of the sex-ratio. American Naturalist. 69, 286-288.
- Sloan, N.A. 1985. Echinoderm fisheries of the world: A review
In Proceeding of the 5th International Echinoderm Conference, Galway. 24-29 September 1984, 109-123.

- Sealifebase. 2021. *Temnopleurus toreumaticus* (Leske, 1778). Available online:
<https://www.sealifebase.ca/summary/Temnopleurus-toreumaticus.html>
[June 06, 2021]
- Sewell, M. A. and Young C. M., 1999. Temperature limits of fertilization and early development in the tropical sea urchin *Echinometra lucunter*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 236, 291–305.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd Edition, Fisheries Research Board of Canada Bulletin, No. , Fisheries Research Board of Canada. 167, 87-192.
- Tahara, Y. and Okada, M. and Kobayashi, N. 1958. Secondary sexual characters in Japanese sea urchins. *Seto Marine Biological Laboratory*. 7(1), 165-172.
- Unuma, T. and Walker. 2007. Relationship between gametogenesis and food quality in sea urchin gonads. *Aquaculture Technologies for Invertebrates Proceedings of the Thirty-sixth U.S.-Japan Aquaculture Panel Symposium*, 45-54.
- Walker, C., Unuma, T. and Lesser, M. 2007. Chapter 2 Gametogenesis and reproduction of sea urchins. *Development in Aquaculture and Fisheries Science*. 37, 11-33.
- Yorke, C.E., Page, H.M. and Mille, R.J. 2019. Sea urchins mediate the availability of kelp detritus to benthic consumers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1-8.
- Yur'eva, M.I., Lisakovskaya, O.V., Akulin, V.N. and Kropotov, A.V. 2003. Gonads of sea urchins as the source of medication stimulating sexual behavior. *Russian Journal of Marine Biology*. 29(3), 189–193.
- Zhoa, C., Zhang, W., Chang, Y. and Liu, P. 2010. Test and gonad characteristics in different genders of cultivated sea urchins (*Strongylocentrotus intermedius*, Agassiz): First insight into sexual identification. *African Journal of Biotechnology*. 9(44), 7560-7563.

ภาคผนวก

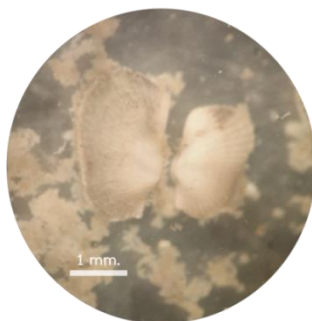
ภาพอาหารกลุ่มต่างๆ ที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นเต่างตัวน้ำตาล *T. toreumaticus*



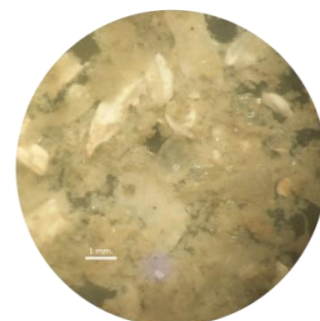
polychaete



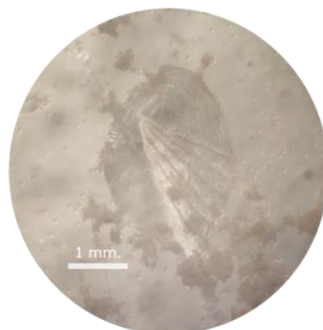
crustaceans



mollusc



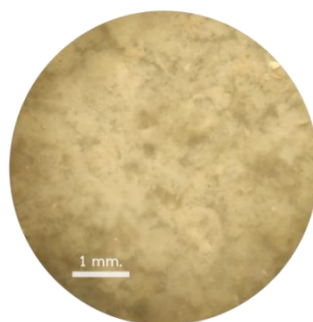
sand



fish



plant



sponge

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class bivalvia ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Nuculana



Arcuatula



Pinctada



Volachlamys



Anadara



Paphia

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class bivalvia ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Barbatia



Solen



Estellacar



Dosinia



Mactra

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class gastropoda ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Pugilina



Nassarius



Thais rufotincta



Lataxiena



Thais

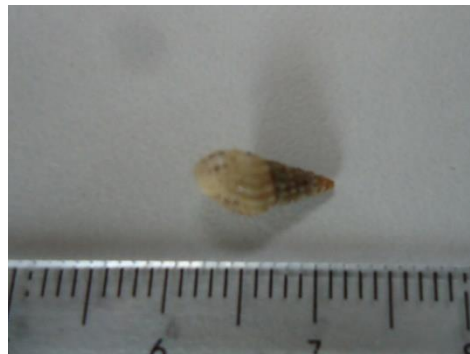


Crytospira

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class gastropoda ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Cerithium



Sermyla



Clithon

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class malacostraca ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Lepidophthalmus



Hermit crab



Crab larvae



Shrimp larvae



Paraneurypus



Alpheidae

ภาพสัตว์หน้าดินขนาดเล็ก class polychaeta และ thecostraca ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา



Sternaspis



Balanus

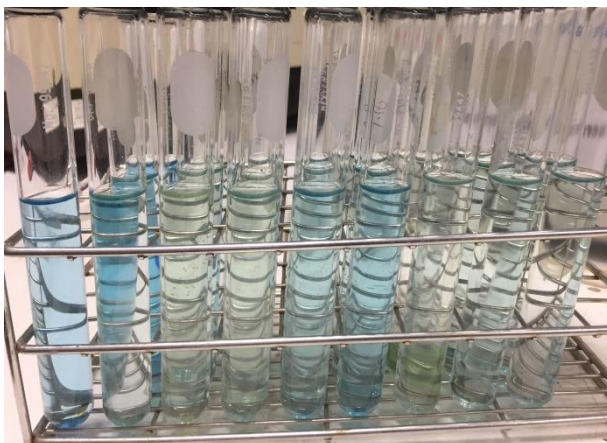
ภาพการเก็บตัวอย่างภาคสนาม



ภาพการวิเคราะห์อาหารในกระเพาะของเม่นแตงตัวน้ำตาลในห้องปฏิบัติการ



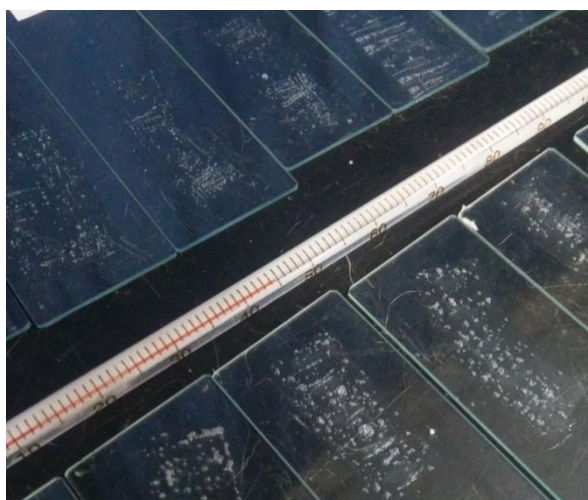
ภาพการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ



ภาพการวิเคราะห์ห่อนุภาคดินในห้องปฏิบัติการ



ภาพการทำเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการ



ภาพการทำเนื้อเยื่อในห้องปฏิบัติการ (ต่อ)



องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล *Temnopleurus toreumaticus* (Leske, 1778) ที่พบบริเวณอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี

Stomach content of brown decorated sea urchin, *Temnopleurus toreumaticus* (Leske, 1778) in Pattani Bay, Pattani Province

ศอพิยุติน มะแอ, จิติมา สุวรรณมาลา*, ชุกกรี หะยีสาแม

Sofiyudin Maae, Jitima Suwanmala* , Sukree Hajisamae

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ปัตตานี 94000

Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand.

* Corresponding author. E-mail: jitima.s@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาล *T. toreumaticus* ในอ่าวปัตตานี ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลจำนวน 144 ตัว แบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (2.33–3.52 cm.), กลาง (3.53–3.81 cm.), ใหญ่ (3.82–4.01 cm.) และใหญ่มาก (4.02–4.92 cm.) นำมาผ่าตัดกระเพาะอาหารเพื่อศึกษาและประเมินปริมาณอาหาร พบว่าองค์ประกอบหลักของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลประกอบด้วย ไส้เดือนทะเล (29.82%) ครัสเตเชียน (24.26%) และ หอยทะเล (23.16%) ดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหารของเม่นแต่งตัวน้ำตาลทั้ง 4 ขนาด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่จำนวนชนิดอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยเม่นแต่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กมีจำนวนชนิดของอาหารในกระเพาะอาหารสูงที่สุด (3.79 ± 1.21) และขนาดใหญ่มากมีจำนวนชนิดอาหารน้อยที่สุด (2.39 ± 1.18) จากการวิเคราะห์ดัชนีการซ้อนทับของอาหาร พบว่ามีการทับซ้อนของอาหารระหว่างเม่นแต่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาดสูง ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรเม่นแต่งตัวน้ำตาลและการประยุกต์ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเม่นแต่งตัวน้ำตาลในอนาคต

คำสำคัญ: การซ้อนทับของอาหาร, ดัชนีการเต็มกระเพาะ, เม่นทะเลแต่งตัวน้ำตาล, องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ

Abstract

This study is aimed to analyze stomach content of the brown decorated sea urchin *T. toreumaticus* found in Pattani bay. Altogether, 144 samples of live sea urchins were collected. They were categorized into four groups based on size; small (2.33–3.52 cm.), medium (3.53–3.81 cm.), large (3.82–4.01 cm.) and extra-large (4.02–4.92 cm.). The stomachs were cut and the food items contained were counted and identified and the data was statistically analyzed. It was found that polychaete (29.82%) crustacean (24.26%) and mollusc (23.16%) were the main food items found in the stomachs. Fullness index between the four size-classes of sea urchin were not significant difference ($p > 0.05$), but the numbers of food item were significant difference ($p < 0.001$). The highest number of food item was found in the small size class and the lowest was in the extra-large size class. Diet overlap between size classes was clearly observed. This scientific information is helpful for the management of sea urchin resources and their application for future sea urchin culture.

Keywords: diet overlap, fullness index, stomach content, *T. toreumaticus*

คำนำ

เม่นทะเล (Sea urchin) เป็นสัตว์น้ำกลุ่มเอคโตโคโรนารีที่มีมีความสำคัญต่อระบบนิเวศและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจมีการนำมาใช้บริโภคอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะไข่ของเม่นทะเล Roe หรือ Uni ในภาษาญี่ปุ่น (Kaneniwa and Takagi, 1986) สำหรับประเทศในแถบเอเชีย เมดิเตอร์เรเนียน และซีกโลกตะวันตก เช่น บาร์เบโดส และชิลี ไข่เม่นทะเลนับว่าเป็นอาหารมีราคาแพง เนื่องจากมีรสชาติอร่อยและหาบริโภคยาก (Lawrence et al., 1997) ในบางประเทศของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกพบว่ามีการนำไข่เม่นทะเลมาใช้ในการรักษาโรคและเพิ่มสมรรถภาพทางเพศ (Yur'eva et al., 2003) นอกจากนี้ไข่ของเม่นทะเลยังอุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids; PUFAs) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) (Dincer and Cakli, 2007) มีสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ polyhydroxylated, naphthoquinone และ echinochrome A (Lebedev et al., 2001) เปลือกของเม่นทะเลมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ polyhydroxylated, naphthoquinone และ spinochromes (Anderson et al., 1969) และ หนามของเม่นทะเลมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่ม echinochrome A, polyhydroxylated และ naphthoquinone (Pena-Cabrera et al., 2002) เป็นต้น เม่นทะเลสามารถกินอาหารได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorous) กินซากพืชซากสัตว์ (scavenger) และกินอินทรีย์สารที่ย่อยสลาย (detritus feeder) ด้วยการดูดสาหร่ายหรือหญ้าทะเลที่พบแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณพื้นทะเล (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2553) โดยใช้ฟันที่มีลักษณะพิเศษ ที่เรียกว่า Aristotle's lantern ใช้บดเคี้ยวอาหาร มีรายงานว่าเม่นทะเลชนิด *Salmacis sphaeroides* กินอาหารจำพวก ไบรโอซัว สาหร่ายทะเล และเศษซากอินทรีย์สาร (Miskelly, 2002) นอกจากนี้ Nam and Jae (2012) ศึกษาชนิดของสาหร่ายที่พบในแหล่งที่อยู่อาศัยของเม่นทะเลสองชนิด คือ *Anthocidaris crassispina* และ *Hemicentrotus pulcherrimus* บริเวณหาดหินทรายของ ประเทศเกาหลีใต้ โดยพบสาหร่ายทะเลในแหล่งอาศัยของเม่นทะเลจำนวน 35 ชนิด และพบสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *A. crassispina* จำนวน 17 ชนิด พบชนิดของสาหร่ายทะเลและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกระเพาะอาหารของเม่นทะเลชนิด *H. pulcherrimus* จำนวน 13 ชนิด การศึกษาเม่นทะเลในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด โดย Puchakarn and Sonchaeng (2004) รายงานว่าในน่านน้ำไทยพบเม่นทะเลทั้งสิ้น 67 ชนิด เม่นแฉ่งคิ้วน้ำตาล *T. toreumaticus* เป็นเม่นทะเลที่สามารถพบได้ในอ่าวปัตตานี ซึ่งเป็นอ่าวที่มีความสำคัญทางนิเวศวิทยา การประมง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแห่งหนึ่งของประเทศ อย่างไรก็ตามไม่พบรายงานการศึกษาทางด้านอาหารและพฤติกรรมการกินอาหารของเม่นทะเลชนิดนี้เลย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งคิ้วน้ำตาลในอ่าวปัตตานีเพื่อใช้เป็นความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางวิชาการ การจัดการทรัพยากรหรือการเพาะเลี้ยงเม่นแฉ่งคิ้วน้ำตาลในอนาคต

วิธีการศึกษา

สถานที่เก็บตัวอย่าง

บริเวณที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ บริเวณอ่าวปัตตานี โดยการเก็บตัวอย่างเม่นแฉ่งคิ้วน้ำตาลครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้ จุดที่ 1 (a) บริเวณละติจูด 6° 53.652' ลองจิจูด 101° 17.241' เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้า

แนวชายฝั่งของหมู่บ้านแหลมนก โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนละเอียดปนทรายในบางจุด และมีการทับถมของซากเปลือกหอย ความเค็มเฉลี่ยของน้ำทะเลบริเวณนี้อยู่ที่ 25.05 ส่วนในพัน จุดที่ 2 (b) บริเวณละติจูด $6^{\circ} 55.037'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 17.514'$ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างไปทางกลางอ่าว หรือ บริเวณดอนหอย โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนปนทรายละเอียด และเป็นบริเวณที่มีการทับถมของซากเปลือกหอยจำนวนมาก และหอยนานาชนิดอาศัยอยู่บริเวณนี้อย่างหนาแน่น บางบริเวณจะมีลักษณะเป็นดอนได้น้ำ ที่มีหอยอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ความเค็มเฉลี่ยของน้ำทะเลบริเวณนี้อยู่ที่ 25.07 ส่วนในพัน จุดที่ 3 (c) บริเวณละติจูด $6^{\circ} 56.011'$ ลองจิจูด $101^{\circ} 16.561'$ เป็นพื้นที่บริเวณด้านหน้าแนวชายฝั่ง โดยลักษณะพื้นที่ทั่วไปเป็นโคลนปนทรายละเอียด ความเค็มเฉลี่ยของน้ำทะเลบริเวณนี้อยู่ที่ 24.81 ส่วนในพัน (Fig. 1)

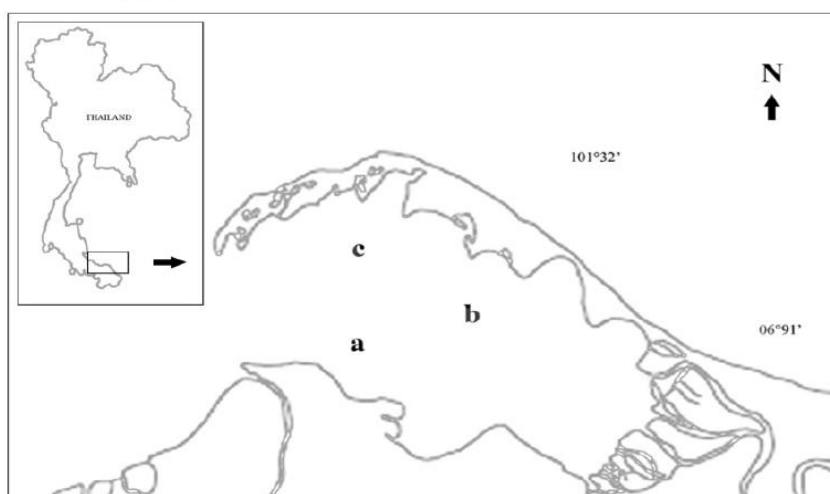


Fig. 1 Sites sampling in Pattani bay, Thailand

วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเม่นแฉ่งตัวน้ำคาล *T. toreumaticus* ในอ่าวปัตตานี เดือนละ 2 ครั้ง ระหว่างเดือนเมษายน 2563–กรกฎาคม 2563 จำนวนทั้งหมด 144 ตัว โดยใช้คราดหอยแรงในการเก็บตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างเม่นแฉ่งตัวน้ำคาลมีชีวิตที่เก็บได้แช่ในน้ำเย็นจัดทันทีเพื่อทำให้เม่นแฉ่งตัวน้ำคาลตายโดยเร็วที่สุดและหยุดการย่อยอาหาร
2. นำตัวอย่างเม่นแฉ่งตัวน้ำคาลกลับไปยังห้องปฏิบัติการของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และบันทึกข้อมูล
3. ผ่าตัดเม่นแฉ่งตัวน้ำคาลเพื่อแยกเอากระเพาะอาหารออกและนำกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำคาลแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10% เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์
4. นำกระเพาะอาหารของเม่นทะเลมาล้างน้ำจืดและแช่ในน้ำจืดเป็นเวลา 1 คืน เพื่อล้างฟอร์มาลินออกเนื่องจากขณะทำการศึกษาวิเคราะห์ชนิดอาหาร ฟอร์มาลินอาจจะระเหยเป็นก๊าซฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตาได้

5. นำกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาลที่ล้างด้วยน้ำจืดแล้วไปเก็บรักษาในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 70% เพื่อรอการผ่าตัดกระเพาะอาหารต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหาร

นำกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาล *T. toreumaticus* ที่เก็บรักษาไว้ในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 70% มาผ่าตัดได้กลี้องจุลทรรศน์แบบเสดอร์ไอโซซีเอ็มซีอาหารออกจากกระเพาะ เพื่อศึกษาจำนวนชนิดและปริมาณของอาหารด้วยวิธีดังนี้

1. การศึกษาชนิดของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาลแฉ่งค้ำน้ำตาล *T. toreumaticus* โดยการจำแนกชนิดอาหารที่พบในกระเพาะออกเป็นกลุ่ม ๆ

2. การศึกษาปริมาณของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาล *T. toreumaticus* ประเมินปริมาณอาหารแต่ละกลุ่มที่พบด้วยวิธีการประเมินปริมาตรสัมพัทธ์ของอาหาร (volumetric method หรือ %V) (Hyslop, 1980) บันทึกข้อมูลทั้งหมด

2.1 คำนวณกระเพาะอาหารว่าง (Vacuity index) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนของกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาลที่วิเคราะห์แล้วไม่พบอาหารต่อจำนวนกระเพาะที่ศึกษาทั้งหมด คำนวณได้จาก Equation 1

$$V = E \frac{100}{TL} \quad (1)$$

V = ค่าดัชนี vacuity index; E = จำนวนกระเพาะอาหารที่ไม่มีอาหาร; TL = จำนวนกระเพาะอาหารทั้งหมด

2.2 คำนวณการเต็มกระเพาะอาหาร (Fullness index; FL) หมายถึง ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาล โดยพิจารณาจากปริมาณอาหารทั้งหมดที่พบในกระเพาะ โดยกำหนดพิสัยของตัวเลข ตั้งแต่ 0-8 โดยที่ 0 หมายถึง กระเพาะอาหารที่ไม่มีอาหารอยู่เลย และ 8 หมายถึง การมีอาหาร ไปงเต็มกระเพาะ คำนวณได้จาก Equation 2

$$F = \sum_{i=1}^n \frac{Fs}{TL} \quad (2)$$

F = ดัชนีการเต็มกระเพาะ; Fs = ค่าความเต็มกระเพาะอาหารแต่ละตัว; TL = จำนวนกระเพาะอาหารทั้งหมด

2.3 ค่าความกว้างของอาหาร (Diet Breadth) หมายถึง ค่าความกว้างหรือหลากหลายของอาหารที่เม่นแฉ่งค้ำน้ำตาลบริโภคเข้าไป คำนวณโดยใช้สมการ Levin's Standardised index (Krebs, 1989) โดยมีสูตรดัง Equation 3

$$B_i = \left(\frac{1}{n-1} \right) \left(\left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n P_j^2} \right) - 1 \right) \quad (3)$$

B_i = ดัชนี Levin's Standardised index สำหรับ "i"; P_j = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแฉ่งค้ำน้ำตาล "i" ที่มีอาหาร "j"; n = จำนวนชนิดของอาหารทั้งหมด

2.4 การซ้อนทับของอาหาร (Diet Overlap) หมายถึง ค่าที่ระบุถึงการซ้อนทับของอาหารสำหรับตัวอย่างเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดสองกลุ่ม หรือสองขนาดที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ใดๆ คำนวณโดยใช้สมการของ Morisita Horn index ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 (Horn, 1966 อ้างโดย ชูกรี, 2551) คำนวณได้จาก Equation 4

$$C_H = \frac{2(\sum P_{ij}P_{ik})}{\sum P_{ij}^2 + \sum P_{ik}^2} \quad (4)$$

C_H = Morisita Horn index ระหว่างกลุ่มปลา "j" และ "k"; p_{ij} = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด "i" ต่ออาหารทั้งหมดที่บริโภคโดยกลุ่มเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด "j"

p_{ik} = สัดส่วนของอาหารในกระเพาะเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด "i" ต่ออาหารทั้งหมดที่บริโภคโดยกลุ่มเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด "k"; n = จำนวนชนิดของอาหารทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติ Analysis of variance (ANOVA) ทดสอบว่าขนาดของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดทั้ง 4 ขนาดมีค่าดัชนีการเต็มกระเพาะของอาหาร (Fullness index) และจำนวนชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดแตกต่างกันหรือไม่ ทั้งนี้มีการแปลงรูปข้อมูลดิบโดยใช้รากที่สอง (Square Root Transformation, SQRT) ก่อนวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อให้ข้อมูลมีการแพร่กระจายแบบปกติ (normal distribution)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด *T. toreamaticus* ทั้ง 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (2.33–3.52 cm.) จำนวน 38 ตัว, ขนาดกลาง (3.53–3.81 cm.) จำนวน 36 ตัว, ขนาดใหญ่ (3.82–4.01 cm.) จำนวน 34 ตัว และขนาดใหญ่มาก (4.02–4.92 cm.) จำนวน 36 ตัว มีอาหารอยู่ 7 กลุ่มด้วยกัน คือ ใส้เดือนทะเล (29.82%) ครัสเตเชียน (24.26%) หอย (23.16%) ทราย์ (11.65%) ปลา (4.08%) กลุ่มพืช (3.80%) และฟองน้ำ (3.23%) ตามลำดับ ค่าดัชนีทางอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดที่พบประกอบด้วย จำนวนชนิดอาหารเฉลี่ยต่อกระเพาะอาหารที่แสดงถึงจำนวนชนิดของอาหารเฉลี่ยที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 2.85 ± 1.33 ค่าดัชนีการเต็มกระเพาะ 1.98 ± 0.64 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดที่ศึกษามีปริมาณอาหารในกระเพาะอาหารน้อย ค่าดัชนีกระเพาะอาหารว่าง 15.90 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด ร้อยละ 15.90 ไม่พบอาหารใดๆ ในกระเพาะอาหารและเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด ร้อยละ 84.1 มีอาหารอยู่ในกระเพาะอาหารขณะกำลังศึกษา ค่าความกว้างของอาหาร 0.59 แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด กินอาหารที่ไม่หลากหลายมากนัก (Table 1) จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของขนาดที่มีต่อการกินอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด พบว่าค่าดัชนีการเต็มกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดทั้ง 4 ขนาด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่จำนวนชนิดอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด 4 ขนาด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยที่เม่นแฉ่งตัวน้ำจืด ขนาดเล็กมีจำนวนชนิดของอาหารในกระเพาะอาหารมากที่สุด (3.79 ± 1.21) และเม่นแฉ่งตัวน้ำจืด ขนาดใหญ่มากมีจำนวนชนิดอาหารน้อยที่สุด (2.39 ± 1.18) ซึ่งแสดงว่าขนาดของเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดมีผลต่อจำนวนชนิดอาหารที่เม่นแฉ่งตัวน้ำจืดเลือกกินแม้ว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดทั้งหมดอาศัยอยู่บริเวณเดียวกัน ผลจากการศึกษาพบว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดขนาดเล็กมีทราย์เป็นองค์ประกอบในกระเพาะอาหารสูงมาก (19.69%) และสัดส่วนของทราย์ในกระเพาะอาหารลดลงเมื่อเม่นแฉ่งตัวน้ำจืดมีขนาดใหญ่ขึ้น

(19.69%, 6.82%, 6.34% และ 4.72%) เม่นแฉ่งตัวน้ำตาลมีแนวโน้มน้ำที่จะเลือกกินคริสต์เคียน (21.56%, 18.42%, 25.82% และ 33.07%) และกลุ่มหอย (16.78%, 25.84%, 32.16% และ 25.53%) ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนั้นผลจากการวิเคราะห์ดัชนีการชอนทับของอาหาร พบว่ามีการชอนทับของอาหารระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาดสูงมาก (Table 2) แสดงว่าเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลทุกขนาดที่พบในบริเวณนี้กินอาหารคล้ายคลึงกันมาก เพียงแต่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กแต่ละตัวมีความสามารถในการกินอาหารที่หลากหลายกว่า อย่างไรก็ตามอาหารที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาลขนาดเล็กเลือกกินเป็นกลุ่มอาหารที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาลขนาดใหญ่เลือกกินเกือบทั้งหมดเช่นกันโดยพิจารณาจากค่าการชอนทับของอาหารในระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลแต่ละขนาด

ผลการศึกษาในครั้งนี้นับว่าเป็นรายงานองค์ประกอบชนิดของอาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลชนิด *T. toreamaticus* เป็นครั้งแรก เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของอาหารที่เม่นทะเลชนิดอื่นกินจะเห็นได้ว่าอาหารส่วนใหญ่ที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาลชนิดนี้คล้ายคลึงกับอาหารในกระเพาะของเม่นทะเล *Paracentrotus gaimardi* ได้แก่ ไบรโอซัว, คริสต์เคียน, หอยฝาเดียว, ฟองน้ำ, เศษซากอินทรีย์ และเม็ดทราย (Villaca, 1991) นอกจากนั้น Nam and Jae (2012) รายงานว่าในกระเพาะอาหารของเม่นทะเล *A. crassispina* และ *H. pulcherrimus* พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มคริสต์เคียนสองชนิด คือ *Caprella mutica* และ *Balanus trigonus* ในขณะที่การศึกษาของ Vaitilingon et al. (2003) พบว่าเม่นทะเล *Tripeustes gratilla* เลือกกินหอยทะเล *Syringodium isoetifolium* เป็นอาหารหลัก

Table 1 Values of diet attributes and food composition of different size-classes of *T. toreamaticus*

Size of sea urchin	Small (2.333-5.2 cm)	Medium (3.53-3.81 cm)	Large (3.82-4.01 cm)	Extra large (4.02-4.92 cm)	Overall (2.33-4.92 cm)
Number of sample	38	36	34	36	144
Total food items	7	7	7	7	7
Number of food items (Mean±SD)	3.79±1.21	2.47±1.21	2.68±1.25	2.39±1.18	2.85±1.33
Fullness index (Mean±SD)	2.16±0.63	1.95±0.68	2.01±0.54	1.81±0.70	1.98±0.64
Vacuity index (VI)	5.41	16.67	19.05	22.50	16.13
Diet breadth (Bi)	0.67	0.51	0.53	0.44	0.59
Food items (%V)					
Fish	5.87	3.23	5.05	0.50	4.08
Crustaceans	21.56	18.42	25.82	33.07	24.26
Mollusc	16.78	25.84	32.16	25.53	23.16
Plant	4.16	6.94	2.00	2.01	3.80
Sand	19.69	6.82	6.34	4.72	11.56
Polychaete	28.31	36.72	24.88	31.16	29.82
Sponge	3.64	2.03	3.76	3.02	3.23

Table 2 Value of diet overlap of different size-classes of *T. toreumaticus* in Pattani bay

Size	Diet overlap			
	Small (2.33-3.52 cm.)	Medium (3.53-3.81 cm.)	Large (3.82-4.01 cm.)	Extra large (4.02-4.92 cm.)
Small	-	-	-	-
Medium	0.92	-	-	-
Large	0.90	0.95	-	-
Extra large	0.90	0.95	0.97	-

สรุป

อาหารที่พบในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด *T. toreumaticus* ในอ่าวปัตตานี มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ใส้เดือนทะเล (29.82%) ครัสเตเชียน (24.26%) และหอยทะเล (23.16%) ขนาดของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาด ไม่มีผลต่อค่าดัชนีการเติมกระเพาะอาหาร ($p > 0.05$) แต่ส่งผลกระทบต่อจำนวนชนิดอาหารที่พบในกระเพาะอาหาร ($p < 0.001$) โดยที่เม่นแฉ่งตัวน้ำตาดขนาดเล็กมีจำนวนชนิดของอาหารในกระเพาะอาหารสูงที่สุด และมีการซ้อนทับของอาหารระหว่างเม่นแฉ่งตัวน้ำตาดทั้งสี่ขนาดสูงมาก ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรเม่นทะเลและการประยุกต์ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเม่นทะเลในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำ ขอขอบคุณชาวประมงหมู่บ้านแหลมนก จังหวัดปัตตานีที่คอยช่วยเหลือเรื่องการเก็บตัวอย่าง ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการเกษตรและประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบคุณทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ขอขอบคุณโครงการวิจัยนิเวศวิทยา ความหลากหลาย และความชุกชุมของสัตว์พื้นทะเลกลุ่มแอคโตไนเดิร์มในอ่าวปัตตานี และขอขอบคุณโครงการวิจัยการใช้ฐานทรัพยากรชีวภาพของอ่าวปัตตานีสู่การใช้ประโยชน์โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ที่สนับสนุนทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชุกีรี หะยีสาแม. 2551. นิเวศวิทยาของปลา: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. โรงพิมพ์มิตรภาพ, ปัตตานี.
- Anderson, A.H., Mathieson, J.W., Thomson, R.H. 1969. Distribution of spinochrome pigments in echinoids. *Comp. Biochem. Physiol.* 28: 333–345.
- Dincer, T., Cakli, S. 2007. Chemical composition and biometrical measurements of the Turkish sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816). *Cr. Cr. Rev. Food Sci.* 47: 21–26.

- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17: 411–429.
- Kaneniwa, M., Takagi, T. 1986. Fatty acids in the lipid of food products from sea urchin. *B. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 52: 1681–1685.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecology Methodology*. Happer & Row. New York, USA, pp. 428–269.
- Lawrence, J.M., Olave, S., Otaiza, R., Lawrence, A.L., Bustos, E. 1997. Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds. *J. World Aquacult Soc.* 28: 91–96.
- Lebedev, A.V., Levitskaya, E.L., Tikhonova, E.V., Ivanova, M. V. 2001. Antioxidant properties, autoxidation and mutagenic activity of echinochrome A compared with its etherified derivative. *Biochemistry* 66: 885–893.
- Miskelly, A. 2002. *Sea Urchins of and Indo-Pacific*, Capricornica Publications. Sydney, Australia.
- Nam, G.K., Jae, G.J. 2012. Stomach Contents of the sea urchins, *Anthocidaris crassispina* and *Hemicentrotus pulcherrimus* and characterization of the marine algal community along the Tongyeong coast of Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 686–693.
- Pena-Cabrera, E., Liebeskind, L.S. 2002. Squaric acid ester-based total synthesis of Echinochrome A. *J. Org. Chem.* 67: 1689–1691.
- Putchakarn, S., Sonchaeng, P. 2004. Fauna of Thailand: history and inventory reviews. *ScienceAsia* 30: 417–428.
- Service, M., Wardlaw, A.C. 1984. Echinochrome-A as a bactericidal substance in the coelomic fluid of *Echinus esculentus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 79: 161–165.
- Villaça, R. 1991. Feeding Ecology of the Sea Urchin *Paracentrotus gaimardii* Blainville (Echinoidea) at Cabo Frio Region (Brazil). Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense.
doi: 10.13140/RG.2.2.21357.03041
- Vatilingon, D., Rasolofonirina, R., Jangoux, M. 2003. Feeding preferences, seasonal gut repletion indices, and diel feeding patterns of the sea urchin *Tripneustes gratilla* (Echinodermata: Echinoidea) on a coastal habitat off Toliara (Madagascar). *Mar. Biol.* 143: 451–458.
- Yur'eva, M.I., Lisakovskaya, O.V., Akulin, V.N., Kropotov, A.V. 2003. Gonads of sea urchins as the source of medication stimulating sexual behavior. *Russ. J. Mar. Biol.* 29: 189–193.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายสอพิญ์ดิน มะแอ
 รหัสประจำตัวนักศึกษา 6120320610
 วุฒิการศึกษา
 วุฒิ ชื่อสถาบัน ปีที่สำเร็จการศึกษา
 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 (เทคโนโลยีการประมง) วิทยาเขตปัตตานี 2560

ทุนการศึกษา

- ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยเรื่อง การใช้ฐานทรัพยากรชีวภาพของอ่าวปัตตานี ผู้การใช้ประโยชน์ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อย่างมีประสิทธิภาพ ยั่งยืนและมั่นคง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ข้อมูลการเผยแพร่ผลงาน

สอพิญ์ดิน มะแอ จิตมา สุวรรณมาลา และชุกรี หะยีสาแม .2564. องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะอาหารของเม่นแฉ่งตัวน้ำตาล *Temnopleurus toreumaticus* (Leske, 1778) ที่พบบริเวณอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 59 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 10-12 มีนาคม 2564, 606-613.