การเจริญและพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเล *Emerita* sp.

(Decapoda: Anomura: Hippidae) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

นางสาวชยาภา ฟองโหย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ONTOGENY AND LARVAL DEVELOPMENT OF SAND CRAB, *Emerita* sp. (DECAPODA: ANOMURA: HIPPIDEA) REARED IN LABORATORY

Miss Chayapa Fonghoy

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเจริญและพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเล *Emerita* sp. (Decapoda: Anomura: Hippidae) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
โดย	นางสาวชยาภา ฟองโหย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์กิตติคุณ ไพบูลย์ นัยเนตร ดร.พรพิมล เชื้อดวงผุย

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ไพบูลย์ นัยเนตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.พรพิมล เชื้อดวงผุย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานิต ปิยพัฒนากร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง)

ชยาภา ฟองโหย : การเจริญและพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเล *Emerita* sp. (Decapoda: Anomura: Hippidae) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (ONTOGENY AND LARVAL DEVELOPMENT OF SAND CRAB, *Emerita* sp. (DECAPODA: ANOMURA: HIPPIDEA) REARED IN LABORATORY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.กิตติคุณ ไพบูลย์ นัยเนตร, ดร.พรพิมล เชื้อดวงผุย, 89 หน้า.

ศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเล *Emerita* sp. วัยอ่อน ตั้งแต่ระยะฟักจากไข่จนถึงระยะเมกาโลปา (ระยะที่ตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย) โดยเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเลมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจนกระทั่งตัวอ่อนฟักออกมา เพาะเลี้ยงภายใต้ความเค็ม 28-30 psu อุณหภูมิน้ำทะเล 27-29 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.7-7.8 ระยะเวลากลางวัน : กลางคืน เท่ากับ 12:12 ชั่วโมง ให้อาร์ทีเมียที่เพิ่งฟักใหม่ๆเป็นอาหาร การศึกษาพบว่า จักจั่นทะเลชนิดนี้มีระยะตัวอ่อนซูเอีย 6 ระยะ ก่อนเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ใช้เวลาเฉลี่ยทั้งหมด 35 วัน โดยพบว่าขนบริเวณส่วนปลายรยางค์ด้านนอกของแมกซิลิเปดคู่ที่ 1 และ 2 เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ในแต่ละครั้งของการลอกคราบ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของจักจั่นทะเลวัยอ่อนที่พัฒนาขึ้นแต่ละระยะ สามารถใช้จำแนกระยะของตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิดนี้ที่พบในธรรมชาติได้ อีกทั้งยังชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ในการอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเลในโรงเพาะฟัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2558	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....
	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5571950723 : MAJOR MARINE SCIENCE
KEYWORDS: SAND CRAB, HIPPIDAE,ONTOGENY, LARVAL DEVELOPMENT

CHAYAPA FONGHOY: ONTOGENY AND LARVAL DEVELOPMENT OF SAND CRAB, *Emerita* sp. (DECAPODA: ANOMURA: HIPPIDEA) REARED IN LABORATORY. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. EMERITUS PHAIBUL NAIYANETR, PORNPIMON CHUADAUNGPUI, Ph.D., 89 pp.

The development of sand crab larvae, *Emerita* sp. were investigated. Larval of *Emerita* sp. were reared in a laboratory from newly hatching to megalopa stages. The ovigerous females were collected from the field and cultured in laboratory until hatching. The larvae were separated and reared in the laboratory under condition of salinity 28-30 psu, temperature 27-29°C, pH 7.7-7.8 and 12:12 h light-dark cycle. The larvae were fed newly hatching nauplii of *Artemia* sp. The result of study indicated that *Emerita* sp. Larva has six zoeal stages and a magalopa stage. Whole larval development stages took approximately 35 days. The number of plumose setae on the exopodite of the first and second maxilliped increased linearly within stages. Morphology of each stage larva was described and illustrated in details. Moreover, our result showed a feasibility of larval culture of the sand crabs for conservation and mass culture purposed in the future.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Marine Science	Student's Signature	.....
Field of Study:	Marine Science	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015	Co-Advisor's Signature	.....
		Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ไพบูลย์ นัยเนตร และ ดร.พรพิมล เชื้อดวงผุย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สำหรับคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์และแนวทางในการปฏิบัติงาน รวมถึงการตรวจและแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานิต ปิยพัฒนากร และอาจารย์ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.กรอร วงษ์กำแหง ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านการวาดรูปตัวอย่างตัวอ่อน รวมไปถึงแนวทางในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และพี่ๆเพื่อนๆนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอก ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล คุณเสรี ดอนเหนือ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย เพื่อนๆในภาควิชาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ กิจการ ศุภมาตย์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือสำหรับเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์สำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล และสถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง (MACORIN) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวาดรูปตัวอย่างจักจั่นทะเล

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) สำหรับเงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านทุนทรัพย์ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ชีววิทยาของจักจั่นทะเล 3

2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไป 3

2.1.2 ชนิดของจักจั่นทะเลที่พบในประเทศไทย 5

2.1.3 แหล่งที่อยู่อาศัยและการกระจาย 6

2.1.3.1 การกระจายของจักจั่นทะเลแบ่งตามขนาดและเพศ 9

2.1.4 อาหารและพฤติกรรมการกินอาหาร 10

2.1.5 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์ 11

2.1.6 คุณค่าทางโภชนาการของจักจั่นทะเล 15

2.2 การเลี้ยงจักจั่นทะเลวัยอ่อน 16

2.2.1 อาร์ทีเมียและวิธีการเพาะอาร์เมียสำหรับเป็นอาหารแก่ตัวอ่อนจักจั่นทะเล 17

2.3 คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.3.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 19
2.3.2 อุณหภูมิ 20
2.3.3 ความเค็ม 20
2.3.4 ความเป็นด่าง 20
2.3.5 ความเป็นกรด-ด่าง 21
2.3.6 แอมโมเนีย 22
2.3.7 ไนไตรต์ 22
2.3.8 ไนเตรต 23
2.3.9 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 23
2.3.10 ความกระด้างของน้ำ 23
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของตัวอ่อนจักจั่นทะเล 24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 ชนิดของจักจั่นทะเลที่ศึกษา 27
3.2 พื้นที่ศึกษา 27
3.3 วิธีดำเนินการ 29
3.3.1 การเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเล 29
3.3.2 การเตรียมน้ำทะเล 30
3.3.3 การเตรียมทราย 32
3.3.4 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและอนุบาลตัวอ่อน 32
3.3.4.1 การเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเล 32
3.3.4.2 การอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล 33
3.3.5 อาหารสำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและตัวอ่อน 33
3.3.6 การเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและการอนุบาลตัวอ่อน 34

หน้า

3.3.7 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนจักจั่นทะเล 36
บทที่ 4 ผลการศึกษา 37
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 73
5.1 อภิปรายผลการศึกษา 73
5.2 สรุปผลการศึกษา 79
5.3 ข้อเสนอแนะ 82
รายการอ้างอิง 83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ตัวอย่างจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. A. ตัวผู้ (male) B. ตัวเมีย (female)..... 4

รูปที่ 2 ลักษณะทั่วไปของจักจั่นทะเล (Algong, 2015)..... 5

รูปที่ 3 แผนที่การกระจายของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* 11 ชนิด..... 7

รูปที่ 4 แผนที่การกระจายของ *Emerita* sp. ในประเทศไทย 8

รูปที่ 5 แสดงขนาดของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* เพศเมีย (ซ้าย) ที่พบบริเวณหาดไม้ขาว จ.ภูเก็ต และจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. เพศเมียที่พบทางฝั่งอ่าวไทย 8

รูปที่ 6 การกระจายของจักจั่นทะเลบริเวณชายหาดแยกตามขนาด (วุฒิชัย เจนการ, 2525)..... 9

รูปที่ 7 พฤติกรรมการกรองกินอาหารของจักจั่นทะเล โดยใช้รยางค์หนวดคู่ที่ 2 (antennae) 11

รูปที่ 8 ลักษณะการจับคู่ผสมพันธุ์ของจักจั่นทะเล (วุฒิชัย เจนการ, 2525) 14

รูปที่ 9 เปรียบเทียบขนาดจักจั่นทะเลตัวผู้และตัวเมีย (วุฒิชัย เจนการ, 2525)..... 14

รูปที่ 10 เมนูอาหารจากจักจั่นทะเล ได้แก่ จักจั่นทะเลทอดกระเทียมและชุบแป้งทอด..... 15

รูปที่ 11 *Artemia* ที่เพิ่งฟักออกจากไข่ (ซ้าย) และตัวที่มีอายุ 24 ชั่วโมงหลังจากฟัก (ขวา)..... 17

รูปที่ 12 จักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. A. ด้านบน (dorsal view) B. ด้านข้าง (lateral view)... 27

รูปที่ 13 แผนที่บริเวณหาดชลาทัศน์ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา..... 28

รูปที่ 14 หาดชลาทัศน์ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา..... 28

รูปที่ 15 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp..... 30

รูปที่ 16 บ่อพักน้ำทะเล..... 31

รูปที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมทราย 32

รูปที่ 18 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเล..... 33

รูปที่ 19 กระบะสำหรับอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล..... 33

รูปที่ 20 การเพาะฟักอาร์ทีเมียสำหรับใช้เป็นอาหาร 34

รูปที่ 21 การอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล..... 35

รูปที่ 22 กล้องจุลทรรศน์สำหรับผ่าและวาดรูปตัวอ่อน..... 36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 23 ตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ระยะซูเอีย (zoea) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 39

รูปที่ 24 ตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ระยะเมกาโลปา (megalopa) ที่เลี้ยงในห้อง 40

รูปที่ 25 ตัวอ่อนระยะ zoea I 43

รูปที่ 26 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea I 44

รูปที่ 27 ตัวอ่อนระยะ zoea II 46

รูปที่ 28 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea II 47

รูปที่ 29 ตัวอ่อนระยะ zoea III 49

รูปที่ 30 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea III 50

รูปที่ 31 ตัวอ่อนระยะ zoea IV 52

รูปที่ 32 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea IV 53

รูปที่ 33 ตัวอ่อนระยะ zoea V 55

รูปที่ 34 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea V 56

รูปที่ 35 ตัวอ่อนระยะ zoea VI 58

รูปที่ 36 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea VI 59

รูปที่ 37 ตัวอ่อนระยะ Megalopa 62

รูปที่ 38 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ megalopa 63

รูปที่ 39 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ megalopa 64

รูปที่ 40 ลักษณะรยางค์ maxilliped I ของตัวอ่อนระยะซูเอีย 65

รูปที่ 41 พัฒนาการของ telson และ uropod ของตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละระยะ 66

รูปที่ 42 ตัวอย่างรยางค์ maxilliped ของตัวอ่อนจักจั่นทะเลระยะซูเอีย 67

รูปที่ 43 ตัวอย่างพัฒนาการของ telson ในตัวอ่อนระยะซูเอีย 67

รูปที่ 44 วงจรชีวิตของจักจั่นทะเลวัยอ่อนชนิด *Emerita* sp. A. dorsal view; B. lateral view.. 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ฤดูกาลผสมพันธุ์ของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* 12

ตารางที่ 2 ขนาดของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* เพศผู้และเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ (mm.)..... 12

ตารางที่ 3 ขนาดและคุณค่าทางอาหารของอาร์ทีเมีย 17

ตารางที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/L.) ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ 19

ตารางที่ 5 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ..... 21

ตารางที่ 6 ระยะเวลาระหว่างการลอกคราบแต่ละระยะ 37

ตารางที่ 7 อัตราการรอดของตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละระยะ 38

ตารางที่ 8 ขนาดโครงสร้างส่วนต่างๆของจักจั่นทะเลวัยอ่อน **(**ค่าเฉลี่ยตัวอ่อน 10 ตัว (mm.)) 38

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ..... 68

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบลักษณะของจักจั่นทะเลวัยอ่อนสกุล *Emerita*..... 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ

จักจั่นทะเล (sand crab, mole crab) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่ม crustacean ใน Order Decapoda Infraorder Anomura อาศัยอยู่ในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง โดยเฉพาะบริเวณแนวคลื่นซัดเข้าหาฝั่ง (swash zone) เป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศหาดทราย จักจั่นทะเลดำรงชีวิตด้วยการฝังตัวอยู่ในพื้นทราย โดยจะโผล่ส่วนหนวด (antenna) ขึ้นเหนือพื้นทราย (Boonruang and Phasuk, 1975; Naiyanetr, 1978) เพื่อกรองกินอาหารที่มากับคลื่น อาหารของจักจั่นทะเลส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนและเศษซากสิ่งมีชีวิต ถือเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถอาศัยอยู่บริเวณที่มีลักษณะทางกายภาพค่อนข้างท้าทายและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี (Subramoniam and Gunamalai, 2003) สำหรับพฤติกรรมการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเลพบว่ามีการตอบสนองที่ว่องไว หากสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ถูกรบกวนหรือมีมลพิษเกิดขึ้น ทำให้จักจั่นทะเลถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (bioindicator species) ที่สำคัญ สำหรับติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ (Wenner, 1988) นอกจากนี้ยังพบว่าจักจั่นทะเลเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีการจับนำมารับประทานเป็นเวลานาน โดยจักจั่นทะเลหลายชนิดถูกนำมารับประทานเป็นอาหารในหลายๆพื้นที่ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วยเช่นกัน (วุฒิชัย เจนการ, 2525) จักจั่นทะเลถูกจัดเป็นเมนูขึ้นชื่อประจำจังหวัดแถบจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดพังงา สร้างรายได้ให้กับชาวบ้านในท้องถิ่นเป็นอย่างดี โดยทั่วไปวงจรชีวิตของจักจั่นทะเลนั้นจะมีระยะการพัฒนาของตัวอ่อนคล้ายปู เมื่อตัวอ่อนฟักออกมาจะดำรงชีวิตเป็นแพลงก์ตอนล่องลอยตามน้ำ ซึ่งจะมีระยะการพัฒนาตัวอ่อนซูเอีย (zoea) หลายระยะก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (megalopa) ที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัยในระยะนี้ตัวอ่อนเริ่มลงเกาะตามพื้นทรายก่อนที่จะเจริญเป็นตัวเต็มวัยต่อไป โดยใช้กระบวนการลอกคราบ (molting) ในแต่ละระยะเพื่อการเจริญเติบโต (Sankolli, 1967)

สำหรับในประเทศไทยมีรายงานการค้นพบจักจั่นทะเลทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ *Albunea symnista* (Linnaeus, 1766), *Hippa adactyla* (Fabricius, 1787), *Hippa celaeno* (de Man, 1896), *Hippa truncatifrons* (Miers, 1878), *Emerita emeritus* (Linnaeus, 1767) และ *Emerita* sp. (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545) โดยจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* พบการกระจายมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* ที่พบทางฝั่งอ่าวไทยและอันดามันนั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน สำหรับทางฝั่งอันดามันนั้นจะพบ *Emerita emeritus*

กระจายอยู่เป็นจำนวนมากบริเวณจังหวัดภูเก็ตและจังหวัดพังงา ส่วนฝั่งอ่าวไทยจะพบจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ที่มีลักษณะแตกต่างจากทางฝั่งอันดามัน ซึ่งในขณะนี้ยังไม่สามารถระบุชนิดได้ กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่จังหวัดระยองลงไปถึงจังหวัดปัตตานี พบกระจายมากที่สุดบริเวณจังหวัดสงขลา (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545) ปัจจุบันจักจั่นทะเลเป็นที่รู้จักและมีการจับนำมารับประทานเพิ่มมากขึ้น แต่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอนุกรมวิธาน รวมทั้งชีววิทยาของจักจั่นทะเลในประเทศไทยยังคงมีการศึกษาน้อยและไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับวงจรชีวิตหรือรูปแบบพัฒนาการของจักจั่นทะเลวัยอ่อนในประเทศไทยมาก่อน ทั้งๆที่เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเด่นและพบได้ง่ายตามระบบนิเวศหาดทราย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวการศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ที่พบทางชายฝั่งด้านอ่าวไทย โดยการเพาะฟักในห้องปฏิบัติการ สำหรับ *Emerita* sp. สามารถพบได้ทั่วไปบริเวณชายหาดจังหวัดสงขลา โดยเฉพาะหาดชลาทัศน์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. โดยการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของจักจั่นทะเลวัยอ่อนชนิด *Emerita* sp. ที่ได้ในแต่ละระยะไปใช้จำแนกระยะของจักจั่นทะเลที่พบในธรรมชาติได้ รวมทั้งได้ข้อมูลเกี่ยวกับวงจรชีวิตของจักจั่นทะเลชนิดนี้ ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธาน การระบุชนิด และชีววิทยาของจักจั่นทะเลชนิดนี้ต่อไป นอกจากนี้ความรู้และเทคนิคพื้นฐานที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสามารถนำไปสู่การพัฒนาแนวทางเพื่อการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเลเชิงพาณิชย์ได้ หากมีความต้องการของตลาดสูงขึ้นในอนาคต

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีววิทยาของจักจั่นทะเล

2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไป

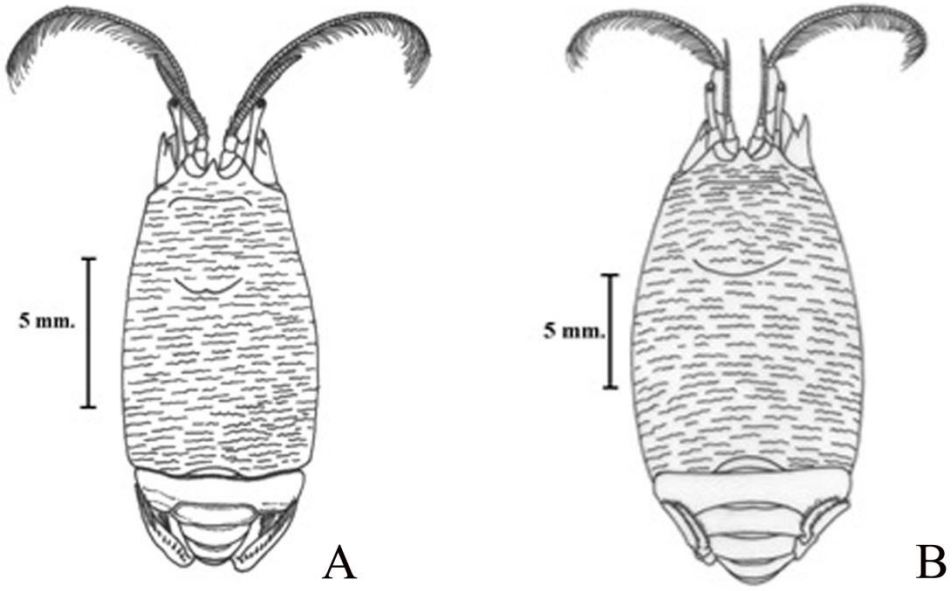
จักจั่นทะเล มีชื่อสามัญทั่วไปว่า mole crab, sand crab หรือ sea cicada เป็นสัตว์ทะเลหน้าดินขนาดใหญ่ (Macro-Infauna) ที่ฝังตัวอยู่ในพื้นทราย จัดอยู่ในกลุ่มครัสเตเชียน เช่นเดียวกันกับกุ้งและปู (Efford, 1966) สามารถจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Phylum Arthropoda
Subphylum Crustacea
Class Malacostraca
Order Decapoda
Infraorder Anomura
Family Hippidae

จักจั่นทะเลครอบครัว Hippidae มีทั้งหมด 3 สกุล ได้แก่ *Hippa* (Fabricius, 1787) *Mastigochirus* (Miers, 1878) และ *Emerita* (Scopoli, 1777) จักจั่นทะเลที่ทำการศึกษาครั้งนี้จัดอยู่ในสกุล *Emerita* ชนิด *Emerita* sp. (รูปที่ 1)

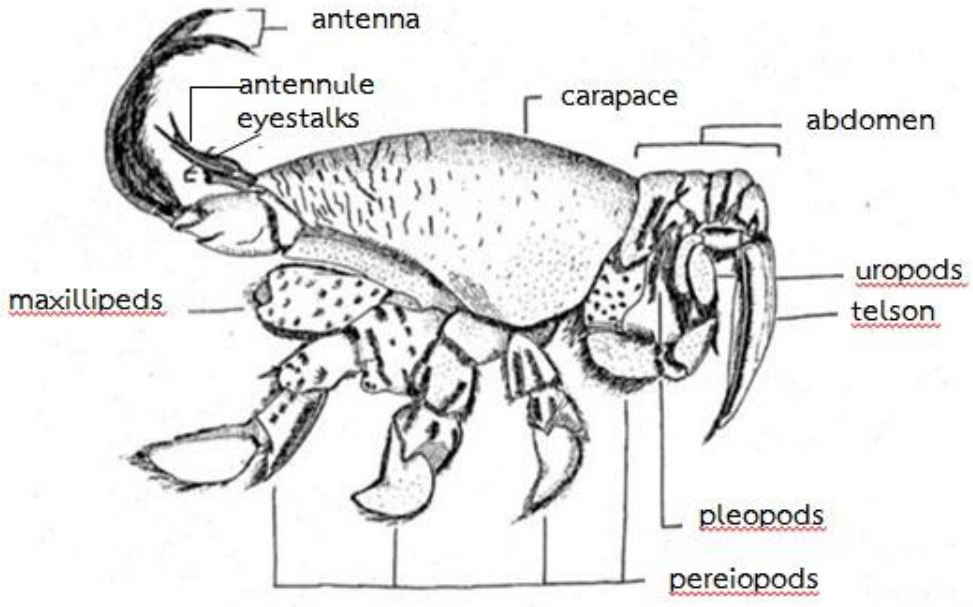
จักจั่นทะเลมีลักษณะลำตัวแบ่งเป็น 2 ส่วน (รูปที่ 2) คือ มีส่วนหัวเชื่อมรวมกับส่วนอก (cephalothorax) และ ส่วนท้อง (abdomen) ซึ่งแบ่งเป็นปล้องๆ โค้งงอไปสู่ส่วนหัว ด้านหลังของ cephalothorax มีกระดอง (carapace) คลุม กระดองค่อนข้างหนา รูปร่างเพรียวลม มีการพัฒนาส่วนของรยางค์ให้เคลื่อนที่ฝังตัวได้อย่างรวดเร็ว สำหรับส่วนหัวและส่วนอก ประกอบด้วย รยางค์หนวด 2 คู่ ได้แก่ หนวดคู่ที่ 1 เรียกว่า “Antennule” ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจและช่วยในการรับรู้ประสาทสัมผัส (chemoreceptor) หนวดคู่ที่ 2 เรียกว่า “Antenna” มีลักษณะเป็นแส้ยาว จักจั่นทะเลจะใช้รยางค์ส่วนนี้ชูขึ้นมาเหนือพื้นทราย เพื่อกรองกินอาหาร (filter-feeder) ถัดมาเป็นขากรรไกร (mandible) 1 คู่ รยางค์ปาก 2 คู่ ได้แก่ maxillule และ maxilla ช่วยในการจับเหยื่อเข้าปาก สำหรับส่วนอก ประกอบด้วย รยางค์อก (maxillipeds) 3 คู่ และรยางค์ขาเดิน (pereiopods) 5 คู่ ช่วยในการเคลื่อนที่ ส่วนท้อง ประกอบด้วย รยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) 5 คู่ uropods 1 คู่ และแพนหาง (telson) (นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, 2550)

จักจั่นทะเลมีการพัฒนาและปรับตัวในด้านรูปร่าง (morphology) รวมทั้งพฤติกรรมการดำรงชีวิตให้อาศัยอยู่ได้ในระบบนิเวศหาดทรายที่สภาพแวดล้อมค่อนข้างแปรปรวนตลอดเวลา เช่น มีรูปร่างเพรียวลมเหมาะต่อการฝังตัวในพื้นทรายได้อย่างรวดเร็ว สามารถว่ายน้ำได้โดยใช้รยางค์ส่วน uropods ช่วย รวมทั้งสามารถเคลื่อนที่อพยพในแนวดิ่งตามการขึ้น-ลงของน้ำทะเลบริเวณชายหาดเพื่อสามารถกรองกินอาหารได้สะดวก (Jones, 1936; MacGinitie, 1938; Efford, 1965)
จักจั่นทะเลฝังตัวโดยการถอยหลัง ซึ่งจะใช้การเคลื่อนไหวของรยางค์ขาเดินส่วนหน้าตลอดจนรยางค์ส่วน uropods



Chulalongkorn University

รูปที่ 1 ตัวอย่างจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. A. ตัวผู้ (male) B. ตัวเมีย (female)
(ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545)



รูปที่ 2 ลักษณะทั่วไปของจักจั่นทะเล (Algong, 2015)

2.1.2 ชนิดของจักจั่นทะเลที่พบในประเทศไทย

ในอดีตที่ผ่านมา ยังมีผู้ศึกษาอนุกรมวิธาน และการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลในประเทศไทยน้อยมาก ทั้งๆที่เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเด่น พบได้ง่ายตามระบบนิเวศหาดทราย ในคู่มือจำแนกชนิดจักจั่นทะเลและคู่มือครัสเตเชียนในประเทศไทย (Boyko and Harvey, 1999; Naiyanetr, 2007) มีข้อมูลจักจั่นทะเลทางฝั่งอ่าวไทยน้อยมาก (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545)

จักจั่นทะเลที่พบในประเทศไทยมีทั้งหมด 2 ครอบครัว 3 สกุล 6 ชนิด ดังนี้

Family Albuneidae

Albunea symnista (Linnaeus, 1766)

Family Hippidae

Hippa adactyla (Fabricius, 1787)

Hippa celaeno (de Man, 1896)

Hippa truncatifrons (Miers, 1878)

Emerita emeritus (Linnaeus, 1767)

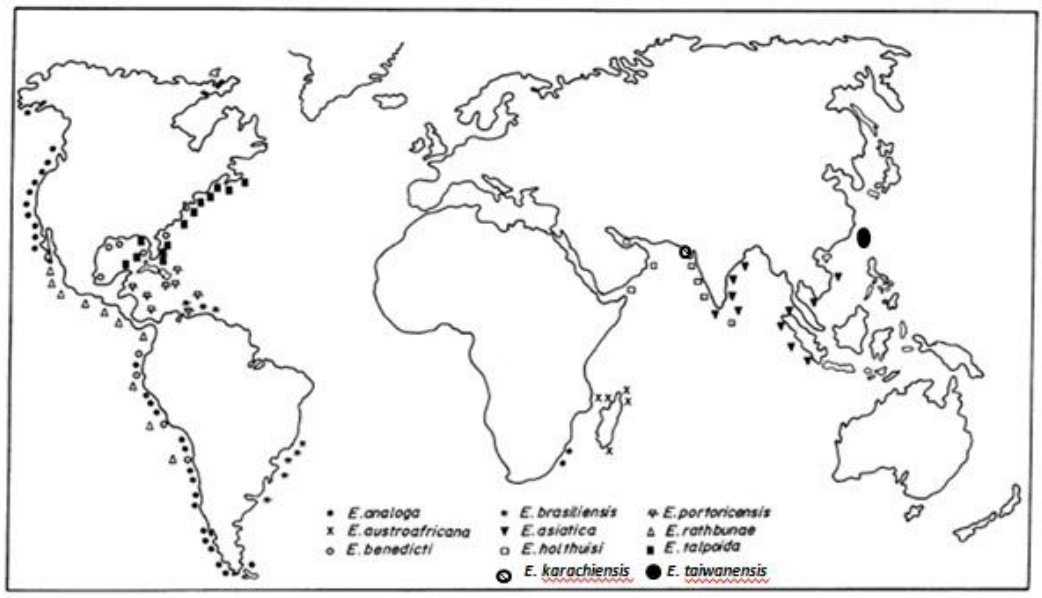
Emerita sp. (ชนิดที่ศึกษาครั้งนี้)

2.1.3 แหล่งที่อยู่อาศัยและการกระจาย

จักจั่นทะเลอาศัยอยู่บริเวณหาดทรายตามชายฝั่งทะเลในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง (intertidal zone) โดยเฉพาะบริเวณแนวคลื่นซัดเข้าหาฝั่ง (swash zone) ถือเป็นสิ่งมีชีวิตที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศหาดทราย (Ansell et al., 1972) โดยจะฝังตัวอยู่ในพื้นทรายที่ระดับความลึกตั้งแต่ 5-30 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับขนาด (วุฒิชัย เจนการ, 2525) มักพบจักจั่นทะเลตรงชายหาดที่มีลักษณะค่อนข้างตรง (Dahl, 1952; Dugan et al., 1995)

ปัจจุบันพบจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* กระจายทั่วไปในเขตมหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดียทั้งสิ้น 11 ชนิด (Efford, 1976; Boyko and Harvey, 1999) (รูปที่ 3) ดังนี้

1. *Emerita emeritus* (Linnaeus, 1767) หรือ *Emerita asiatica* (H. Milne Edwards, 1837) พบกระจายบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตกและมหาสมุทรอินเดีย
2. *E. holthuisi* (Sankolli, 1965) พบกระจายบริเวณฝั่งตะวันตกของอินเดีย ทะเลแดง และคลองสุเอช
3. *E. karachiensis* (Niazi and Haque, 1974) กระจายอยู่บริเวณประเทศปากีสถาน
4. *E. analoga* (Stimpson, 1857) พบกระจายเป็นจำนวนมากตลอดชายฝั่งทางเขตหนาวของมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออกทั้งทวีปอเมริกาเหนือ โดยเฉพาะบริเวณรัฐแคลิฟอร์เนียและทวีปอเมริกาใต้บริเวณประเทศเปรูและชิลี
5. *E. talpoida* (Say, 1817) พบกระจายบริเวณทวีปอเมริกาเหนือทางฝั่งแอตแลนติกตั้งแต่แมสซาชูเซส-ฟลอริดา
6. *E. brasiliensis* (Schmitt, 1935) พบกระจายอยู่ทางทวีปอเมริกาใต้ฝั่งแอตแลนติก โดยเฉพาะบริเวณประเทศบราซิล
7. *E. portoricensis* (Schmitt, 1935) พบกระจายบริเวณทะเลแคริบเบียนและอเมริกาใต้ฝั่งแอตแลนติก
8. *E. rathbunae* (Schmitt, 1935) พบกระจายบริเวณเขตร้อนของมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก โดยเฉพาะบริเวณประเทศเม็กซิโก
9. *E. benedicti* (Schmitt, 1935) พบกระจายบริเวณอ่าวเม็กซิโก
10. *E. austroafricana* (Schmitt, 1937) พบกระจายบริเวณแอฟริกาใต้และเกาะมาดากัสการ์
11. *E. taiwanensis* (Hsueh, 2015) เพิ่งมีรายงานการพบเป็นจักจั่นทะเลชนิดใหม่ของโลกบริเวณประเทศไต้หวัน ซึ่งเป็นจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* ที่มีรายงานการค้นพบเป็นครั้งแรกในเอเชียตะวันออก

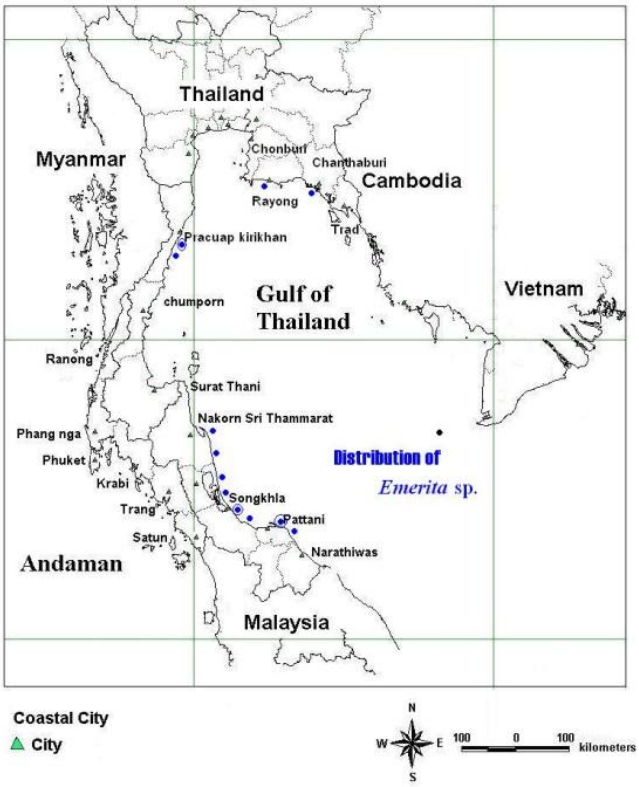


รูปที่ 3 แผนที่การกระจายของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* 11 ชนิด
(ดัดแปลงจาก Subramoniam and Gunamalai, 2003)

สำหรับจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* ในประเทศไทยปัจจุบันมีรายงานการพบ 2 ชนิด ได้แก่

1. *Emerita emeritus* กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณชายหาดทางฝั่งตะวันตกของภูเก็ตและพังงา โดยจะพบมากบริเวณหาดไม้ขาวและหาดบ้านท่านุ่น ไม่พบทางฝั่งอ่าวไทย ลักษณะกระดองกลมนูน รูปร่างทรงกระบอก ลำตัวมีสีชมพูเรื่อๆ ชมพูอ่อน ชมพูแกมเทา (Naiyanetr, 1978) ความยาวกระดองของจักจั่นทะเลเพศเมียที่มีไข่เฉลี่ย 21.2 มิลลิเมตร ขอบของขาเดินคู่ที่ 1 มีหนามยื่นออกมาทั้งด้านบนและด้านล่าง โดยขอบด้านล่างมีหนามครึ่งแรกของส่วนปลายขา (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545) เป็นชนิดที่นิยมจับมารับประทาน

2. *Emerita* sp. เป็นจักจั่นทะเลที่เพิ่งมีรายงานการค้นพบ (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545) ในขณะนี้ยังไม่สามารถระบุชนิดได้ สามารถพบได้ทั่วไปตลอดชายฝั่งทางด้านอ่าวไทย ตั้งแต่ จังหวัดจันทบุรีถึงจังหวัดปัตตานี (รูปที่ 4) เช่น แหลมเสด็จ จ.จันทบุรี, หาดหว้ากอ จ. ประจวบคีรีขันธ์, หาดชลาทัศน์ จังหวัดสงขลา เป็นต้น โดยพบมากที่สุดบริเวณจังหวัดสงขลา แต่จะไม่พบทางฝั่งอันดามัน จักจั่นทะเลชนิดนี้มีลักษณะที่แตกต่างจาก *Emerita emeritus* ตรงขอบด้านบน (dorsal margin) ของปลายขาเดินคู่ที่ 1 มีหนามเรียงตัวกัน 4-7 อัน ในขณะที่ขอบด้านล่าง (ventral margin) มีหนามจำนวนมาก ความยาวของกระดองเพศเมียที่มีไข่เฉลี่ย 8-18 มิลลิเมตร



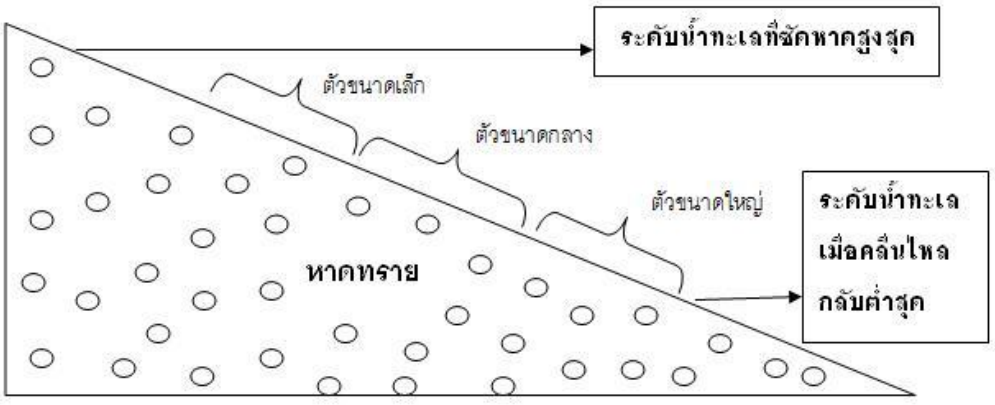
รูปที่ 4 แผนที่การกระจายของ *Emerita* sp. ในประเทศไทย
(ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545)

รูปที่ 5 แสดงขนาดของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* เพศเมีย (ซ้าย) ที่พบบริเวณหาดไม้ขาว จ.ภูเก็ต และจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. เพศเมียที่พบทางฝั่งอ่าวไทย
(ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545)

2.1.3.1 การกระจายของจักจั่นทะเลแบ่งตามขนาดและเพศ

จักจั่นทะเลมีพฤติกรรมการดำรงชีวิตแบบอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม การกระจายของจักจั่นทะเลมักมีการกระจายจำกัดอยู่บริเวณแนวชายหาดที่ค่อนข้างยาว มีความชันน้อย (Dugan et al., 1995) จักจั่นทะเลแต่ละรุ่น (size class) มีรูปแบบการกระจายบริเวณชายหาดแตกต่างกัน (รูปที่ 6) โดยจากการสังเกตการฝังตัวของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita analoga* ที่เริ่มเข้าสู่ระยะ post megalopa พบว่ามักฝังตัวอยู่เหนือแนวคลื่นซัดเข้าหาฝั่ง ในขณะที่เพศเมียที่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์นั้น จะฝังตัวอยู่บริเวณที่ต่ำลงมาใกล้กับน้ำทะเล (Weymouth and Richardson, 1912; MacGinitie, 1938) นอกจากนี้มีการศึกษาลักษณะการกระจายของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* บริเวณชายฝั่งทะเล Madras ประเทศอินเดีย (Alikuhhi, 1944; Subramoniam, 1979) พบว่า จักจั่นทะเลขนาดใหญ่ (ความยาวกระดองมากกว่า 20 มิลลิเมตร) มักจะพบบริเวณตีนคลื่นใกล้กับเขตที่น้ำทะเลลงต่ำสุด ลักษณะทรายค่อนข้างหยาบ พวกที่มีขนาดกลาง (ความยาวกระดองประมาณ 11-20 มิลลิเมตร) จะฝังตัวในแนวที่เหนือขึ้นมาจากตีนคลื่น มักจะพบตัวเมียมากกว่าตัวผู้ สำหรับจักจั่นทะเลที่มีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ความยาวกระดองจะน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร มักฝังตัวอยู่บริเวณใกล้กับแนวที่น้ำทะเลซัดหาดสูงสุด ลักษณะทรายจะเป็นทรายละเอียด โดยจะพบเพศผู้มากกว่าเพศเมีย ซึ่งจักจั่นทะเลเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าเพศเมียค่อนข้างมาก แต่โดยส่วนใหญ่ตัวที่มีขนาดเล็กกว่า 8 มิลลิเมตรนั้น ยังไม่ปรากฏลักษณะเพศและยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ ทั้งนี้รูปแบบการกระจายที่พบอาจเนื่องมาจากปัจจัยที่หลากหลาย เช่น ลักษณะของพื้น (substratum) ช่วงการขึ้น-ลงของน้ำ และความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้การกระทำของคลื่น ยังส่งผลต่อการกระจายของจักจั่นทะเลอีกด้วย หากมีคลื่นที่รุนแรงมาก จะทำให้พบการกระจายของจักจั่นทะเลลดลง โดยเฉพาะระยะวัยอ่อนที่อาจจะฝังตัวลึกลงไป

Chulalongkorn University



รูปที่ 6 การกระจายของจักจั่นทะเลบริเวณชายหาดแยกตามขนาด (วุฒิชัย เจนการ, 2525)

2.1.4 อาหารและพฤติกรรมการกินอาหาร

ในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง (intertidal zone) บริเวณหาดทราย ซึ่งเป็นบริเวณที่จักจั่นทะเลอาศัยอยู่นั้น มักพบว่าสภาพแวดล้อมมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากได้รับผลกระทบจากปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น คลื่นที่ซัดเข้ามายังหาดอย่างต่อเนื่อง ระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่มีการเปลี่ยนแปลงในรอบวัน อุณหภูมิและความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง รวมทั้งผลกระทบจากผู้ล่า ซึ่งจะถูกรบกวนจากทั้งผู้ล่าบนบกและผู้ล่าในทะเล มันจึงมีการปรับตัวทั้งด้านพฤติกรรมการดำรงชีวิต พฤติกรรมการกินอาหาร เพื่อให้สามารถอาศัยอยู่ในระบบนิเวศที่ค่อนข้างแปรปรวนได้ สำหรับจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* มีพฤติกรรมการกินอาหารจัดอยู่ในพวกกรองกินอาหาร หรือที่เรียกว่า “filter feeder” (Efford, 1966) โดยพวกมันจะชูส่วนของหนวดคู่ที่ 2 (antennae) ขึ้นมาเหนือพื้นทราย และกรองกินอาหารขนาดเล็กๆในมวลน้ำ อาหารของจักจั่นทะเลส่วนใหญ่จะเป็นแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ครัสเตเชียนขนาดเล็ก (Weymouth and Richardson, 1912; Jones, 1936) ลักษณะของรยางค์หนวดคู่ที่ 2 (antennae) มีรูปร่างเป็นแส้ (flagellum) เรียวยาว และมีลักษณะโครงสร้างคล้ายขนนก (plumose setae) ประกอบด้วย ขน (setae) แบ่งออกเป็น 4 แถว แต่ละแถวประกอบด้วยขนขนาดเล็กๆอีกเป็นจำนวนมากสานกันคล้ายซี่หวี่เสมือนเป็นตะแกรงกรองอาหาร โดยจักจั่นทะเลแต่ละตัวจะหันหน้าออกสู่ทะเล เพื่อกรองกินอาหาร เมื่อคลื่นซัดเข้ามาหาฝั่ง หนวดคู่ที่ 2 (antennae) ที่ขดอยู่ใต้ meropodite ของ maxillipeds คู่ที่ 3 จะชูขึ้นและแผ่ออก (รูปที่ 7) ความแรงของน้ำจะช่วยทำให้ antennae เหยียดตรง ในขณะที่น้ำไหลผ่าน antennae จะชูขึ้นสลับกับหดกลับเป็นครั้งคราว พวกแพลงก์ตอนขนาดเล็กที่มากับน้ำถูกกรองติดอยู่กับขนขนาดเล็กๆบน antennae เมื่อคลื่นไหลกลับลงสู่ทะเล antennae จะหดกลับและถูกทำความสะอาดผ่านส่วนรยางค์ปาก (mouthparts) อาหารที่ถูกกรองมานั้นถูกส่งเข้าสู่ปากต่อไป (Snodgrass, 1952) ซึ่งพฤติกรรมการกินอาหารที่กล่าวมาข้างต้นจะไม่พบในจักจั่นทะเลสกุล *Hippa* สำหรับจักจั่นทะเลในสกุล *Hippa* จัดอยู่ในกลุ่มพวกกินซากพืช ซากสัตว์เป็นอาหาร (scavenger) (Matthews, 1955)

รูปที่ 7 พฤติกรรมการกรองกินอาหารของจักจั่นทะเล โดยใช้รยางค์หนวดคู่ที่ 2 (antennae) A. ลักษณะของ antenna เมื่อน้ำไหลผ่านช้าๆ (0.01 m/sec) โดยไหลมาทางด้านซ้ายของลำตัว B. Antenna ด้านซ้ายหดลงสู่รยางค์ปาก เพื่อนำอาหารที่กรองได้เข้าสู่ปากต่อไป (Efford, 1966)

2.1.5 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์

การกระจายอยู่ทั่วโลกของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* ตามชายฝั่งทะเล ทั้งในเขต Tropical และเขต Temperate นั้น ส่งผลให้จักจั่นทะเลแต่ละชนิดมีช่วงเวลาในการผสมพันธุ์แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) โดยจักจั่นทะเลมีรูปแบบการผสมพันธุ์แบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ จักจั่นทะเลที่อาศัยอยู่ในเขต Temperate เช่น *Emerita analoga* มีการผสมพันธุ์เกิดขึ้นเป็นฤดูกาล ซึ่งจะจำกัดอยู่ในช่วงปลายฤดูใบไม้ผลิจนถึงช่วงที่เริ่มเข้าสู่ฤดูร้อน (Efford, 1967) สำหรับจักจั่นทะเลที่อาศัยในเขต Tropical นั้นพบว่า มีการผสมพันธุ์เกิดขึ้นตลอดทั้งปี โดยจะพบพัฒนาการของไข่และตัวอ่อนอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี (Subramoniam, 1977a) ทั้งนี้เนื่องมาจากในเขต Tropical มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบปีน้อย อุณหภูมิสูงและค่อนข้างคงที่ (Semper, 1881; Subramoniam, 1986)

ตารางที่ 1 ฤดูกาลผสมพันธุ์ของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita*

ชนิด	ฤดูผสมพันธุ์	อ้างอิง
Emerita talpoida	มิถุนายน – กันยายน	(Wharton, 1942)
	มกราคม – สิงหาคม	(Diaz, 1981)
Emerita analoga	เมษายน – ตุลาคม	(Boolootian et al., 1959)
	กุมภาพันธ์ – กันยายน	(Cox and Dudley, 1968)
	มีนาคม – พฤศจิกายน	(Osorio et al., 1967)
	สิงหาคม – ธันวาคม	(Conan, 1978)
Emerita asiatica	มกราคม – ธันวาคม	(Menon, 1933)
		(Subramoniam, 1977b)
Emerita emeritus	กุมภาพันธ์ – มกราคม	(Murugan, 1985)
Emerita holthuisi	มกราคม – ธันวาคม	(Nagabushanam and Kulkarni, 1977)
	กรกฎาคม – ธันวาคม	(Murugan, 1985)

ดัดแปลงจาก (Subramoniam and Gunamalai, 2003)

จักจั่นทะเลเป็นสัตว์ที่มีเพศแยก (dioecious) คือ เพศผู้และเพศเมียไม่ได้อยู่ในตัวเดียวกัน โดยตัวผู้จะปรากฏอวัยวะเพศผู้ เป็นติ่งเล็กๆ สีขาวขุ่น เรียกว่า “genital papillae” ยื่นออกมาบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 ทั้ง 2 ข้าง สำหรับตัวเมียจะมีรูสำหรับรับน้ำเชื้อจากตัวผู้ หรือที่เรียกว่า “spermatophore” อยู่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 4 ทั้ง 2 ข้าง โดยปกติจักจั่นทะเลตัวผู้จะมีขนาดเล็กกว่าตัวเมียมาก (ตารางที่ 2; รูปที่ 9)

ตารางที่ 2 ขนาดของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* เพศผู้และเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ (mm.)

ชนิด	ขนาดเพศผู้	ขนาดเพศเมีย	อ้างอิง
Emerita analoga	10.0 – 22.0	15.0 – 30.0	(Knox and Boolootian, 1963)
	6.0 – 12.0	13.0 – 31.0	(Efford, 1967)
Emerita asiatica	3.5 – 7.5	22.0 – 30.0	(Menon, 1933)
	3.5 – 15.0	19.0 – 33.0	(Subramoniam, 1977a)

ตารางที่ 2 (ต่อ) ขนาดของจักจั่นทะเลสกุล *Emerita* เพศผู้และเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ (mm.)

ชนิด	ขนาดเพศผู้	ขนาดเพศเมีย	อ้างอิง
Emerita emeritus	3.0 – 11.0	20.0 – 37.0	(Murugan, 1985)
Emerita holthuisi	11.0 – 17.0	12.0 – 18.0	(Sankolli, 1965)
	2.5 – 8.0	7.0 – 14.0	(Murugan, 1985)
Emerita talpoida	2.5 – 12.0	14.0 – 29.0	(Efford, 1967)
	3.25– 10.25	14.10 – 29.25	(Diaz, 1981)

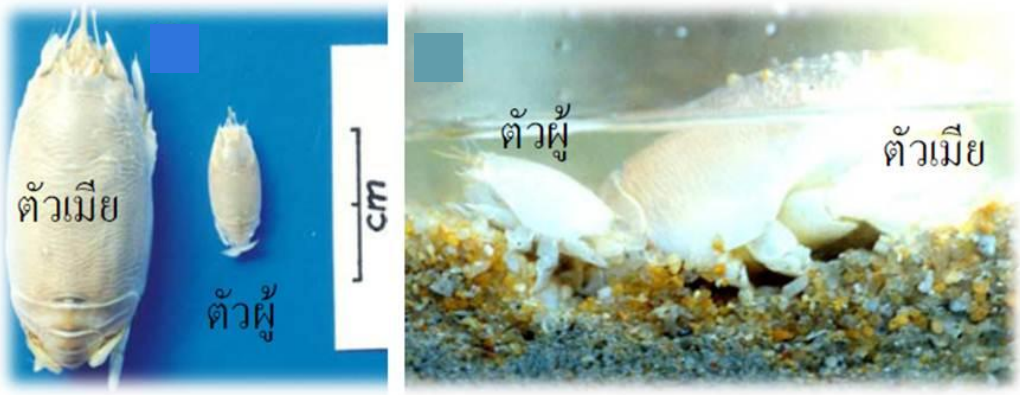
จากการศึกษาพฤติกรรมการจับคู่ผสมพันธุ์ของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita analoga* ทั้งจากบริเวณชายหาดและจากห้องปฏิบัติการ (MacGinitie, 1938) พบว่าตัวผู้จะมารวมกลุ่มกันอย่างชัดเจนรอบๆตัวเมีย ใช้เวลาประมาณ 2-5 วัน ก่อนที่จะมีการจับคู่ผสมพันธุ์ ซึ่งตัวผู้จะเกาะติดบริเวณส่วนท้องของตัวเมียตรงโคนขาเดินคู่ที่ 4 (รูปที่ 8) โดยมีขนแข็งๆเป็นตัวช่วยยึดติด ขณะที่ตัวเมียฝังตัวอยู่ในพื้นทรายนั้น ตัวผู้ยังคงเกาะติดอยู่บริเวณส่วนท้องของตัวเมียและยังคงอยู่อย่างนั้นจนกว่ามันจะปล่อยน้ำเชื้อที่มีลักษณะเหนียวหนืดเข้าสู่ตัวเมียทางรูรับน้ำเชื้อ (spermatophore) ซึ่งผู้ศึกษาสังเกตเห็นว่าการปล่อยน้ำเชื้อเข้าสู่ตัวเมียมักจะเกิดขึ้นช่วงที่ตัวเมียมีการลอกคราบเสร็จใหม่ๆ ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วนั้นจะพัฒนาเป็นลำดับและถูกเก็บไว้บริเวณรยางค์ส่วนท้อง ซึ่งรยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) จะช่วยพยุงไข่เอาไว้ โดยใช้ขนบริเวณ endopodite ของ pleopodsเป็นตัวยึดไข่ให้ติดกัน เมื่อไข่แก่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อนในระยะแรกจะดำรงชีวิตด้วยการล่องลอยไปตามกระแสน้ำ (planktonic larvae) เรียกตัวอ่อนในระยะนี้ว่า “ซูเอีย (zoea)” ระยะนี้มีระยะการพัฒนาของตัวอ่อนหลายระยะ ใช้กระบวนการลอกคราบ (molting) ในการเจริญเติบโตแต่ละระยะเช่นเดียวกับครัสเตเชียนชนิดอื่น ซึ่งตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละชนิดใช้เวลาในการลอกคราบไม่เท่ากัน หลังจากนั้นตัวอ่อนซูเอียก็จะพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (megalopa) จะเริ่มลงเกาะตามพื้นทราย มีรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย ก่อนที่จะเจริญเป็นตัวเต็มวัยต่อไป

นอกจากนี้พบว่าบริเวณชายหาด Madras ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของประเทศอินเดีย (Subramoniam, 1977a) จักจั่นทะเลตัวเมียจะยอมรับตัวผู้ที่มีขนาดเล็กมากกว่าตัวที่มีขนาดใหญ่ในการจับคู่ผสมพันธุ์ เนื่องจากตัวที่มีขนาดเล็กจะไม่ไปรบกวนหรือขัดขวางกิจกรรมต่างๆที่ยังดำเนินอยู่ตามปกติของจักจั่นทะเลตัวเมีย เช่น การเคลื่อนที่ฝังตัว การกรองกินอาหาร เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นจักจั่นทะเลที่ขนาดเล็กกว่ายังทำให้ได้เปรียบในการซ่อนตัว หลบหนี รวมทั้งสะดวกในการเกาะติดบริเวณส่วนท้องของตัวเมียที่ฝังตัวอยู่ใต้พื้นทราย นอกจากนี้ตัวผู้ที่มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเกาะติดกับตัว

เมีย อาจถูกพัดพาโดยคลื่นหรือทรายได้เมื่อตัวเมียฝังตัว สำหรับพฤติกรรมการรวมกลุ่มของจักจั่นทะเลนั้นเป็นการปรับตัวเพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการจับคู่ผสมพันธุ์ได้มากขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ (Efford, 1965; Cubit, 1969.)

รูปที่ 8 ลักษณะการจับคู่ผสมพันธุ์ของจักจั่นทะเล (วุฒิชัย เจนการ, 2525)

Chulalongkorn University



รูปที่ 9 เปรียบเทียบขนาดจักจั่นทะเลตัวผู้และตัวเมีย (วุฒิชัย เจนการ, 2525)

2.1.6 คุณค่าทางโภชนาการของจักจั่นทะเล

จักจั่นทะเลเป็นสัตว์ทะเลชนิดหนึ่งที่นิยมจับมารับประทานเป็นอาหารในหลายๆพื้นที่ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยอีกด้วย โดยเฉพาะจังหวัดภูเก็ต บริเวณหาดไม้ขาว หาดสนามบิน เป็นต้น จักจั่นทะเลจัดเป็นเมนูประจำถิ่นขึ้นชื่อของจังหวัดภูเก็ต สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนไม่น้อย ถึงกับมีคำกล่าวที่ว่า “ ใครมาเที่ยวจังหวัดภูเก็ตแล้วไม่ได้ทานจักจั่นทะเล ถือว่ายังมาไม่ถึง” จักจั่นทะเลที่ถูกจับนำมารับประทานส่วนใหญ่เป็นจักจั่นทะเลเพศเมียชนิด *Emerita emeritus* เนื่องจากเพศผู้มีขนาดเล็ก ร้านอาหารบางแห่งในจังหวัดภูเก็ต ยังคงมีการนำจักจั่นทะเลที่ยังมีชีวิตมาใส่ในตู้เลี้ยงโชว์ขายอาหารสด ซึ่งจะพบจักจั่นทะเลเพศเมียที่มีไข่ติดอยู่บริเวณหน้าท้องเกือบทุกตัว (วุฒิชัย เจนการ, 2525) จากการสอบถามข้อมูลจากชาวบ้านในพื้นที่พบว่าจักจั่นทะเลมีราคาค่อนข้างสูง เมนูที่นิยมรับประทาน ได้แก่ จักจั่นทะเลชุบแป้งทอด จักจั่นทะเลทอดกระเทียม เป็นต้น

จักจั่นทะเลมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสัตว์ทะเลชนิดอื่นๆ เช่น กุ้ง ปู เป็นต้น โดยพบว่า มีความชื้น 72.2% ขี้เถ้า 11.96% โปรตีน 11.63% ไขมัน 3.31% และคาร์โบไฮเดรต 0.77% (วุฒิชัย เจนการ, 2525)

http://topicstock.pantip.com/food/topicstock/2009/06/D8024377.html

http://pantip.com/topic/32259939

รูปที่ 10 เมนูอาหารจากจักจั่นทะเล ได้แก่ จักจั่นทะเลทอดกระเทียมและชุบแป้งทอด

ในปัจจุบันประชากรจักจั่นทะเลอยู่ในอัตราเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ค่อนข้างสูง เนื่องจากจำนวนประชากรลดลงอย่างมาก อาจมีสาเหตุมาจากการจับจักจั่นทะเลที่มีไข่ การเปลี่ยนแปลงของชายหาดและกิจกรรมของมนุษย์ที่เข้ามารุกล้ำบริเวณชายหาด ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของจักจั่นทะเล รวมทั้งยังเป็นสัตว์ที่คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้จักและไม่ได้รับการอนุรักษ์เท่าที่ควร

2.2 การเลี้ยงจักจั่นทะเลวัยอ่อน

จักจั่นทะเลระยะซูเอียมีการดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนและมีพฤติกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาแสง (positive phototactic) ดำรงชีวิตด้วยการล่องลอยตามน้ำบริเวณผิวน้ำ อาหารที่มีการนำมาเลี้ยงตัวอ่อนในระยะนี้ ได้แก่ *Chlorella* sp. *Artemia* sp. *Nitzchia* sp. เป็นต้น (Rees, 1959) โดยทั่วไปมักนิยมใช้อาร์ทีเมียที่เพิ่งฟักออกจากไข่ใหม่ๆ (*Artemia* nauplii) มาใช้เป็นอาหารให้แก่ตัวอ่อน เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง ขนาดเล็ก ช่วยให้ตัวอ่อนจับกินได้ง่าย มีการเติบโตรวดเร็วและมีอัตราการรอดสูง (Israel et al., 2006) ไม่นิยมใช้อาร์ทีเมียที่เก็บไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารลดลง ปริมาณอาหารที่ให้จะต้องมีปริมาณที่พอเหมาะ ไม่มากหรือน้อยเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการรอดของตัวอ่อนจักจั่นทะเล กล่าวคือ หากให้อาหารในปริมาณที่มากเกินไป เกิดการตกค้างของอาหารในน้ำ ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ทำให้ตัวอ่อนมีอัตราการรอดต่ำ และถ้าหากให้ในปริมาณที่น้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อการเติบโตของตัวอ่อน ดังนั้น การให้อาหารนั้นจำเป็นต้องให้ในปริมาณน้อยหลายๆครั้ง หมั่นสังเกตการกินของตัวอ่อนและปรับปริมาณตามความเหมาะสม นอกจากนี้จะต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในกระบะเลี้ยงตัวอ่อนปริมาณสองในสามส่วนของน้ำทั้งหมดเป็นประจำและควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของตัวอ่อนจักจั่นทะเล

อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการกินอาหารของตัวอ่อนจักจั่นทะเลระยะซูเอียในธรรมชาติ แต่จากการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* ได้กำหนดอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงตัวอ่อนออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกจะให้สาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. เป็นอาหาร กลุ่มที่ 2 ให้อาร์ทีเมียที่เพิ่งฟักใหม่ๆเป็นอาหาร และกลุ่มที่ 3 จะให้ทั้งสาหร่ายสีเขียวและอาร์ทีเมียเป็นอาหาร ผลการศึกษาพบว่าตัวอ่อนที่ได้รับอาร์ทีเมียเป็นอาหารเพียงอย่างเดียวมีอัตราการรอดสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งตัวอ่อนกลุ่มที่รับสาหร่ายสีเขียวเพียงอย่างเดียวนั้นจะตายตั้งแต่ระยะซูเอีย I (Israel et al., 2006)

2.2.1 อาร์ทีเมียและวิธีการเพาะอาร์เมียสำหรับเป็นอาหารแก่ตัวอ่อนจักจั่นทะเล

อาร์ทีเมีย หรือ ไรน้ำตาล, ไรน้ำเค็ม (ชื่อสามัญ: Brine shrimp) (รูปที่ 11) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำเค็มชนิดหนึ่ง อยู่ในกลุ่มครัสเตเชีย ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว มีรูปร่างแบนเรียวคล้ายใบไม้ มีขนาดเล็กและมีคุณค่าทางอาหารสูง (ตารางที่ 3) สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงความเค็มกว้าง (นพดล ภูวพานิช, 2550) ในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งนิยมนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะอาร์ทีเมียที่อยู่ในรูปของไข่ (cyst) สามารถเก็บไว้ได้นาน หากต้องการใช้เพียงแค่นำมาฟักในระยะเวลาสั้นก็จะได้ตัวอ่อนที่สามารถนำไปเป็นอาหารของสัตว์น้ำได้ทันที

รูปที่ 11 *Artemia* ที่เพิ่งฟักออกจากไข่ (ซ้าย) และตัวที่มีอายุ 24 ชั่วโมงหลังจากฟัก (ขวา) (Delbos and Schwarz, 2009)

ตารางที่ 3 ขนาดและคุณค่าทางอาหารของอาร์ทีเมีย

อาร์ทีเมีย	ขนาดลำตัว (mm.)		คุณค่าทางอาหาร (%)			
	ความยาว	ความกว้าง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
วัยอ่อน	0.4 – 0.52	0.14 – 0.18	52.2	18.9	14.8	9.7
โตเต็มวัย	7.0 – 15.0	3.0 – 4.0	56.4	11.8	12.1	17.4

ดัดแปลงจาก (นพดล ภูวพานิช, 2550)

อาร์ทีเมีย มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการสำหรับใช้เป็นอาหารแก่สัตว์น้ำวัยอ่อน ดังนี้

- มีขนาดเล็ก ลำตัวอ่อนนุ่ม ไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว สัตว์น้ำสามารถจับกินได้ง่าย
- มีคุณค่าทางอาหารเหมาะสม โดยพบว่าอาร์ทีเมียวัยอ่อนให้โปรตีนสูงถึง 52.2 %
- ทำการเพาะฟักได้ง่ายภายในระยะเวลาอันสั้น
- ช่วยฟื้นฟูคุณภาพน้ำ เนื่องจากอาร์ทีเมียกินอาหารโดยการกรองสิ่งแขวนลอยต่างๆในน้ำ

การฟักไข่อาร์ทีเมีย

นำไข่อาร์ทีเมียประมาณ 1-5 กรัม ต่อน้ำทะเล 1 ลิตร (โดยทั่วไปความหนาแน่นที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 2 กรัม ต่อน้ำทะเล 1 ลิตร หากหนาแน่นเกินไป ทำให้อัตราการฟักลดลง) มาทำความสะอาด เพื่อป้องกันเชื้อที่อาจติดมากับไข่ด้วยการนำไปแช่ไว้ในสารละลายไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นประมาณ 200 ppm ประมาณ 30 นาที แล้วนำไข่ไปล้างด้วยน้ำสะอาด หลังจากนั้นนำไข่ใส่ลงในถังที่เตรียมไว้สำหรับเพาะฟัก โดยใช้น้ำทะเลความเค็มประมาณ 10-35 psu ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่นำมาเพาะฟัก (นพดล ภูวพานิช, 2550) พร้อมทั้งให้อากาศตลอดเวลา เวลาที่ใช้ในการฟักขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ คุณภาพของไข่และขนาดที่ต้องการนำไปใช้เป็นอาหารให้แก่สัตว์น้ำวัยอ่อน เพื่อให้จับกินได้สะดวก ซึ่งอาร์ทีเมียที่เพิ่งฟักใหม่ๆในระยะที่เรียกว่า “ Instar I ” เป็นระยะที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าอาร์ทีเมียที่มีอายุหลายวันและมีขนาดเล็ก ตัวอ่อนระยะนี้มีอายุประมาณ 6–10 ชั่วโมงหลังทำการเพาะฟัก ทั้งนี้ระยะเวลาส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 15-48 ชั่วโมง แสงสว่างช่วยทำให้อาร์ทีเมียฟักออกเป็นตัวได้ดีขึ้น (Sorgeloos et al., 1998) เมื่ออาร์ทีเมียฟักออกมาเป็นตัวจำเป็นต้องแยกเปลือกและไข่ที่ไม่ฟักออกจากตัวอ่อนก่อน ด้วยวิธีการใช้แสงล่อ เนื่องจากตัวอ่อนอาร์ทีเมียชอบแสง โดยทำการปิดระบบให้อากาศในถังเพาะฟัก จากนั้นใช้ผ้าสีดำหรือวัสดุทึบแสงคลุมบริเวณส่วนบนของถังเพาะ เพื่อไม่ให้แสงส่องเข้าไปยังบริเวณดังกล่าว ตัวอ่อนอาร์ทีเมียจะว่ายน้ำลงมาอยู่บริเวณก้นถังส่วนที่มีแสงสว่าง ส่วนเปลือกไข่ก็จะลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ หลังจากนั้นทำการปล่อยน้ำออกทางก้นถังและกรองอาร์เมียเอาไว้ด้วยถุงกรองอาร์ทีเมีย นำอาร์ทีเมียที่กรองได้ไปล้างให้สะอาดและสามารถนำไปเป็นอาหารแก่สัตว์น้ำได้ทันที สำหรับการเก็บตัวอ่อนอาร์ทีเมียนั้น ควรเก็บในช่องแช่แข็งที่มีอุณหภูมิประมาณ 4-10°c ซึ่งทำให้อาร์ทีเมียมีชีวิตอยู่ได้ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง (อัศวิน แก้วคง, 2538)

2.3 คุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

น้ำที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นจะต้องสะอาด ปลอดเชื้อโรค และมีคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หากคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำและตายในที่สุด โดยทั่วไปคุณสมบัติของน้ำที่ควรพิจารณาในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีดังนี้

2.3.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดใช้ออกซิเจนในขบวนการต่างๆของร่างกายเพื่อการเติบโต ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ทั้งนี้ปริมาณออกซิเจนดังกล่าวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำ เนื่องจากออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะถูกนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง รวมทั้งขึ้นอยู่กับปริมาณของพืชน้ำอีกด้วย หากในน้ำมีการเจริญของพืชน้ำสูงส่งผลทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำ ทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ การควบคุมปริมาณพืชน้ำหรือแพลงก์ตอนพืชจึงมีความจำเป็นเพื่อให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพียงพอและมีค่าเหมาะสม ปริมาณออกซิเจนมักจะต่ำลงในเวลากลางคืน เนื่องจากเวลากลางคืนไม่มีการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ แต่จะมีการใช้ออกซิเจนในการหายใจ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรอยู่ในระดับที่มากกว่า 5 mg/L. หากขาดแคลนออกซิเจนในน้ำจะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำได้หลายประการ เช่น ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 3 mg/L. ทำให้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวของไข่ช้าลง นอกจากนี้ขนาดและความแข็งแรงของตัวอ่อนจะลดน้อยลง รวมทั้งการกินอาหารของสัตว์น้ำลดลงเช่นกัน (Bolorunduro and Abba Y.A., 1996)

ตารางที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/L.) ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/L.)	**ลักษณะอาการของสัตว์น้ำ**
น้อยกว่า 1	สัตว์น้ำตาย
2 – 4	สัตว์น้ำดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่การเติบโตค่อนข้างช้าและมีความเฉื่อยชา
5 หรือมากกว่า 5	สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิตได้อยู่อย่างปกติ มีการกินอาหาร การเติบโตและการสืบพันธุ์ที่ดี

ดัดแปลงจาก (Bolorunduro and Abba Y.A., 1996)

2.3.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อขบวนการต่างๆและอัตราเมตาบอลิซึมของสัตว์น้ำ เช่น การหายใจ การกินอาหาร การย่อยอาหารและการขับถ่าย เป็นต้น นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำ หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนลดลง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นมากเกินไปทำให้สัตว์น้ำขาดออกซิเจนในที่สุด สัตว์น้ำเป็นสัตว์เลือดเย็น (poikilotherms) อุณหภูมิในตัวของสัตว์น้ำจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของน้ำและสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ ซึ่งแต่ละชนิดจะทนอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และหากสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว สัตว์น้ำไม่สามารถปรับตัวได้ทัน ย่อมส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอย่างแน่นอน (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544) เช่น เกิดความผิดปกติของระบบควบคุมการขับถ่ายน้ำและแร่ธาตุ ทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอ ติดโรคและตายได้ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528)

2.3.3 ความเค็ม

หมายถึง ปริมาณของเกลือแร่ต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรด์ สัตว์น้ำแต่ละชนิดอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่าความเค็มแตกต่างกันไป จะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เท่ากันในแต่ละชนิด ความเค็มของน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะระบบควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย (water regulatory system) หากสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างรวดเร็ว จะส่งผลถึงอัตราการเติบโตของสัตว์น้ำได้ (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548)

2.3.4 ความเป็นด่าง

ค่าความเป็นด่างของน้ำเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของเบสที่ละลายน้ำ ได้แก่ อิออนของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต มีผลเกี่ยวเนื่องกับปัจจัยอื่นๆ เช่น pH เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญของความเป็นด่างคือ เป็นบัฟเฟอร์ที่ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำนั้นๆมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ค่าความเป็นด่างจึงเป็นตัวบอกถึงความสามารถของน้ำที่จะควบคุมระดับ pH ไม่ให้เปลี่ยนแปลง แหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำ ระดับ pH จะเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ นอกจากนี้ค่าความเป็นด่างยังส่งผลต่ออัตราการเติบโตและอัตราการรอดของสัตว์น้ำอีกด้วย โดยทั่วไปค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งหรือสัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนอยู่ระหว่าง 80-150 mg/L หากมีค่าสูงหรือน้อยกว่าช่วงดังกล่าว จะส่งผลต่ออัตราการลอกคราบ ทำให้การลอกคราบเกิด

ได้ไม่สมบูรณ์ สัตว์น้ำจะอ่อนแอและตายในที่สุด (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544) การปรับค่าความเป็นด่างมักใช้ปูนคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

2.3.5 ความเป็นกรด-ด่าง

เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่มีอยู่ในน้ำ pH มีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 โดยมีค่ากึ่งกลางเท่ากับ 7 แสดงถึงความเป็นกลางของสารละลายนั้น ในแหล่งน้ำทั่วไปมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5-9 ซึ่งค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน เนื่องจากพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน ทำให้ในเวลากลางวัน pH มีค่าสูงขึ้นและค่อยๆลดลงในเวลากลางคืนเพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาจากการหายใจของสัตว์น้ำ

ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 6-9 หากมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมจะส่งผลให้สัตว์น้ำเกิดความเครียด อ่อนแอ ไม่เติบโตและตายได้ (วิรัช จิ๋วแหยม, 2544)

ตารางที่ 5 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	**ลักษณะอาการของสัตว์น้ำ**
1.0 - 4.9 (มีความเป็นกรดสูง)	เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ส่งผลให้สัตว์น้ำตาย
5.0 - 6.6 (มีความเป็นกรดต่ำ)	สัตว์น้ำบางชนิดทนอยู่ได้ แต่จะมีผลผลิตต่ำ เติบโตช้า การสืบพันธุ์หยุดชะงัก
6.7 - 9.9	เป็นช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ สัตว์น้ำมีการเติบโตและการสืบพันธุ์ดี
10.0 - 11.0	ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต สัตว์น้ำให้ผลผลิตต่ำ
สูงกว่า 11.0	เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

ดัดแปลงจาก (Bolorunduro and Abba Y.A., 1996)

2.3.6 แอมโมเนีย

แอมโมเนียเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น กระบวนการขับถ่ายของเสีย เป็นต้น และเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียในน้ำ (Decomposition) โดยสิ่งขับถ่ายของสัตว์น้ำจะมีปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนียสูง ซึ่งในแหล่งน้ำทั่วไปจะพบแอมโมเนีย 2 รูปแบบ ได้แก่ ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) จะไม่แตกตัว (Un-ionized ammonia) โดยปกติเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ และแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) แตกตัวได้ง่าย (Ionized ammonia) ไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำหรืออาจจะเป็นพิษน้อยกว่าแอมโมเนีย กรณีที่มีปริมาณสูงมากๆ (โชคชัย เหลืองธุวปราณีต, 2548) การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและ pH ของน้ำ หากแหล่งน้ำมีค่า pH ลดลง เปอร์เซ็นต์การแตกตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นพิษลดลง ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นทั้งจากกระบวนการขับถ่ายของสัตว์น้ำหรือจากภายนอก รวมทั้งอาหารที่เหลือตกค้างในแหล่งน้ำจะทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น ในที่สุดก็จะส่งผลอันตรายต่อสัตว์น้ำ ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยทั่วไปจะควบคุมไม่ให้ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่าเกินกว่า 0.1 mg/L. หากน้ำมีปริมาณแอมโมเนียสูงเป็นเวลานาน ทำให้สัตว์น้ำกินอาหารได้น้อยลง อ่อนแอ ติดเชื้อได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นประจำ เพื่อไม่ให้เกิดการตกค้างของของเสียในแหล่งน้ำและหากมีปริมาณแอมโมเนียสูงมากๆ สามารถใส่เกลือแกงเพื่อลดความเป็นพิษได้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา, 2536)

2.3.7 ไนไตรต์

โดยปกติไนไตรต์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้เช่นเดียวกับแอมโมเนีย แต่จะเกิดขึ้นในปริมาณไม่มากนัก ส่วนใหญ่ไนไตรต์ที่พบถูกเปลี่ยนมาจากแอมโมเนีย ซึ่งไนไตรต์มักจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนเตรต ทำให้ปริมาณไนไตรต์ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าไม่สูงมาก (ธีรพงษ์ จรัญญากรณ์, 2545) ความเป็นพิษของไนไตรต์เกิดจากการที่ไนไตรต์ไปออกซิไดซ์เหล็ก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของฮีโมโกลบิน ทำให้กลายเป็นเมทธีโมโกลบิล ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้หรือทำให้สัตว์น้ำเกิดภาวะ “Hypoxia” คือความสามารถในการรับออกซิเจนต่ำกว่าปกติ ส่งผลให้เกิดการตายของสัตว์น้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน ระดับความเป็นพิษของไนไตรต์จะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) และค่า pH ลดลง แต่ความเป็นพิษของไนไตรต์สามารถถูกยับยั้งได้โดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นไนไตรต์จะมีความเป็นพิษค่อนข้างต่ำในน้ำทะเลที่มีปริมาณคลอไรด์สูง (ยุวดี อัณฑสูตร, 2550) ระดับความเข้มข้นของไนไตรต์ที่ปลอดภัยไม่ควรเกิน 0.1 mg/L. ถ้ามีปริมาณมากทำให้สัตว์น้ำอ่อนแอ ภูมิต้านทานต่ำ ติดเชื้อได้ง่าย สามารถควบคุมได้โดยการให้อาหารในปริมาณที่พอเหมาะ ไม่ให้เกิดการตกค้างในบ่อเลี้ยงและมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเป็นประจำ (Parker, 1995)

2.3.8 ไนเตรต

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในวัฏจักรไนโตรเจน หากมีการสะสมของไนเตรตในปริมาณสูง จะส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ ทำให้เกิดความเครียด อัตราการกินอาหารลดลง เติบโตช้า นอกจากนี้ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ในภาวะที่ไร้ออกซิเจน โดยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น ซึ่งจะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่เสมอเมื่อมีความเข้มข้นของไนเตรตสูง (Bhatnagar and Devi, 2013)

2.3.9 ไฮโดรเจนซัลไฟด์

การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ส่วนใหญ่เกิดจากการให้อาหารมากเกินไป ขบวนการย่อยสลายของอขงเสีย รวมทั้งการเน่าสลายของสิ่งมีชีวิต เกิดการตกค้างและหมักหมมอยู่ในบ่อเลี้ยง พื้นบ่อที่มีสีดำและมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า เป็นลักษณะการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจะเกิดกระบวนการเผาผลาญแบบไร้ออกซิเจน โดยเกิดจากแบคทีเรียสามารถใช้ออกซิเจนจากซัลเฟตในน้ำ (SO_4^{2-}) ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์จะผกผันกับค่า pH ในน้ำ น้ำที่มีค่า pH ต่ำ มีโอกาสเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์มากกว่าแหล่งน้ำที่มีค่า pH สูง ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์มีลักษณะคล้ายกับการขาดออกซิเจน เนื่องจากจะไปขัดขวางออกซิเจนภายในเซลล์ ทำให้ปริมาณแลกเตท (lactate) ในเลือดสูงขึ้น ซึ่งไฮโดรเจนซัลไฟด์มีความเป็นพิษรุนแรงกว่าการขาดออกซิเจน (ยุวดี อัณฑสูตร, 2550) ดังนั้นในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรมีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้น การแก้ปัญหาทำได้โดยเพิ่มเครื่องให้อากาศ ดูดตะกอนสีดำที่เน่าเสียตรงพื้นบ่อออกไป และมีการถ่ายน้ำมากขึ้นเพื่อระบายของเสียออกไป (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2535)

2.3.10 ความกระด้างของน้ำ

ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารที่มีประจุ 2^+ (Divalent cation) ที่ละลายในน้ำ โดยสารที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งปริมาณสารเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูก เปลือกของสัตว์น้ำ รวมทั้งยังมีผลต่อการฟักและการเจริญของตัวอ่อนอีกด้วย หากในแหล่งน้ำมีค่าความกระด้างของน้ำไม่เหมาะสมจะทำให้สัตว์น้ำเครียด เติบโตช้าและตายได้ (Bhatnagar and Devi, 2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของตัวอ่อนจักจั่นทะเล

การศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลวัยอ่อนในแต่ละชนิด มีขั้นตอนและวิธีการเลี้ยงไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับตัวอ่อนหรือชีววิทยาของตัวอ่อนจักจั่นทะเล ยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาพัฒนาการ วงจรชีวิตและการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเลในประเทศไทย สำหรับการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* นั้น มีการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเล *Emerita holthuisi* (Sankolli, 1965) ประเทศปากีสถาน โดยการอนุบาลในโรงเพาะฟัก (Siddiqi and Ghory, 2006) พบว่า จักจั่นทะเลชนิดนี้มีพัฒนาการของตัวอ่อนในระยะซูเอียทั้งหมด 6 ระยะ ก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา พัฒนาการดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 52 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างจักจั่นทะเลเพศเมียที่มีไข่อยู่บริเวณหน้าท้องกลับมาเลี้ยงยังโรงเพาะฟักภายใต้อุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ในช่วง 25-27°C ความเค็มอยู่ระหว่าง 30-32 psu pH เท่ากับ 7.8-7.9 โดยให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหาร เช่นเดียวกับการศึกษาจากประเทศอินเดีย (Sankolli, 1967)

สำหรับพัฒนาการของจักจั่นทะเล *Emerita emeritus* (Linnaeus, 1767) จากชายฝั่งทางตะวันออกของประเทศอินเดีย (Israel et al., 2006) ซึ่งทำการเก็บจักจั่นทะเลเพศเมียที่มีไข่มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ภายใต้ความเค็มประมาณ 32 psu อุณหภูมิของน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 25-27°C กำหนดช่วงสว่างและช่วงมืดเท่ากับ 12:12 ชั่วโมง พบว่าจักจั่นทะเลชนิดนี้มีระยะการพัฒนาของตัวอ่อนระยะซูเอียทั้งหมด 6 ระยะ และระยะเมกาโลปา 1 ระยะ ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 29 วัน กระบวนการฟักของตัวอ่อนใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง และมักเกิดขึ้นในช่วงเช้าตรู่ การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดอาหารสำหรับตัวอ่อนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกให้สาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่สองให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมีย (*Artemia* nauplii) เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่สามจะให้ทั้งสาหร่ายสีเขียว *Chlorella* sp. และตัวอ่อนอาร์ทีเมีย (*Artemia* nauplii) เป็นอาหาร จากการศึกษาพบว่า ตัวอ่อนกลุ่มที่ได้รับตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารเพียงอย่างเดียวนั้น มีอัตราการรอดสูงที่สุด ในขณะที่ตัวอ่อนที่ได้รับ *Chlorella* sp. เพียงอย่างเดียวนั้น ส่วนใหญ่มีชีวิตอยู่ได้ถึงระยะซูเอีย I เท่านั้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita talpoida* (Say, 1817) โดยทำการเก็บตัวอย่างจักจั่นทะเลชนิดดังกล่าวจากชายหาดทางฝั่ง North Carolina มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (Rees, 1959) ภายใต้อุณหภูมิประมาณ 30°C ความเค็มของน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 32.2 psu ให้แสงสว่างอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียและ *Nitzchia* sp. เป็นอาหาร พบว่ากระบะที่ให้ *Nitzchia* sp. เป็นอาหารเพียงอย่างเดียวนั้น ตัวอ่อนทุกตัวจะตายในขณะที่อยู่ในระยะซูเอีย I สำหรับกระบะที่ให้อาร์ทีเมียเป็นอาหาร ตัวอ่อนที่อยู่รอดนั้นมีการพัฒนาตัวอ่อนในระยะซูเอีย

ทั้งหมด 6 ระยะ ก่อนจะพัฒนาเข้าสู่ระยะลงเกาะ นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอ่อนในระยะซูเอีย VI บางส่วนมีการลอกคราบเพิ่มขึ้น ทำให้จักจั่นทะเลชนิดนี้บางตัวมีระยะซูเอียทั้งหมด 7 ระยะ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเพียงอย่างเดียวที่เกิดขึ้นระหว่างระยะซูเอีย VI และระยะซูเอีย VII คือ การเพิ่มขึ้นของจำนวนขน (setae) 1-2 เส้น บริเวณส่วนปลายของรยางค์ส่วน maxillipeds ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการพัฒนาตั้งแต่ฟักออกจากไข่จนถึงระยะลงเกาะใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 28 วัน ตัวอ่อนที่ตายส่วนใหญ่จะตายในขณะที่กำลังลอกคราบ เนื่องจากเปลือกเก่าติดกับเปลือกใหม่ มักจะเกิดบริเวณใกล้กับส่วนปลายของ rostral spine และบริเวณรยางค์ส่วน maxillipeds สำหรับการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita rathbunae* (Schmitt, 1935) จากชายหาดประเทศ Mexico (Knight, 1967) ซึ่งเก็บทั้งแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและเก็บตัวอย่างตัวอ่อนในระยะซูเอีย I-II มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการอุณหภูมิ 19-22°C ความเค็ม 33.5-33.9 psu ให้ตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหาร พบว่า จักจั่นทะเลชนิดนี้มีระยะตัวอ่อนซูเอียไม่แน่นอน บางตัวมีระยะซูเอีย 6 ระยะ ในขณะที่บางส่วนพัฒนาไปจนถึงระยะซูเอีย VIII – ซูเอีย IX ก่อนที่จะเข้าสู่ระยะลงเกาะ (megalopa) ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันส่งผลให้ตัวอ่อนบางตัวเกิดความเครียด ทำให้เกิดการลอกคราบไม่สมบูรณ์ พัฒนาการทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 81-94 วัน

พัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Hippa cubensis* (De Saussure) จากชายหาดประเทศ Barbados ซึ่งเป็นประเทศที่เป็นหมู่เกาะตั้งอยู่ในมหาสมุทรแอตแลนติกทางตะวันตก และอยู่ทางตะวันออกของทะเลแคริบเบียนเล็กน้อย พบว่าไข่ฟักออกมาเป็นตัวอ่อนในระยะแรกใช้เวลาประมาณ 2 วัน ซึ่งมักจะเกิดขึ้นหลังจากพระอาทิตย์ตก ตัวอ่อนที่ฟักออกมาจะถูกเลี้ยงภายใต้ความเค็ม 34.45-35.85 psu อุณหภูมิไม่คงที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 25-28°C แต่โดยรวมแล้วในแต่ละวันจะผันแปรไม่เกิน 1°C โดยในห้องปฏิบัติการจะเปิดไฟเพื่อขยายช่วงเวลากลางวันออกไปประมาณ 16-18 ชั่วโมงต่อวัน จักจั่นทะเลชนิดนี้มีระยะซูเอีย 5-6 ระยะ ก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะลงเกาะ (megalopa) ซึ่งมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย ใช้เวลาทั้งหมด 71-83 วัน (Hanson, 1969)

จากการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลวัยอ่อนข้างต้น สรุปได้ว่า ตัวอ่อนแต่ละตัวจะมีการพัฒนาส่วนต่างๆเหมือนกันในขณะที่อยู่ในระยะเดียวกัน สำหรับขนาดของตัวอ่อน, จำนวนขน (setae) บริเวณรยางค์คู่ต่างๆ และเวลาที่จะปรากฏรยางค์ส่วนอกครั้งแรก รวมทั้งการพัฒนารยางค์ขาว่ายน้ำ ไม่เท่ากันเสมอไป อย่างไรก็ตาม การลอกคราบนั้นสามารถบอกระยะตัวอ่อนได้ (Hanson, 1969)

ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับชนิด การกระจาย และชีววิทยาประชากรจักจั่นทะเลตลอดแนวชายฝั่งทางด้านมหาสมุทรอินเดีย (Boonruang and Phasuk, 1975) โดยทำการเก็บตัวอย่างในปี พ.ศ. 2514-2516 พบจักจั่นทะเลทางฝั่งทะเลอันดามันมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Hippa adactyla* (Fabricius, 1787), *Emerita emeritus* (Linnaeus, 1767) และ *Albunea symnista*

(Linnaeus, 1758) โดยจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* มีความชุกชุมมากที่สุด ส่วนอีก 2 ชนิด พบได้เป็นครั้งคราว บริเวณที่พบมากที่สุด คือ จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดพังงา โดยเฉพาะบริเวณชายหาดทางด้านตะวันตกของจังหวัดภูเก็ต ส่วนทางชายฝั่งด้านตะวันออกนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าชายเลน ไม่เหมาะกับการอยู่อาศัยของจักจั่นทะเล ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-ตุลาคม) เป็นช่วงที่พบเพศเมียอุ้มไข่ (ovigerous females) มากกว่า 95% และมีขนาดใหญ่ โดยพบว่าเพศเมียที่มีขนาด 20.0-29.0 mm. ส่วนใหญ่จะมีไข่อยู่บริเวณหน้าท้องและความดกไข่อยู่ที่ประมาณ 500-6000 ฟองต่อตัว ทั้งนี้เนื่องมาจากในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้นั้น มีกระแสคลื่นซัดหาดค่อนข้างแรงเหมาะต่อการกรองกินอาหาร อาหารมีความอุดมสมบูรณ์ ขณะที่ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือคลื่นลมสงบ มันจึงฝังตัวบริเวณตีนคลื่น ทำให้สังเกตได้ยาก บริเวณที่พบนั้นมีอุณหภูมิน้ำทะเลเหนือพื้นทรายเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.2-30.9°C อุณหภูมิพื้นทรายเปียกอยู่ระหว่าง 28.8-31.2°C ความเค็มอยู่ในช่วง 31.5-32.8 psu ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ระหว่าง 4.6-6.3 mg/L. ขนาดเม็ดทรายอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 mm. ปริมาณอินทรียสารในพื้นทรายอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4-1.6 ของพื้นทราย ประชากรมีความสัมพันธ์กับการขึ้น-ลงของกระแสน้ำ ประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่ามักจะอาศัยอยู่บริเวณใกล้กับแนวที่น้ำทะเลลงต่ำสุด

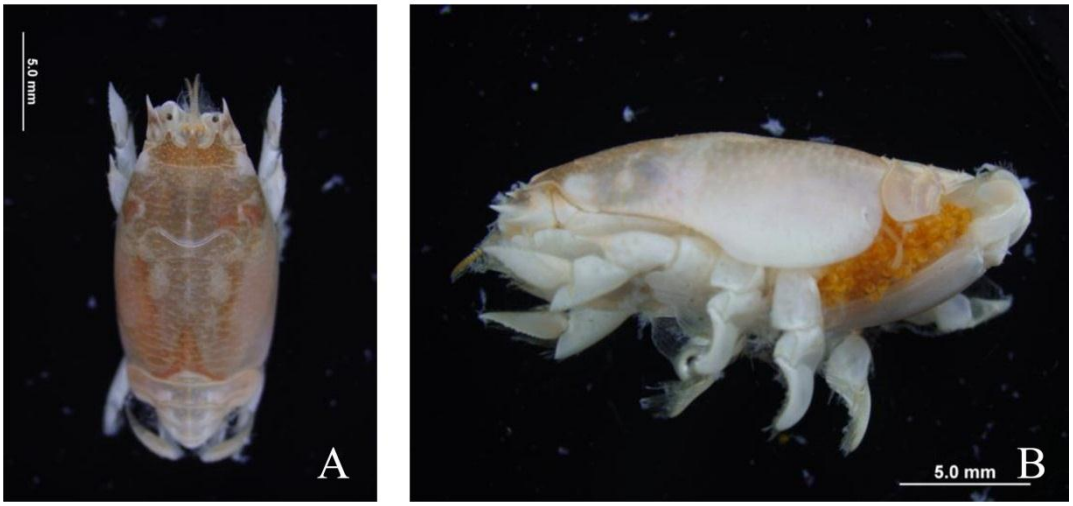
สำหรับทางฝั่งอ่าวไทยมีการศึกษาชนิดและการกระจายของจักจั่นทะเลใน Family Hippidea (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง, 2545) พบจักจั่นทะเลใน Family Hippidea ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Hippa celaeno* (de Man, 1896), *Hippa truncatifrons* (Miers, 1878) และ *Emerita* sp. เป็นชนิดที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ โดยชนิดที่พบการกระจายมากที่สุดตลอดชายฝั่งทางอ่าวไทย คือ *Emerita* sp. พื้นที่ที่สามารถพบจักจั่นทะเลอาศัยอยู่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น รูปร่างของชายหาด กระแสคลื่น ปริมาณสารอินทรีย์ ขนาดเม็ดทราย และกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามแนวโน้มการกระจายของจักจั่นทะเลมีความสัมพันธ์กับรูปร่างของชายหาด กล่าวคือ มักจะพบบริเวณชายหาดที่ค่อนข้างตรง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ชนิดของจักจั่นทะเลที่ศึกษา

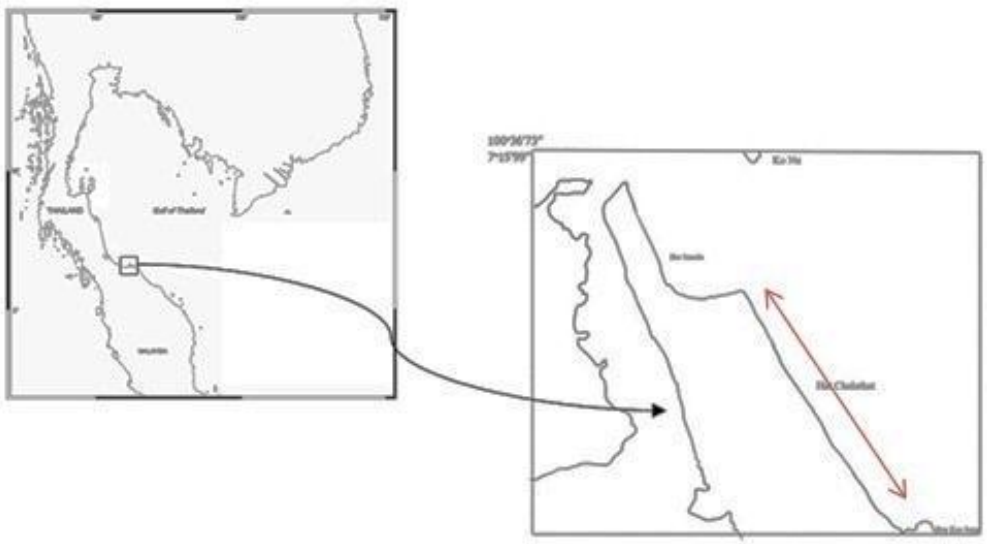
ในการศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างจักจั่นทะเลเพศเมียที่มีไข่บริเวณหน้าท้องชนิด *Emerita* sp. (รูปที่ 12) ซึ่งเป็นชนิดที่เพิ่งมีรายงานการค้นพบในประเทศไทย ขณะนี้ยังไม่สามารถระบุชนิดได้ จักจั่นทะเลชนิดนี้มีชื่อที่ชาวบ้านในท้องถิ่น เรียกว่า “แมงหมู” ลักษณะกระดองกลมนูน รูปไข่ ผิวเรียบ มีพื้นกระดองสีน้ำตาลอ่อนๆอมส้ม มีลวดลายบนกระดองคล้ายคลื่นอยู่แนวขวางของลำตัว ก้านตาเรียวยาว ส่วนหน้าของกระดองมีแง่งแหลมยื่นออกมา 3 อัน



รูปที่ 12 จักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. A. ด้านบน (dorsal view) B. ด้านข้าง (lateral view)

3.2 พื้นที่ศึกษา

สำหรับพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเล คือ หาดชลาทัศน์ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 7.204320°N และลองจิจูด 100.603346°E (รูปที่ 13) เป็นบริเวณที่พบการกระจายของจักจั่นทะเลชนิดนี้มากที่สุด หาดชลาทัศน์เป็นพื้นที่ชายหาดแนวยาวอยู่ทางฝั่งอ่าวไทย มีชายหาดที่ยาวต่อเนื่องมาจากหาดสมิหลา โดยมีแหลมสมิหลาเป็นจุดแบ่ง ลักษณะของชายหาดค่อนข้างเป็นเส้นตรง ชายฝั่งเป็นหาดทรายที่สามารถลงเล่นน้ำได้ตลอดแนว สิ่งมีชีวิตชนิดเด่นที่พบบริเวณหาดทราย ได้แก่ จักจั่นทะเลและหอยเสียบ



รูปที่ 13 แผนที่บริเวณหาดชลาทัศน์ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

รูปที่ 14 หาดชลาทัศน์ ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1 การเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเล

เนื่องจากพฤติกรรมการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเลนั้นมีการอาศัยรวมกันเป็นกลุ่ม มีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและย้ายตำแหน่งอยู่ตลอดตามการพัดพาของคลื่น รวมทั้งยังมีพฤติกรรมในการเคลื่อนหนีออกห่างจากบริเวณที่ถูกรบกวน ดังนั้นผู้ศึกษาจำเป็นต้องทำการเก็บตัวอย่างอย่างรวดเร็วและใช้วิธีการสุ่ม ตัวอย่างแม่พันธุ์ที่ได้ถือเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด โดยผู้ศึกษาสังเกตตำแหน่งที่จักจั่นทะเลฝังตัวอยู่ใต้พื้นทราย ซึ่งจะโผล่แค่ส่วนหนวด (antennae) ขึ้นมาเหนือพื้นทรายเพื่อกรองกินอาหารที่มากับคลื่น ในขณะที่คลื่นกำลังไหลกลับจะมองเห็นผิวทรายบริเวณที่มันฝังตัวอยู่มีลักษณะขรุขระ ระยิบระยับ เนื่องจากส่วนของก้านตาและหนวดคู่ที่ 2 ที่ชูขึ้นมา เมื่อทราบตำแหน่งแล้วผู้ศึกษาจะรีบไปยังบริเวณดังกล่าว แล้วใช้พลั่วสนามขุดทรายบริเวณนั้นลงไปอย่างรวดเร็วให้มีความลึกประมาณ 15-20 cm. นำทรายที่ได้ไปร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาดตา 1 mm. เพื่อทำการคัดเลือกตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเลที่มีลักษณะสมบูรณ์ และมีไข่สีส้มอยู่บริเวณหน้าท้องอย่างชัดเจน ตัวอย่างแม่พันธุ์ที่เก็บได้นั้นจะถูกนำมารวบรวมลงในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำทะเลและมีทรายรองอยู่บริเวณฐานเพื่อให้จักจั่นทะเลฝังตัว (รูปที่ 15) นอกจากนี้จะต้องเก็บทรายและน้ำทะเลบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาเลี้ยงแม่พันธุ์อีกด้วย จักจั่นทะเลทั้งหมดถูกนำมาเลี้ยงต่อยังโรงเพาะฟักของภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในระหว่างการลำเลียงนั้นจะมีการให้อากาศอยู่ตลอดเวลาและปิดฝากล่องโฟมเพื่อความสะดวกในการลำเลียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 15 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์จักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp.
A. ใช้พลั่วสนามขุดทรายบริเวณที่จักจั่นทะเลฝังตัว B. ร่อนทรายด้วยตะแกรงร่อน
C. คัดเลือกแม่พันธุ์จักจั่นทะเลที่สมบูรณ์ D. รวบรวมจักจั่นทะเลใส่กล่องโฟม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 การเตรียมน้ำทะเล

การเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลที่รวบรวมมานั้น ในระยะแรกจะใช้น้ำทะเลจากพื้นที่ศึกษาโดยตรง ซึ่งจะนำมาผ่านการกรอง โดยใช้ถุงกรองขนาดตาละเอียด 5 µm และให้ออกซิเจนในถังพักน้ำตลอดเวลา หลังจากนั้นจึงค่อยๆปรับสภาพด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำโดยใช้น้ำทะเลใหม่ สำหรับตัวอ่อนจักจั่นทะเลที่ฟักออกมานั้นจะอนุบาลโดยใช้น้ำทะเลใหม่โดยตรง เตรียมโดยการสูบน้ำจากบ่อพักน้ำทะเลของโรงเพาะฟักภาควิชาวาริชศาสตร์ (รูปที่ 16) ลงในถังพักน้ำปริมาตร 400 L ตรวจวัดความเค็มด้วยเครื่องวัดความเค็มแบบหักเหของแสง (Hand-held refractometer) ปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเล โดยปรับความเค็มของน้ำทะเลด้วยน้ำจืด ให้มีค่าความเค็มประมาณ 30 psu ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้มีค่าระหว่าง 7.7-7.9 ปรับปริมาณแอมโมเนียมให้มีค่า 0 ppm รวมทั้งปรับค่าอัลคาไลนิตี้ (alkalinity) ให้มีค่าอยู่ในช่วง 80-150 mg/L. ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงครัสเตเชียน โดยในการเลี้ยงครั้งนี้ค่าอัลคาไลนิตี้อยู่

ที่ประมาณ 120-130 mg/L. หากมีค่าน้อยหรือมากกว่าช่วงดังกล่าวจะส่งผลต่อการลอกคราบของจักจั่นทะเล ทำให้การลอกคราบไม่สมบูรณ์ การปรับค่าอัลคาไลนิตี้ทำได้โดยการเติมไบคาร์บอเนตลงไปละลายในน้ำทะเลที่เตรียมไว้ ทดสอบค่าอัลคาไลนิตี้โดยใช้ชุดทดสอบ จากนั้นฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนมากับน้ำทะเลด้วยแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (คลอรีนผง) ความเข้มข้นประมาณ 20 ppm ซึ่งจะต้องกำจัดคลอรีนให้หมดก่อนที่จะนำไปใช้ด้วยการให้อากาศอยู่ตลอดเวลาจนกว่าจะไม่มีคลอรีนเหลือตกค้างอยู่ สำหรับการทดสอบการตกค้างของคลอรีนทดสอบโดยใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) หยดลงไปในตัวอย่างน้ำทะเล หากมีการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีไปเป็นสีเหลืองแสดงว่ายังมีคลอรีนเหลือตกค้างอยู่ แต่ถ้าไม่มีการเปลี่ยนสีแสดงว่าไม่มีคลอรีนตกค้างในน้ำทะเลแล้ว สามารถนำไปใช้ได้ โดยน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้นต้องให้อากาศตลอดเวลาและต้องเตรียมไว้ให้พอตลอดการเลี้ยง ก่อนการนำไปใช้ทุกครั้งจะต้องมีการกรองโดยใช้ถุงกรองขนาดตาละเอียด 5 µm อีกครั้ง เพื่อป้องกันเศษวัสดุตกลงไป

รูปที่ 16 บ่อพักน้ำทะเล

3.3.3 การเตรียมทราย

เก็บทรายจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างจักจั่นทะเล เพื่อนำมาใช้ในการเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลสำหรับการฝังตัว โดยก่อนนำไปใช้นั้น จะต้องล้างทรายด้วยน้ำจืดหลายๆครั้งให้สะอาด จากนั้นนำทรายดังกล่าวไปตากแดดให้แห้ง เพื่อชะล้างตะกอน ขยะ และกำจัดสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ปะปนมากับทราย (รูปที่ 17)

รูปที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมทราย

A. ล้างทรายด้วยน้ำประปาหลายๆครั้ง B. นำทรายที่ล้างแล้วไปตากแดด

3.3.4 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและอนุบาลตัวอ่อน

3.3.4.1 การเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเล

ภาชนะที่ใช้เลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลนั้นจะใช้กระบะพลาสติกขนาด 45×58×47 cm^3 จำนวน 3-4 กระบะ รองด้วยแผ่นกรองใต้ทราย เพื่อให้น้ำมีการหมุนเวียนและกรองพวกเศษซากต่างๆ แล้วตามด้วยผ้าตาข่ายที่มีความละเอียด เพื่อกั้นไม่ให้ทรายตกลงไปยังแผ่นกรองด้านล่าง หลังจากนั้นใส่ทรายที่ผ่านการล้างและตากแดดแล้วลงไปให้มีความหนาของชั้นทรายอยู่ที่ประมาณ 5-10 cm. โดยใส่ให้ทรายให้มีความลาดชันไปข้างใดข้างหนึ่ง แล้วจึงเติมน้ำทะเลที่พักไว้ลงไปให้ท่วมผิวหน้าทราย สำหรับข้างที่มีความลาดชันสูงนั้นน้ำทะเลจะปริ่มๆพื้นทราย ซึ่งจะมีการเปิดระบบให้อากาศตลอดเวลา (รูปที่ 18) โดยจะวางหัวทรายไว้ฝั่งที่ต่ำกว่า เพื่อให้อากาศตีน้ำมายังอีกฝั่ง เป็นการจำลองรูปแบบคลื่นซัดในธรรมชาติ

รูปที่ 18 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเล
A. กระบะเลี้ยงแม่พันธุ์ที่ใส่ทรายให้ลาดชัน B. ใส่น้ำทะแลและให้ออกซิเจนตลอดเวลา

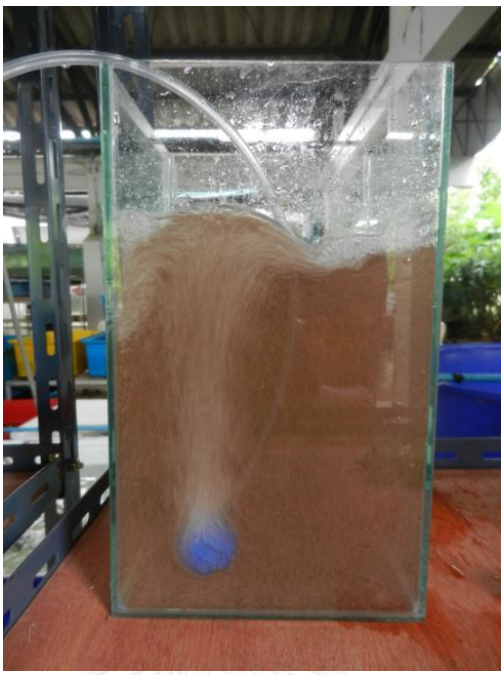
3.3.4.2 การอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล

สำหรับภาชนะที่ใช้อนุบาลตัวอ่อนนั้น ใช้กระบะพลาสติกขนาด 24×38×9 cm^3 โดยใส่น้ำทะเลปริมาตร 3000 ml. และให้อากาศตลอดเวลา โดยไม่มีการเติมทรายในกระบะเลี้ยงตัวอ่อน (รูปที่ 19) เนื่องจากการดำรงชีวิตของตัวอ่อนในระยะนี้จะล่องลอยตามน้ำ

รูปที่ 19 กระบะสำหรับอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล

3.3.5 อาหารสำหรับเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและตัวอ่อน

การศึกษาครั้งนี้ใช้อาร์ทีเมียซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร โดยเพาะอาร์ทีเมียทุกวันและเก็บตัวอ่อนที่ฟักออกมาภายใน 10-12 ชั่วโมงหลังจากการเพาะ เนื่องจากอาร์ทีเมียในระยะแรกมีขนาดเล็กและเป็นขนาดที่เหมาะในการใช้เป็นอาหารของแม่พันธุ์และตัวอ่อน ซึ่งก่อนการให้อาร์ทีเมียเป็นอาหารนั้นจะนำไปผ่านน้ำร้อนก่อน เพื่อให้อาร์ทีเมียมีการเคลื่อนที่ได้ช้าลง ทำให้จับกินได้ง่ายขึ้น



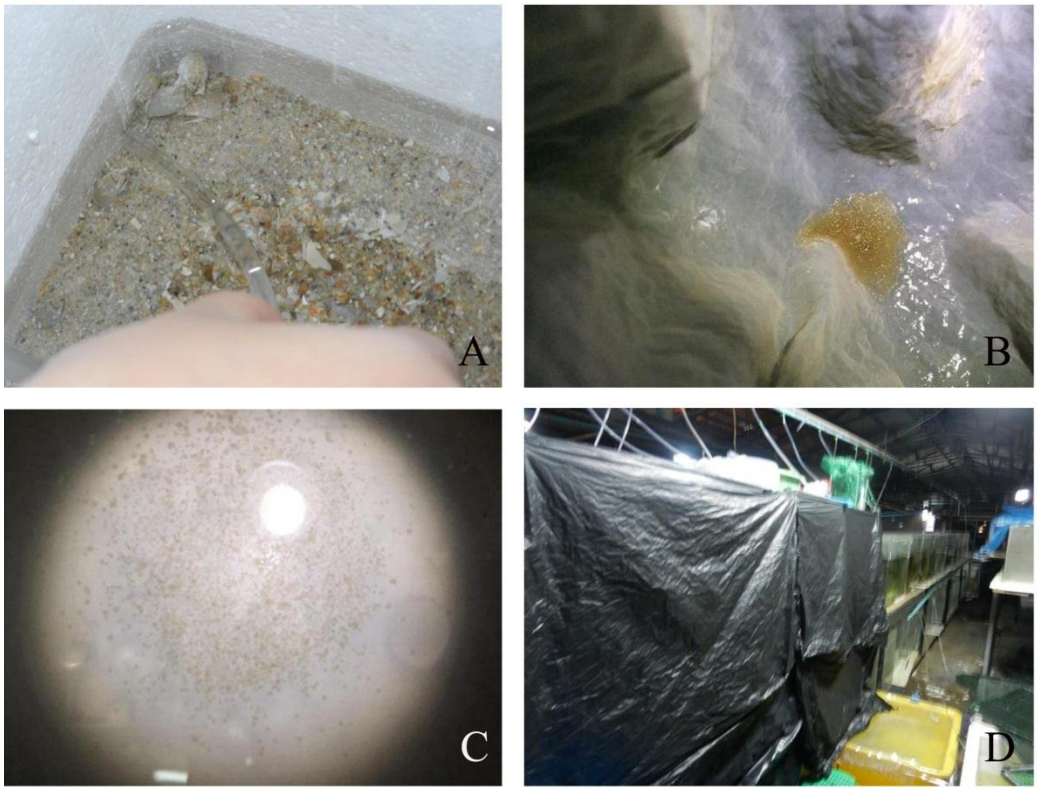
รูปที่ 20 การเพาะฟักอาร์ทีเมียสำหรับใช้เป็นอาหาร

3.3.6 การเลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลและการอนุบาลตัวอ่อน

เลี้ยงแม่พันธุ์จักจั่นทะเลในกระบะพลาสติก ซึ่งมีพื้นทรายหนาประมาณ 5-10 cm. กระบะละ 20-30 ตัว วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆทุกวัน โดยควบคุมให้อุณหภูมิของน้ำทะเลมีค่าอยู่ในช่วง 27-29°c หากอุณหภูมิน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงมากในรอบวันจะใช้ heater เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ความเค็มของน้ำทะเลมีค่าระหว่าง 28-30 psu ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลเท่ากับ 0 ppm ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7-8 กำหนดให้มีระยะกลางวัน : กลางคืน เท่ากับ 12 : 12 ชั่วโมง ในระหว่างการเลี้ยงใช้ถุงดำล้อมรอบบริเวณที่เพาะเลี้ยงในช่วงเวลาตั้งแต่หนึ่งทุ่มจนถึงเจ็ดโมงเช้าให้มีลักษณะเป็นพื้นที่มืด ซึ่งต้องหมั่นสังเกตการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเลในกระบะ หากพบว่ามีตัวที่ไม่แข็งแรงหรือมีการตายเกิดขึ้นให้นำออกจากกระบะทันที ให้อาหารวันละ 2 มื้อ คือ เวลา 09.00 น. และ 16.00 น. โดยจะให้ในปริมาณที่พอเหมาะไม่ให้ตกค้างอยู่ในกระบะมากเกินไป และทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละครั้งทุกๆเช้า

เมื่อตัวอ่อนฟักออกมา ซึ่งมักจะฟักในเวลากลางคืนต้องแยกตัวอ่อนออกจากกระบะแม่พันธุ์ในทุกๆเช้าด้วยวิธีการใช้สายยางดูด (siphon) ลงในถุงกรอง จากนั้นนำตัวอ่อนที่แยกออกมาไปเลี้ยงในกระบะพลาสติกที่เตรียมไว้ โดยมีน้ำทะเลอยู่ประมาณ 3000 ml. ความหนาแน่นของตัวอ่อนอยู่ที่ 80-100 ตัวต่อกระบะ พร้อมระบุวันที่ตัวอ่อนฟักออกมาไว้แต่ละกระบะ เนื่องจากตัวอ่อนที่เพิ่งฟักออกมานั้นยังไม่แข็งแรงเต็มที่ สามารถติดเชื้อและตายได้ง่าย หากสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ใน

สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตจึงจำเป็นต้องวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆอยู่เป็นประจำ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ในกระบะเลี้ยงตัวอ่อนจะใช้ค่าเท่ากับกระบะที่เลี้ยงแม่พันธุ์ โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละสองรอบเช้าและเย็น สำหรับตัวอ่อนที่ฟักออกมาในระยะแรกนั้นยังไม่มีการให้อาหาร เนื่องจากยังได้รับสารอาหารจากถุงไข่แดงอยู่ หลังจากนั้น 1-2 วัน ตัวอ่อนจะเริ่มกินอาหาร อาหารที่ใช้ในการอนุบาลตัวอ่อนคือ ตัวอ่อนอาร์ทีเมีย (*Artemia* nauplii) ที่เพิ่งฟักออกมาใหม่ๆ โดยจะให้อาหารเป็นเวลา 4 มื้อต่อวันคือ เวลา 07.30 น. 11.30 น. 15.30 น. และ 19.30 น. ในระหว่างการเลี้ยงนั้นมีการปรับปริมาณอาร์ทีเมียที่ให้ตามความเหมาะสม เพื่อให้ตัวอ่อนจับกินได้อย่างเพียงพอและไม่ให้ตกค้างอยู่ในกระบะมากเกินไป หากพบว่ามีตัวอ่อนที่อ่อนแอหรือตายให้รีบดูดออกจากกระบะดังกล่าวทันที ในทุกๆวันจะทำการสุ่มตัวอ่อนขึ้นมา เพื่อสังเกตพัฒนาการภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตัวอย่างตัวอ่อนที่ได้ในแต่ละระยะถูกรักษาสภาพด้วย alcohol 70% ก่อนนำไปผ่าวิเคราะห์และวาดรูปภายใต้กล้องจุลทรรศน์อย่างละเอียดต่อไป



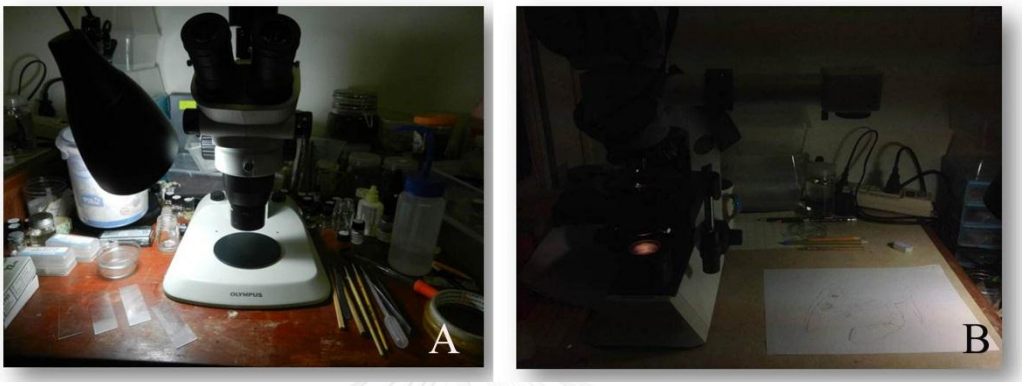
รูปที่ 21 การอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล

A. วิธีการดูดตัวอ่อนโดยใช้สายยาง B,C. ตัวอ่อนจักจั่นทะเลที่ถูกแยกออกมา

D. การใช้ถุงดำล้อมรอบเพื่อไม่ให้แสงสว่างเข้า

3.3.7 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนจักจั่นทะเล

ตัวอย่างตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละระยะจะถูกนำมาผ่าภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และวาดรูปภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบรุ่น Olympus CH30 โดยมีแขนวาดรูป Camera lucida ทำการวาดรูปตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม Adobe illustrator (Coleman, 2003)



รูปที่ 22 กล้องจุลทรรศน์สำหรับผ่าและวาดรูปตัวอ่อน
A. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอสำหรับผ่าแยกรยางค์ตัวอ่อน B. กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบพร้อมแขนวาดรูป camera lucida

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการอนุบาลตัวอ่อนจักจั่นทะเล ในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาพัฒนาการขั้นต้นของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. พบว่า แม่พันธุ์จักจั่นทะเลที่มีไข่แก่บริเวณส่วนท้อง ซึ่งสังเกตได้จากสีของไข่เปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีน้ำตาลอมเทา มักจะฟักเป็นตัวอ่อนในเวลากลางคืน ตัวอ่อนเจริญเติบโตด้วยการลอกคราบ (molting) มีพัฒนาการจากระยะซูเอีย I จนถึงระยะเมกาโลปา ใช้เวลาประมาณ 33-36 วัน ส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ 35 วัน (ตารางที่ 6) สำหรับระยะซูเอียตัวอ่อนมีการพัฒนาทั้งหมด 6 ระยะ ระยะนี้ตัวอ่อนมีรูปร่างไม่เหมือนตัวเต็มวัย ดำรงชีวิตด้วยการล่องลอยตามกระแสน้ำและคลื่นลม รวมทั้งมีพฤติกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาแสง โดยใช้ขนบริเวณส่วนปลาย exopodite ของรยางค์ maxillipeds ช่วยในการเคลื่อนที่ เคลื่อนที่ด้วยการหงายท้อง ก่อนที่จะพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา ซึ่งเป็นระยะที่ตัวอ่อนเริ่มลงเกาะตามพื้น มีการพัฒนารยางค์ส่วนต่างๆรวมทั้งรูปร่างเหมือนตัวเต็มวัย แต่ยังไม่เจริญเต็มที่

ตารางที่ 6 ระยะเวลาระหว่างการลอกคราบแต่ละระยะ

ระยะ	เวลา (วัน)
Zoea I-II	6-7
Zoea II-III	5-6
Zoea III-IV	6-7
Zoea IV-V	5-6
Zoea V-VI	6
Zoea VI-megalopa	6-7

จากการลอกคราบแต่ละครั้งส่งผลให้ตัวอ่อนมีขนาดเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการพัฒนาโครงสร้างส่วนต่างๆไปด้วย ตัวอ่อนในระยะเดียวกันมีการพัฒนาโครงสร้างส่วนต่างๆเหมือนกัน แต่ขนาดของตัวอ่อนรวมทั้งจำนวนขน (setae) บริเวณรยางค์ส่วนต่างๆ อาจจะไม่เท่ากันเสมอไปในแต่ละระยะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่พบว่ามีอัตราการตายของตัวอ่อนมากที่สุด คือ ช่วงระยะซูเอีย I และ ระยะซูเอีย II เมื่อเข้าสู่ระยะซูเอีย III ตัวอ่อนเริ่มมีอัตราการตายลดลง และมีอัตราการตายมากอีกครั้งในช่วงที่ตัวอ่อนพัฒนาเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (ตารางที่ 7)

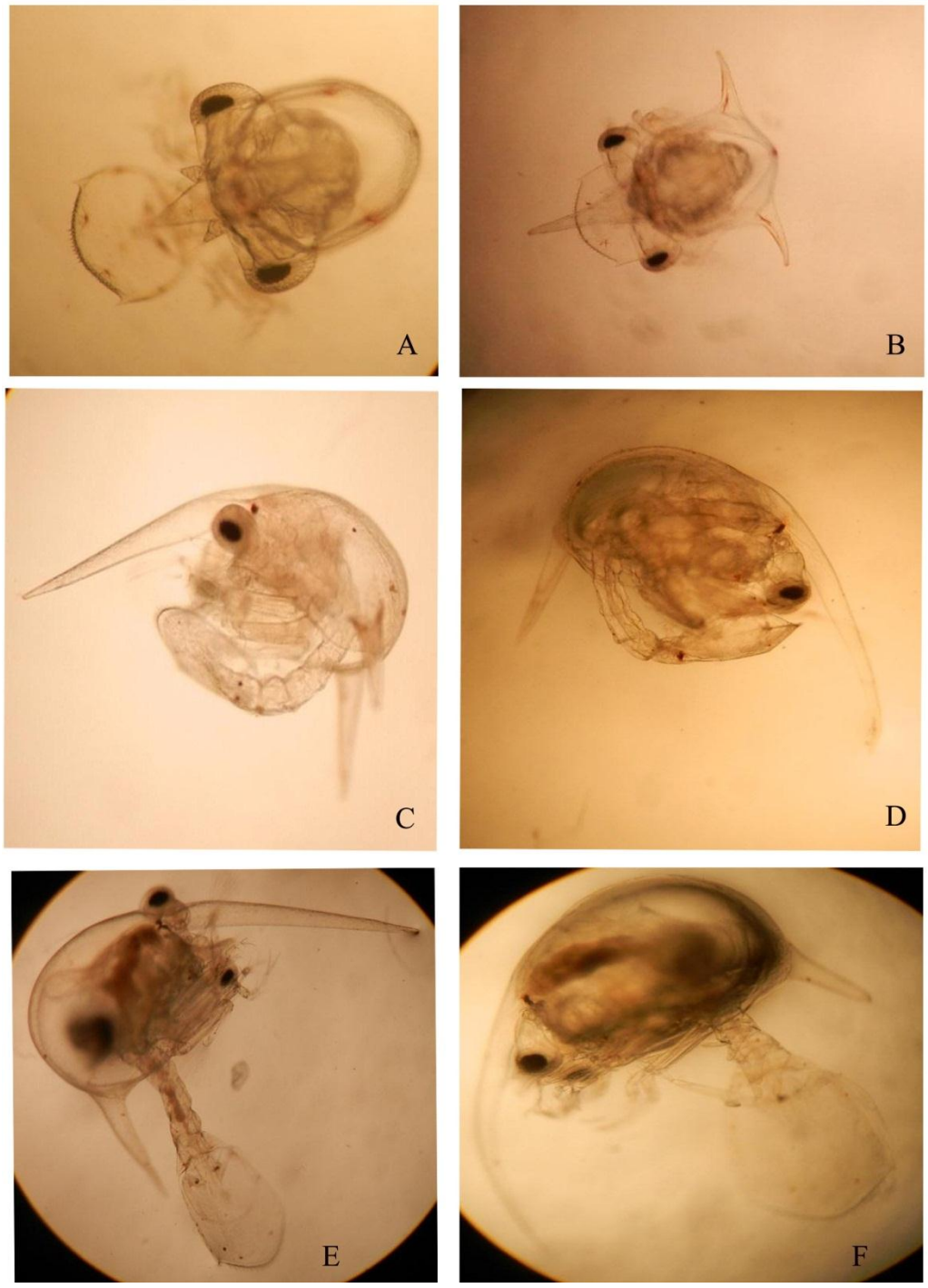
ตารางที่ 7 อัตราการรอดของตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

ระยะ	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
% การรอด	100	83 ±3.60	71 ± 3.60	64 ± 5.03	55 ± 2.51	42 ± 2.51	16 ± 2.51

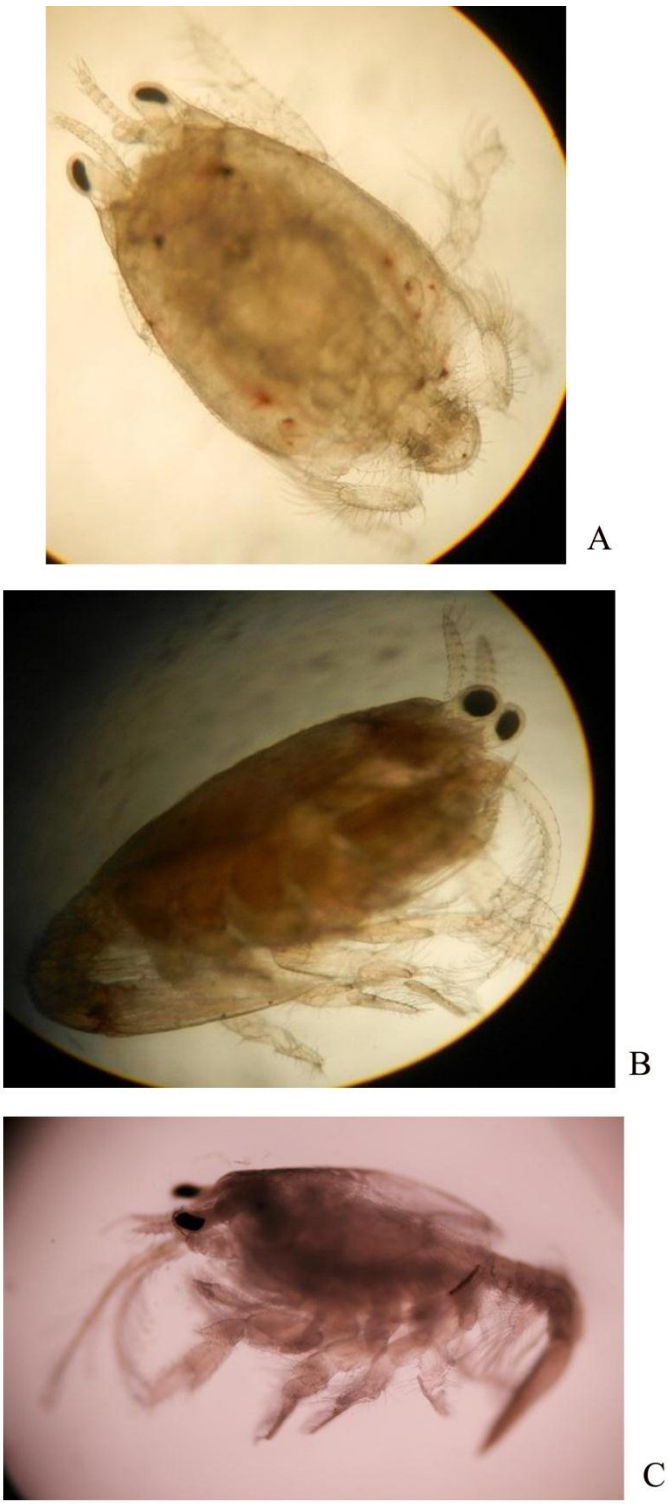
ตารางที่ 8 ขนาดโครงสร้างส่วนต่างๆของจักจั่นทะเลวัยอ่อน (ค่าเฉลี่ยตัวอ่อน 10 ตัว (mm.))

ระยะ	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Total length	1.23 ±0.02	1.94 ±0.05	2. 58 ±0.02	3.36 ±0.01	4.02 ±0.01	5.84 ±0.03	3.92 ±0.02
Carapace length	0.57 ±0.02	0.66 ±0.02	0.95 ±0.01	1.28 ±0.13	1.63 ±0.04	2.18 ±0.04	3.02 ±0.03
Carapace width	0.48 ±0.01	0.54 ±0.02	0.81 ±0.02	1.12 ±0.03	1.23 ±0.02	1.73 ±0.03	2.29 ±0.03
Rostrum length	0.19 ±0.01	0.61 ±0.03	1.22 ±0.02	1.58 ±0.03	2.24 ±0.02	2.71 ±0.03	-
Lateral spines length	-	0.29 ±0.02	0.48 ±0.01	0.72 ±0.02	1.02 ±0.02	1.27 ±0.01	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 23 ตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ระยะซูเอีย (zoea) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ A. ระยะซูเอีย I; B. ระยะซูเอีย II; C. ระยะซูเอีย III; D. ระยะซูเอีย IV; E. ระยะซูเอีย V; F. ระยะซูเอีย VI



รูปที่ 24 ตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ระยะเมกาโลปา (megalopa) ที่เลี้ยงในห้องห้องปฏิบัติการ A. Dorsal view; B, C. Lateral view

ลักษณะโครงสร้างต่างๆของตัวอ่อนจักจั่นทะเลในแต่ละระยะ

ตัวอ่อนจักจั่นทะเลที่ได้ในแต่ละระยะ เมื่อนำมาผ่าวิเคราะห์และวาดรูปภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้รายละเอียดพัฒนาการส่วนต่างๆ ดังนี้

Zoea I (รูปที่ 25 และ 26)

ตัวอ่อนจักจั่นทะเล *Emerita* sp. ในระยะ zoea I มีลักษณะทั่วๆไปที่ปรากฏเหมือนกับจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* ชนิดอื่นๆส่วนของกระดอง (carapace) มีรูปร่างค่อนข้างกลม แบนเรียบ และมีลักษณะโปร่งแสง มีกรี (rostrum) สั้นๆ แหลมๆ รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม ยื่นออกทางด้านหน้า สำหรับตายังไม่มีก้านตา (sessile eyes) ลักษณะตาเป็นตาประกอบ (compound eyes)

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ไม่เป็นข้อปล้อง รูปร่างค่อนข้างอวบและหนา สั้น ส่วนปลายสุดมีขนสำหรับรับความรู้สึก (sensory setae; aesthetascs) ลักษณะเรียวยาว 2 เส้น และมีขนเส้นเล็กสั้นๆอยู่อีก 1 เส้น

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): ไม่เป็นข้อปล้อง บริเวณส่วนปลายมีหนามแข็งๆที่อๆและหนา ลักษณะคล้ายฟัน 2 อัน และมีหนามเล็กๆอีก 1 อันอยู่บริเวณขอบ ระหว่างหนามแข็งๆ 2 อัน จะมีร่องหนามกั้นอยู่

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): มีลักษณะเรียว ยาว ส่วนปลายมีฟันแหลมๆติดกัน รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมที่มีขนาดไม่เท่ากันหลายซี่ โดยบริเวณขอบด้านหนึ่งของขากรรไกรจะมีฟันที่มีลักษณะใหญ่และหนา 2 ซี่ยื่นออกมา

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ส่วนฐานของรยางค์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ Coxal endite มีลักษณะค่อนข้างอวบ ตรงปลายมีขนแข็งๆ (plumodenticulate setae) 3 เส้น ถัดมาเป็นส่วน Basial endite บริเวณปลายมีขนแข็งๆ ค่อนข้างใหญ่และแหลม (cuspidate setae) ยื่นออกมา 2 อัน คล้ายเขาสัตว์ โดย Basial endite จะมีขนาดใหญ่กว่า Coxal endite ถัดจาก Basial endite จะเป็นรยางค์ด้านใน (endopod) ซึ่งจะมีขนลักษณะคล้ายขนนก (plumose setae) เรียวยาวตรงส่วนปลาย 1 เส้น

ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): ฐานของรยางค์ (protopod) ประกอบด้วยขนแข็งๆ (plumodenticulate setae) จำนวน 3 เส้น เชื่อมติดกับรยางค์ด้านนอก (exopod of maxilla; scaphognathite) ที่บริเวณขอบมีขนลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก (plumose setae) จำนวน 8 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I): เป็นรยางค์ส่วนสำคัญและเห็นได้ชัด ประกอบด้วยส่วนฐาน (coxopod) ซึ่งไม่มีขน ติดกันกับ coxopod เป็นส่วนของ basipod มีขนแข็งๆ

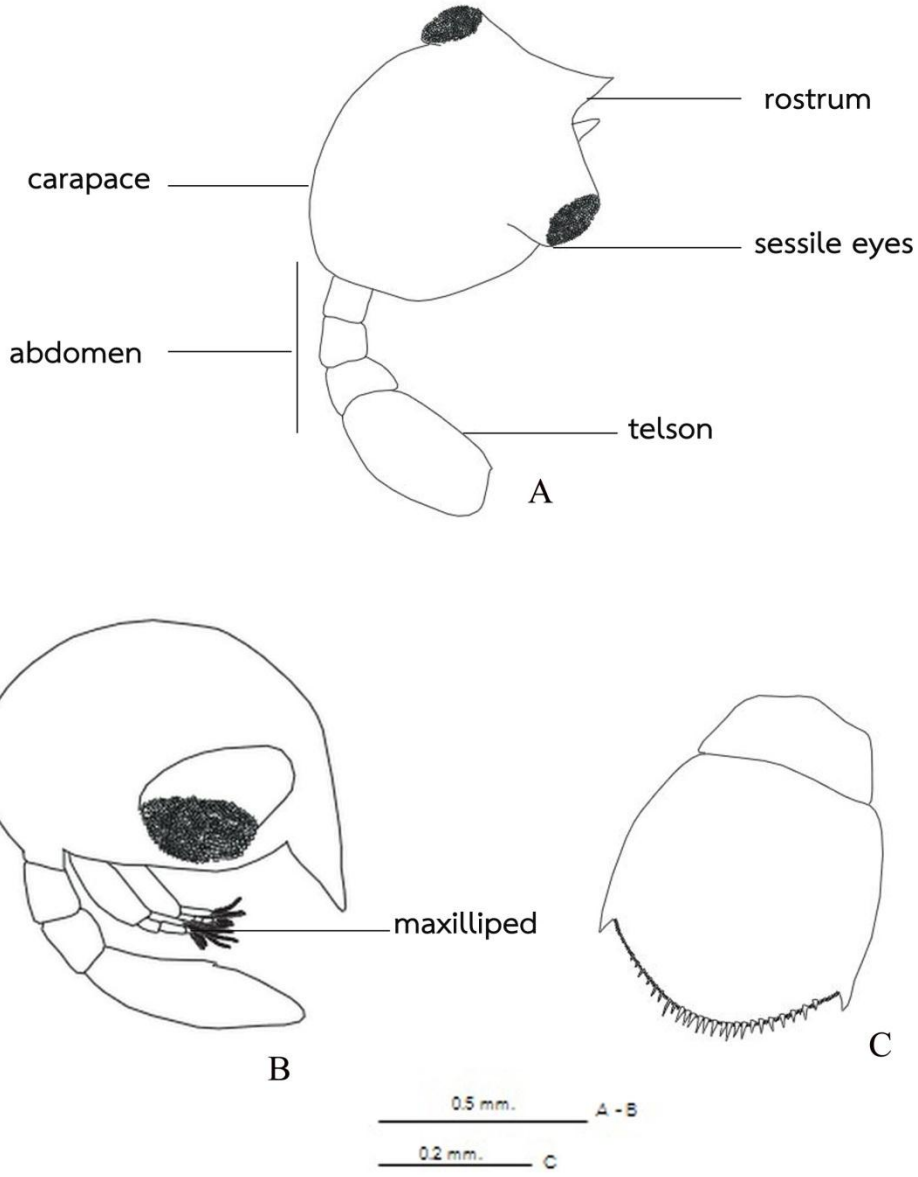
(plumodenticulate setae) 7 เส้น ถัดจาก basipod จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รยางค์ด้านใน (endopod) มี 4 ข้อปล้อง แต่ละข้อปล้องจะมีขนแข็งๆ จำนวน 3, 2, 2, 5 เส้นจากปล้องส่วนฐานมายังปล้องส่วนปลายตามลำดับ ในส่วนของรยางค์ด้านนอก ส่วนปลายจะมีขนลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก (plumose setae) จำนวน 4 เส้น ช่วยในการว่ายน้ำ

รยางค์อกคู่ที่ 2 (Maxilliped II): เป็นรยางค์ส่วนสำคัญและเห็นได้ชัดเช่นเดียวกับ maxilliped I และมี ลักษณะของรยางค์เหมือนกับ Maxilliped I ประกอบด้วยส่วน coxopod ซึ่งจะไม่มีขน ถัดมาเป็นส่วน basipod มีขนแข็งๆ จำนวน 3 เส้น ในส่วนของ endopod จะแบ่งเป็น 4 ข้อปล้องเช่นเดียวกัน โดยจะมีขนแข็งๆ จำนวน 3, 1, 2, 5 เส้นจากปล้องส่วนฐานมายังปล้องส่วนปลายตามลำดับ และส่วนรยางค์ด้านนอก (exopod) ตรงปลายมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) จำนวน 4 เส้นเช่นเดียวกันกับ Maxilliped I

รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): ประกอบด้วย 5 ข้อปล้อง โดย 2 ข้อปล้องจะอยู่ใต้กระดอง (carapace)

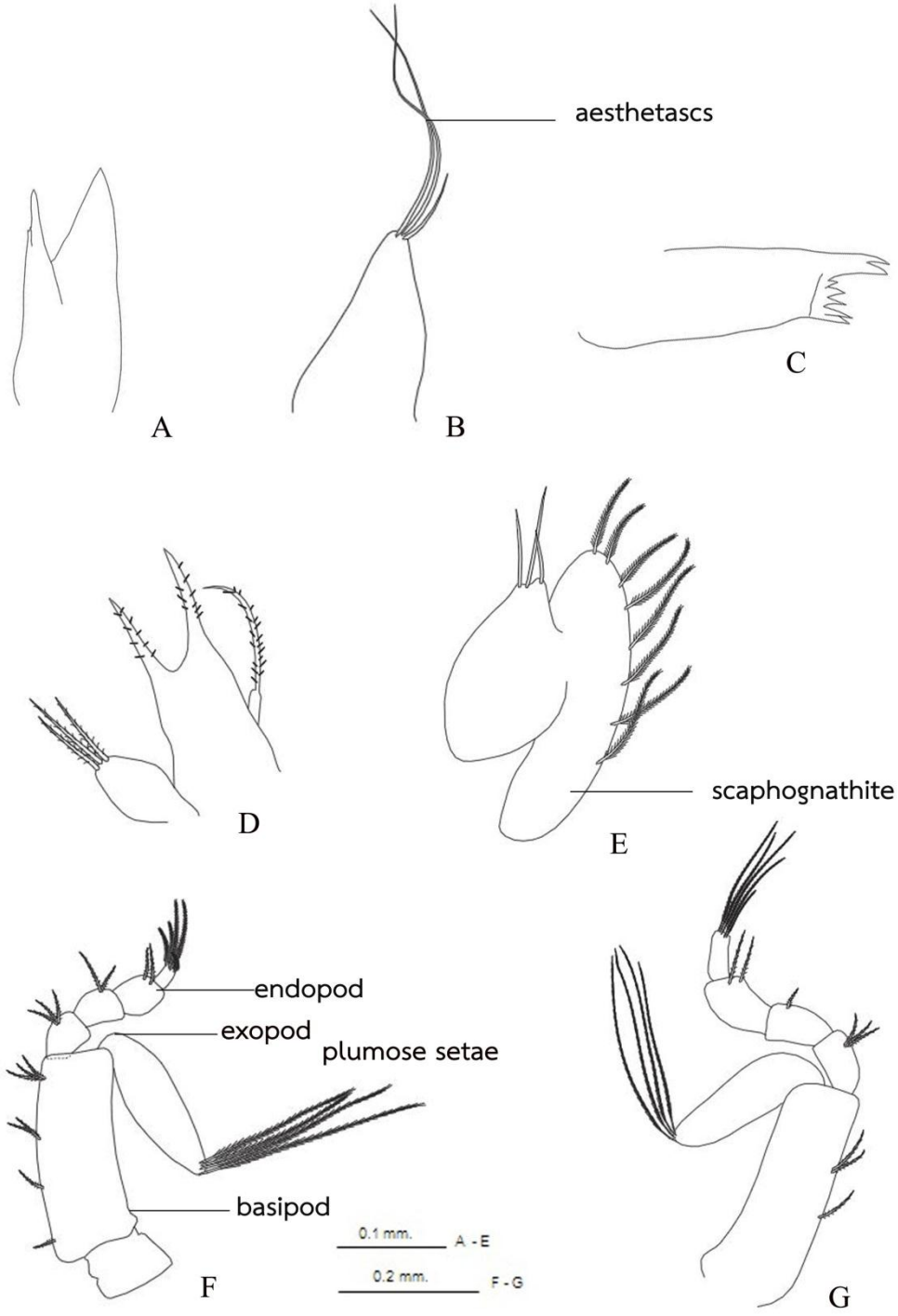
แพนหาง (Telson): มีลักษณะแบน กว้าง คล้ายใบพายหรือครีบ (paddle) บริเวณขอบด้านล่างจะโค้ง และมีหนามแหลมๆ รูปร่างสามเหลี่ยมคล้ายซี่ฟันอยู่ติดกันประมาณ 25 อัน โดยระหว่างหนามแหลมๆ ยังมีหนามเล็กๆ แทรกอยู่เป็นจำนวนมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 25 ตัวอ่อนระยะ zoea I

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 26 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea I

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Maxilliped I; G. Maxilliped II

Zoea II (รูปที่ 27 และ 28)

ในระยะนี้จะปรากฏหนามแข็งๆด้านข้างของ carapace (lateral spine) ยื่นออกมาข้างละ 1 อัน สำหรับตาจะมีก้านตาชัดเจน (stalked eyes) กระดอง (carapace) มีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย ในส่วนของกรี (rostrum) มีความยาวเพิ่มขึ้นจากระยะแรก

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ไม่เปลี่ยนแปลงจากระยะแรก

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): ส่วนปลายมีหนามแหลมๆคล้ายฟัน 2 อันอยู่บริเวณขอบทั้งสองข้าง และมีหนามแหลมเล็กๆ แทรกขึ้นมาตรงขอบอีก 1 อัน ตรงกลางจะมีลักษณะเป็นร่องเว้าลงไป บริเวณร่องดังกล่าวมีหนามเล็กๆแทรกขึ้นมา

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): ส่วนปลายจะมีฟันแหลมๆเป็นซี่ๆติดกันหลายซี่ ลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงจากระยะแรกมากนัก

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ส่วน coxal endite มีขนแข็งๆขนาดเล็กเพิ่มขึ้นมาอีก 1 เส้น รวมกับขนแข็งๆยาวๆ 3 เส้นตรงส่วนปลาย เป็น 4 เส้น ถัดมาเป็นส่วนของ basial endite จะมีขนแข็งๆที่อๆขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเป็น 3 อัน สำหรับส่วน endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากระยะแรก

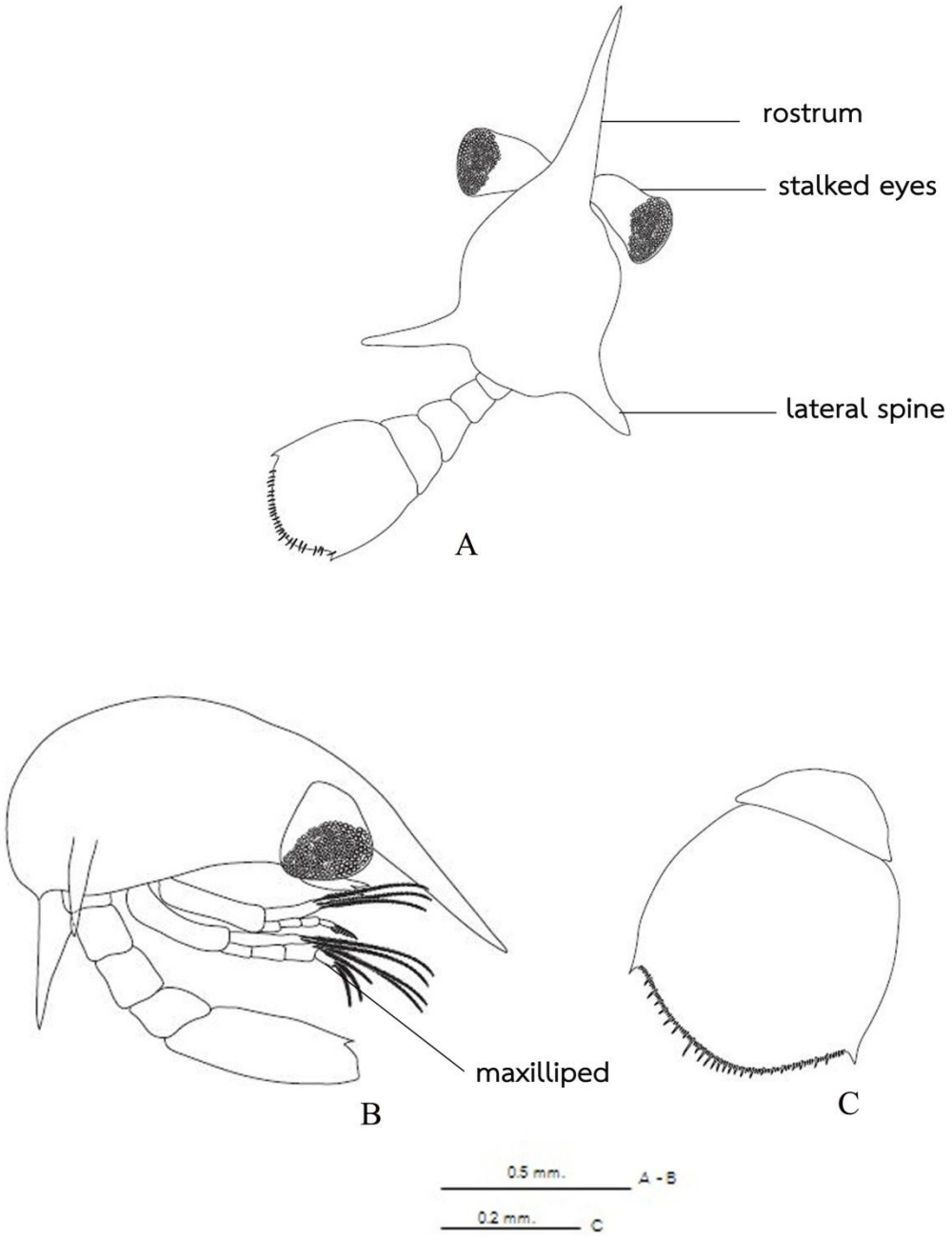
ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): ส่วนฐานของรยางค์ (protopod) มีขนแข็งๆ (plumodenticulate setae) 3 เส้นติดกัน ถัดจาก protopod จะเป็นส่วนของรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) ซึ่งจะมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) จำนวน 9 เส้นอยู่บริเวณขอบ

รยางค์อกคู่ที่ 1 (maxilliped I): ส่วนของ coxopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง basipod มีขนแข็งๆจำนวน 6 เส้น และ endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากระยะแรก สำหรับรยางค์ด้านนอก (exopod) ตรงส่วนปลายจะมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 6 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 2 (maxilliped II): ส่วนของ coxopod, basipod และ endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากระยะแรก สำหรับรยางค์ด้านนอก (exopod) ตรงส่วนปลายจะมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 6 เส้นเช่นเดียวกับรยางค์อกคู่ที่ 1

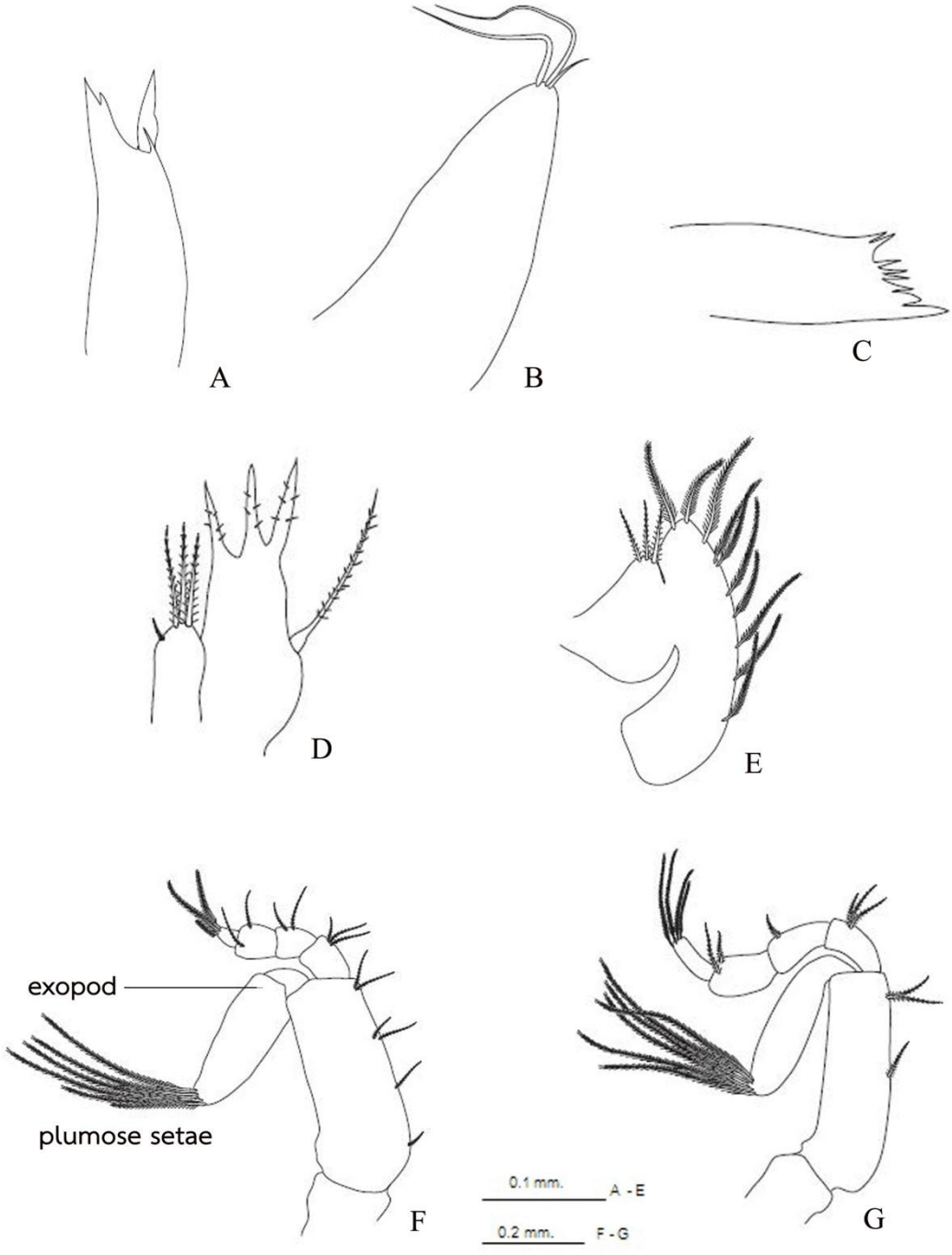
รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

แพนหาง (Telson): ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 27 ตัวอ่อนระยะ zoea II

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 28 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea II

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Maxilliped I; G. Maxilliped II

Zoea III (รูปที่ 29 และ 30)

กระดอง (carapace) มีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย ในส่วนของกรี (rostrum) มีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกันกับหนามด้านข้าง (lateral spine) มีความยาวเพิ่มขึ้นเช่นกัน

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ไม่เปลี่ยนแปลง

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): ส่วนของ protopod ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในส่วนของรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) มีจำนวนขน (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 10 เส้น

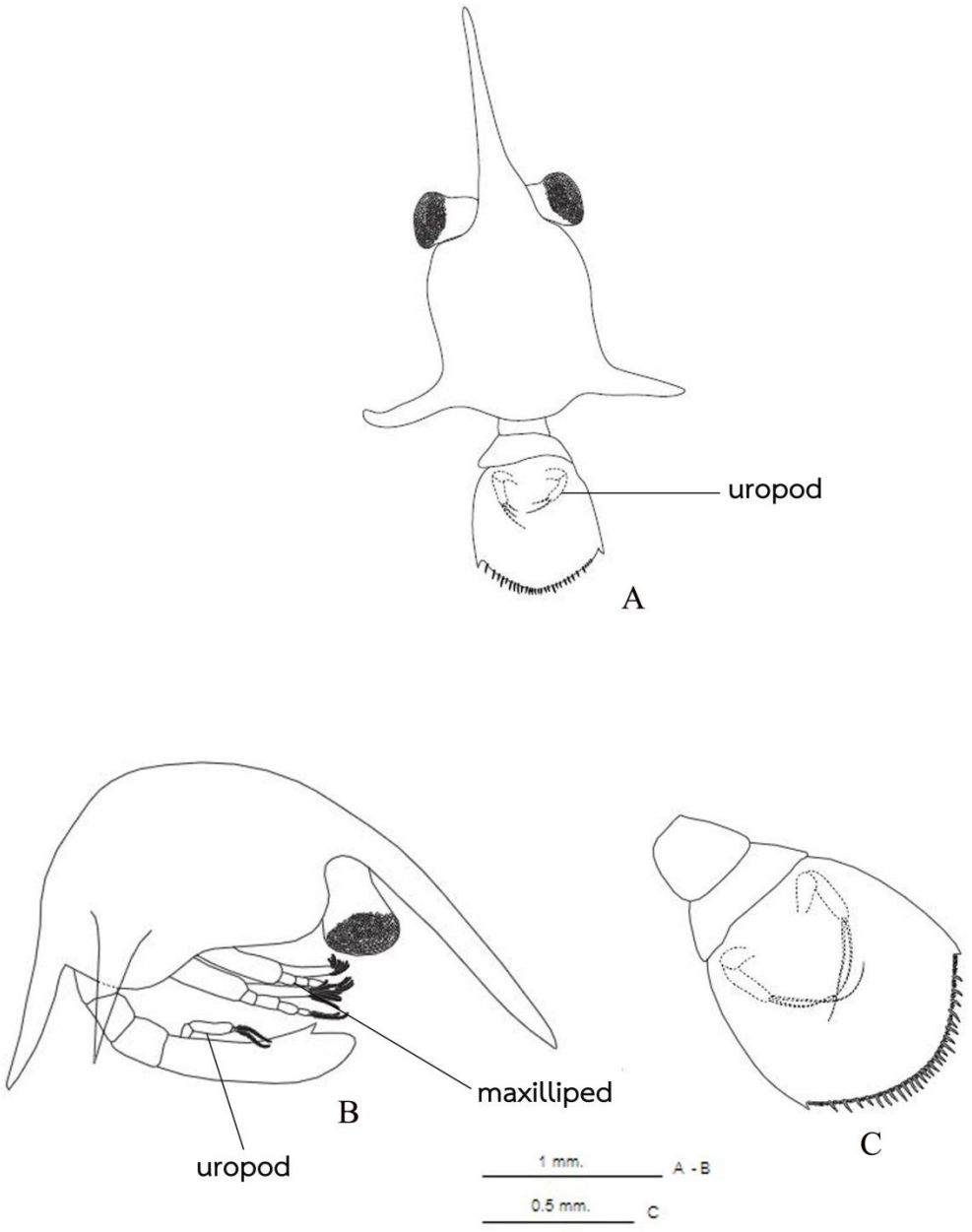
รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I): ส่วนของ coxopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง basipod มีขนแข็งๆ 6 เส้นและส่วน endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับรยางค์ด้านนอก (exopod) ตรงส่วนปลายจะมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 8 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 2 (maxilliped II): ส่วนของ coxopod, basipod และ endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับรยางค์ด้านนอก (exopod) ตรงส่วนปลายจะมีขนลักษณะเรียวยาว (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 8 เส้นเช่นเดียวกับรยางค์อกคู่ที่ 1

รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): ไม่เปลี่ยนแปลง

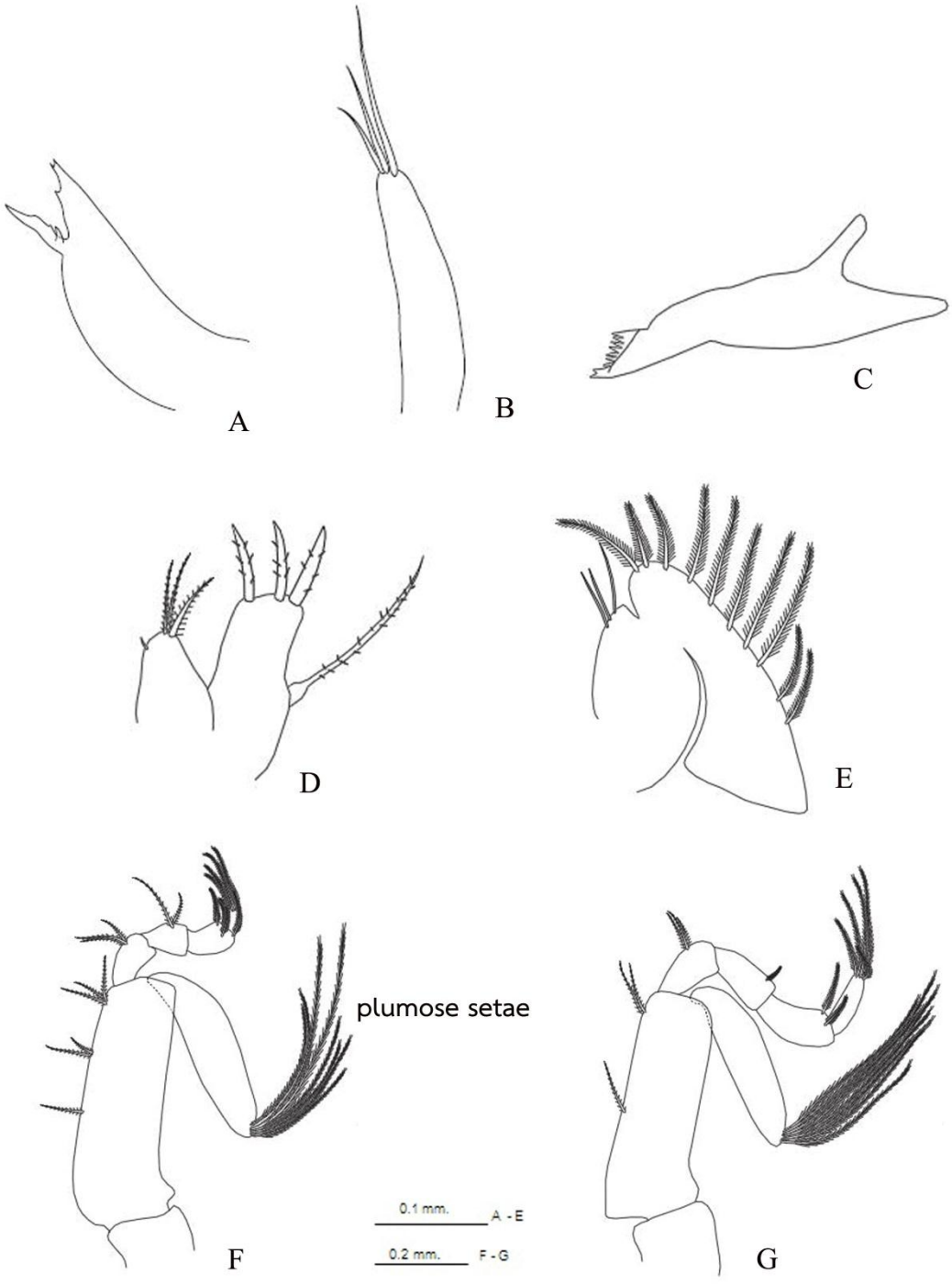
แพนหาง (Telson): ในระยะนี้จะปรากฏส่วนของรยางค์ uropod ที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง ตรงบริเวณส่วนปลายมีขนลักษณะเรียวยาวโค้งเข้าหาด้านในจำนวน 2 เส้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 29 ตัวอ่อนระยะ zoea III

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 30 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea III

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Maxilliped I; G. Maxilliped II

Zoea IV (รูปที่ 31 และ 32)

กระดอง (carapace) มีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนของกรี (rostrum) และหนามด้านข้าง (lateral spine) มีความยาวเพิ่มขึ้น

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ในระยะนี้จะมีขนลักษณะเรียวยาวที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเพิ่มจำนวนเป็น 5 เส้น โดยพบว่าส่วนปลายสุดมีขนจำนวน 3 เส้น และรองลงมาจากส่วนปลายเล็กน้อยอีก 2 เส้น นอกจากนี้บริเวณส่วนปลายยังมีขนขนาดเล็กและสั้นอยู่อีก 1 เส้น

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): ส่วนของ endopod พัฒนาขึ้นมาเป็นติ่งคล้ายก้อน (lobe) มีหนามแข็งๆขนาดใหญ่ 2 อัน อยู่บริเวณขอบด้านนอกและด้านใน โดยหนามที่อยู่ด้านในนั้นยังมีหนามขนาดเล็กอยู่อีก 2 อัน เช่นเดียวกับหนามที่อยู่บริเวณขอบด้านนอกมีหนามขนาดเล็ก 3 อัน

ขากรรไกรคู่ล่าง (mandible): ฟันมีขนาดใหญ่ ยาว และมีลักษณะแหลมคมมากขึ้น

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ไม่เปลี่ยนแปลง

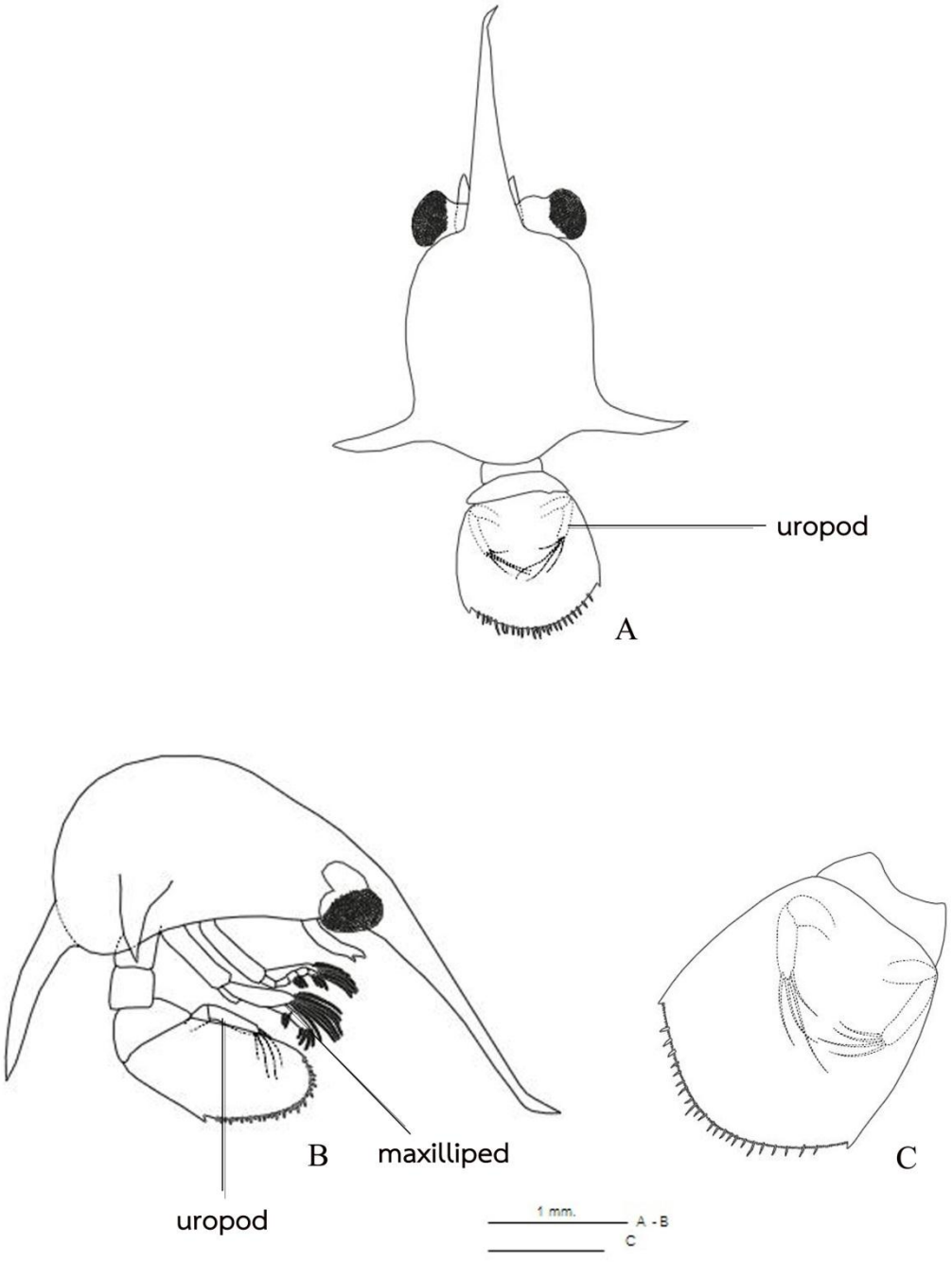
ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): ส่วนของ protopod มีหนามแข็งที่อทั้งหมด 4 อัน ประกอบด้วยอันใหญ่อยู่บริเวณบนสุด 3 อันติดกันและมีหนามขนาดเล็กเพิ่มขึ้นอีก 1 อัน สำหรับรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) มีขนลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก (plumose setae) จำนวน 22 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I: coxopod ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนของ basipod มีขนแข็งๆ จำนวน 7 เส้น endopod ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับในส่วนของรยางค์ด้านนอก (exopod) นั้น จำนวนขน (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 10 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 2 (Maxilliped II): coxopod, basipod และ endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปลี่ยนแปลงเฉพาะในส่วนของ exopod ที่มีขน (plumose setae) บริเวณส่วนปลายเพิ่มขึ้นเป็น 10 เส้น

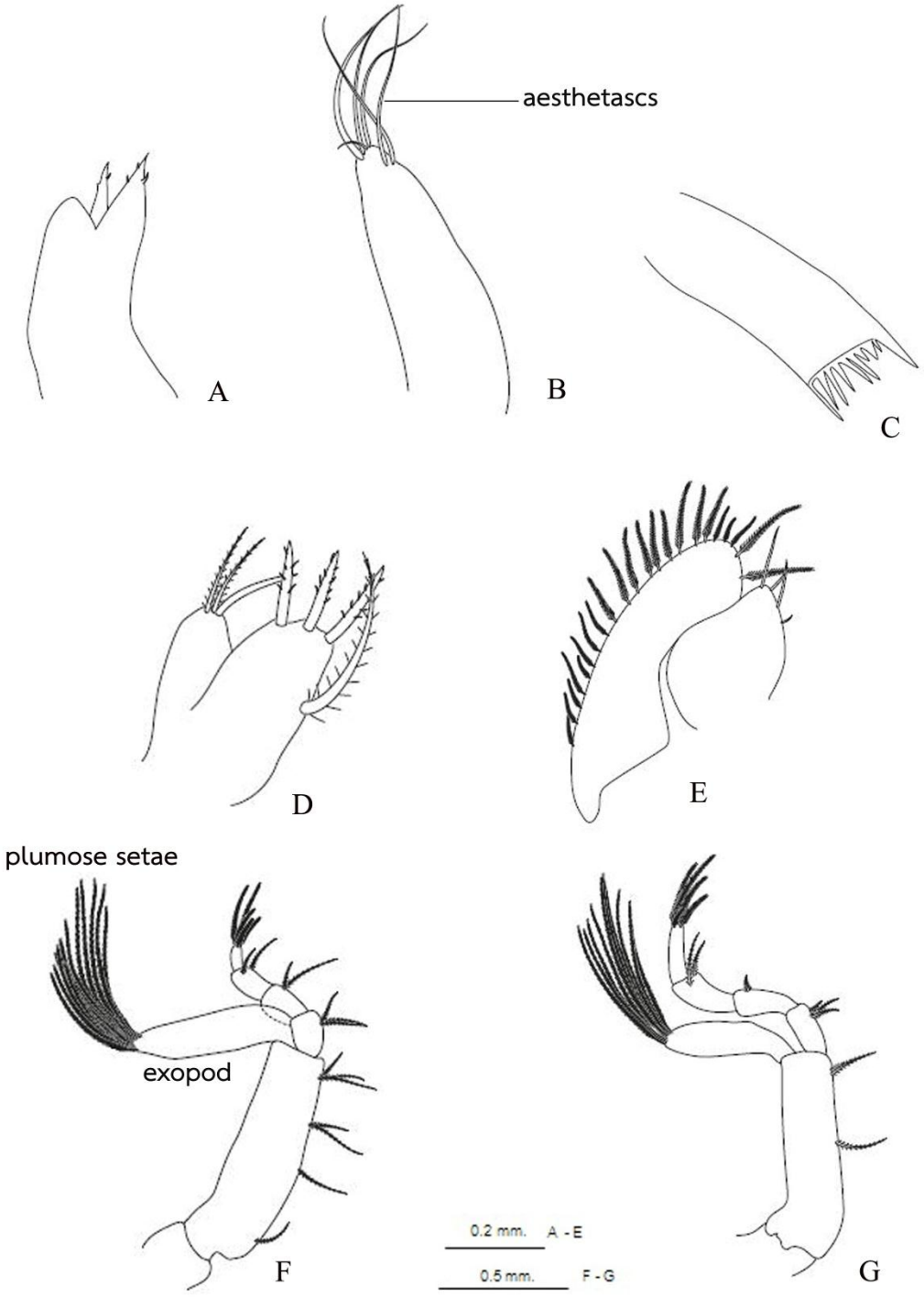
รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

แพนหาง (Telson): ในส่วนของรยางค์ uropod บริเวณส่วนปลายมีขนลักษณะเรียวยาวเพิ่มขึ้นเป็น 4 เส้น



รูปที่ 31 ตัวอ่อนระยะ zoea IV

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 32 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea IV

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Maxilliped I; G. Maxilliped II

Zoea V (รูปที่ 33 และ 34)

กรี (rostrum) และหนามด้านข้าง (lateral spine) มีความยาวมากขึ้น รวมทั้งส่วนของกระดอง (carapace) มีขนาดใหญ่ขึ้น

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): มีขนทั้งหมด 8 เส้น แบ่งเป็น 3 ชุด ได้แก่ ส่วนที่อยู่ปลายสุดมีขนลักษณะเรียวยาวทำหน้าที่รับความรู้สึก (aesthetascs) 3 เส้น และขนขนาดเล็กสั้นอีก 1 เส้น ถัดจากส่วนปลายสุดลงมามีขน (aesthetascs) 2 เส้น และต่ำลงมาอีกพบว่ามีขน (aesthetascs) 2 เส้น เพิ่มขึ้นมา

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): endopod พัฒนาเป็น lobe ชัดเจนมากขึ้น ส่วนที่เป็นหนามแหลมๆไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): ส่วนของ protopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปลี่ยนเฉพาะส่วนรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) ที่มีจำนวนขน (plumose setae) จำนวน 27 เส้น

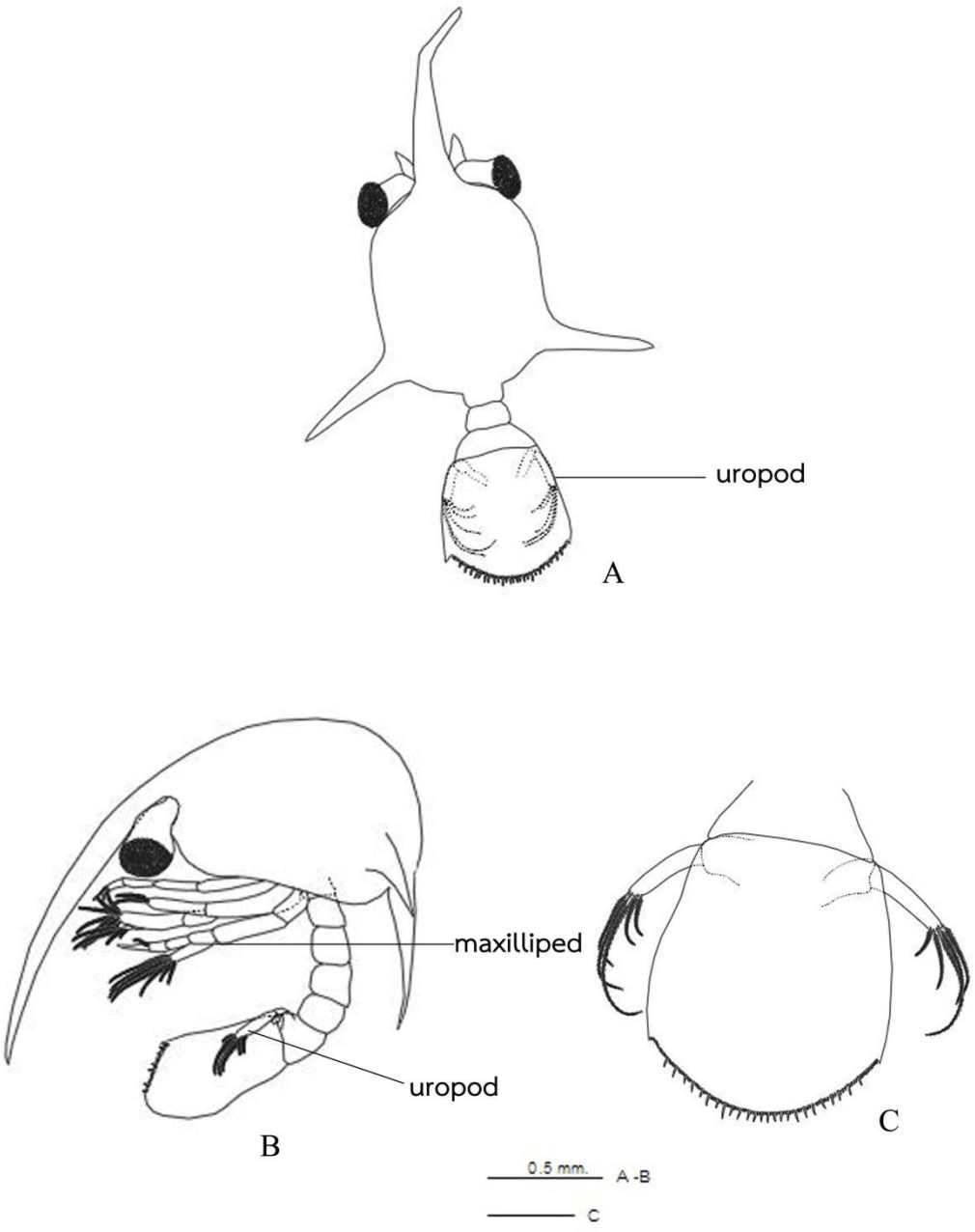
รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I): coxopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง basipod มีขนแข็งๆ จำนวน 8 เส้น ส่วน endopod ไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ในส่วนของ exopod พบว่าบริเวณส่วนปลายมีจำนวนขน (plumose setae) เพิ่มเป็น 11-12 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 2 (Maxilliped II: coxopod, basipod และ endopod ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปลี่ยนเฉพาะในส่วนของ exopod ที่พบว่าบริเวณส่วนปลายมีขน (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 11-12 เส้น

รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen: ไม่เปลี่ยนแปลง

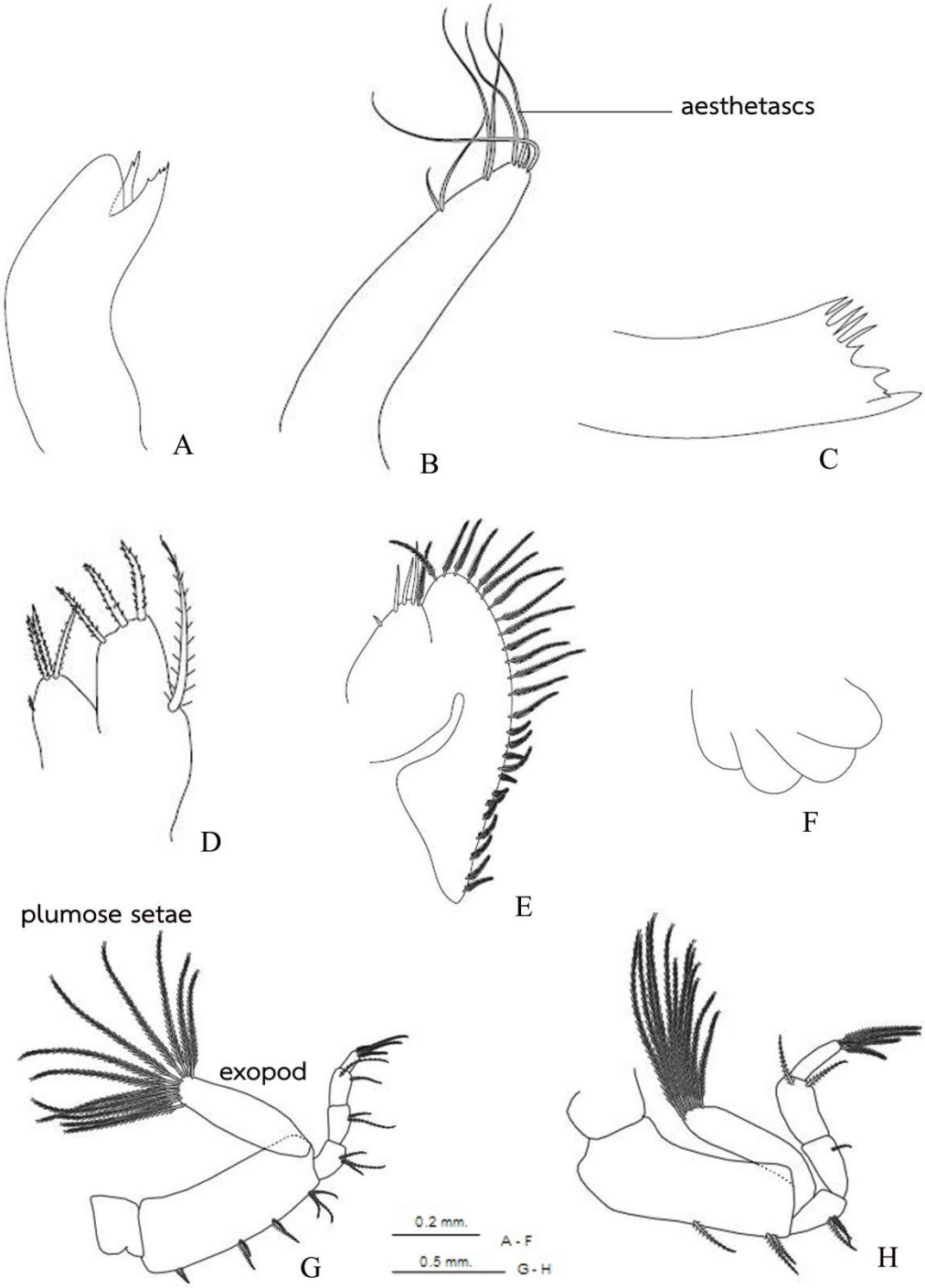
แพนหาง (Telson): บริเวณส่วนปลายของ uropod พบว่ามีขนเพิ่มขึ้นเป็น 5 เส้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 33 ตัวอ่อนระยะ zoea V

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 34 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea V

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Pereiopod; G. Maxilliped I; H. Maxilliped II

Zoea VI (รูปที่ 35 และ 36)

ส่วนของกรี (rostrum) และหนามด้านข้าง (lateral spine) มีความยาวเพิ่มขึ้นรวมทั้งขนาดของกระดอง (carapace) มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ประกอบด้วยขนลักษณะเรียวยาว แบ่งออกเป็น 4 ชุดอย่างเห็นได้ชัด ได้แก่ ส่วนปลายสุด 3 เส้น ถัดลงมามีจำนวน 2, 3, 2 เส้นตามลำดับ นอกจากนี้บริเวณส่วนปลายยังมีขนเส้นสั้นๆขนาดเล็กอีก 1 เส้น

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): endopod พัฒนาขึ้นมาอย่างชัดเจน ส่วนหนามแข็งๆ 2 อันนั้นมีหนามขนาดเล็กๆเพิ่มขึ้นมาในแต่ละอัน

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): ตรงส่วนปลายที่เป็นซี่ฟันมีความยาวเรียวมากขึ้นเมื่อเทียบกับระยะก่อนหน้า

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ไม่เปลี่ยนแปลง

ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): protopod ไม่เปลี่ยนแปลง ในส่วนของรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) พบว่าบริเวณขอบมีจำนวนขน (plumose setae) เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 38-41 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I): coxopod, basipod, และ endopod ไม่เปลี่ยนแปลง exopod บริเวณส่วนปลายมีขน (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 13-14 เส้น

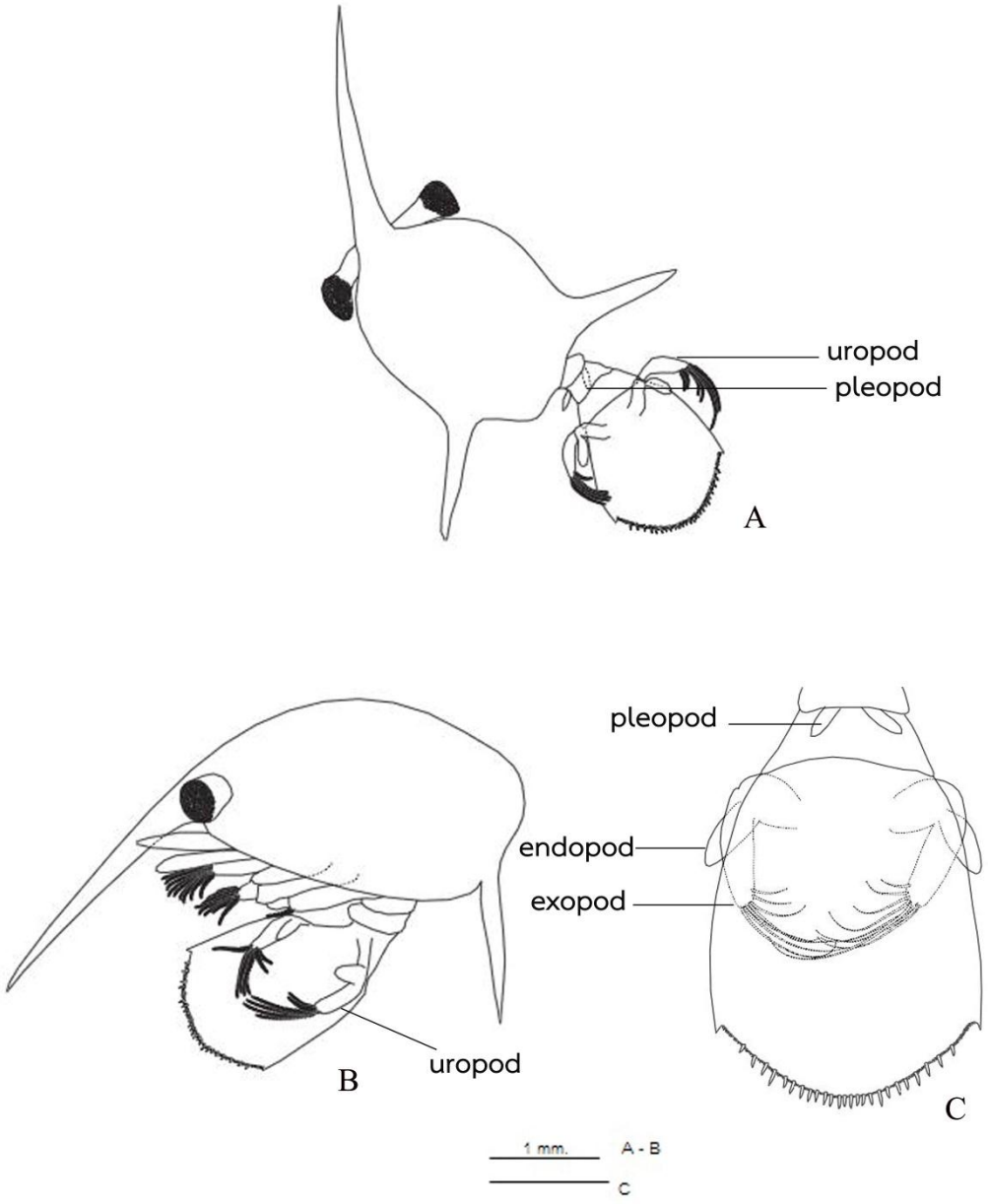
รยางค์อกคู่ที่ 2 (Maxilliped II): coxopod, basipod, และ endopod ไม่เปลี่ยนแปลง exopod บริเวณส่วนปลายมีขน (plumose setae) เพิ่มขึ้นเป็น 13-14 เส้น

รยางค์อกคู่ที่ 3 (Maxilliped III): เริ่มสังเกตเห็นเป็นติ่งเล็กๆ

ขาเดินคู่ที่ 1-5 (Pereiopod I-V): เริ่มสังเกตเห็นเป็นติ่งนูนๆ

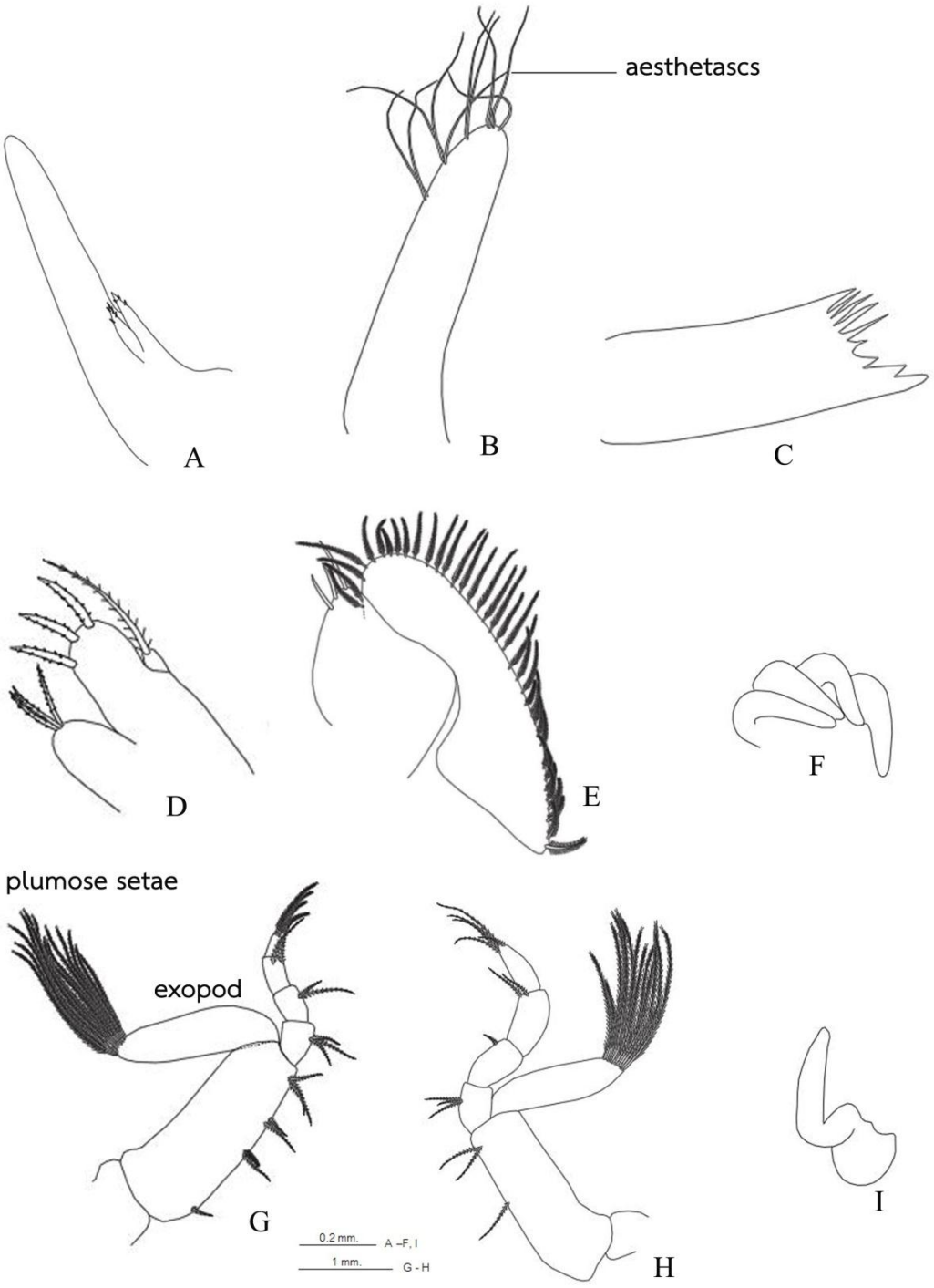
รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): ในระยะนี้จะปรากฏรยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) ขึ้นปล้องละ 1 คู่ แต่ยังไม่เจริญเต็มที่ โดยสังเกตเห็นเป็นลักษณะติ่งงอกออกมาบริเวณ abdomen แต่ละข้อปล้อง

แพนหาง (Telson): uropod เริ่มพัฒนาเป็นแบบ biramous ซึ่งมี endopod เจริญขึ้นมาแต่ยังไม่สมบูรณ์บริเวณส่วนปลายของรยางค์ด้านนอก (exopod) มีขนเพิ่มขึ้นเป็น 7-8 เส้น



รูปที่ 35 ตัวอ่อนระยะ zoea VI

A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 36 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ zoea VI

A. Antenna; B. Antennule; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. pereiopod; G. Maxilliped I; H. Maxilliped II; I. Maxilliped III

Megalopa (รูปที่ 37, 38 และ 39)

เมื่อตัวอ่อนจักจั่นทะเลในระยะ zoea VI ลอกคราบก็จะเข้าสู่ระยะ megalopa ในระยะนี้จักจั่นทะเลจะมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัย ลักษณะกระดอง (carapace) ของจักจั่นทะเลในระยะนี้ เป็นรูปไข่ (oval) เรียบ และมีกรี (carapace) แหลมๆ 3 อัน อยู่บริเวณขอบด้านบนของกระดอง ตาเป็นก้านตา (stalked eyes)

หนวดคู่ที่ 1 (Antennule): ข้อปล้องส่วนโคนของหนวดคู่ที่ 1 มีขนแข็งๆประมาณ 11 เส้น ในส่วนของแส้หนวด (flagellum) ประกอบด้วย 8 ข้อปล้อง ในแต่ละข้อปล้องมีขนจำนวน 0, 1, 3, 3, 4, 5, 5, 5 เส้น จากปล้องส่วนฐานมายังปล้องที่อยู่ส่วนปลายตามลำดับ

หนวดคู่ที่ 2 (Antenna): ข้อปล้องส่วนโคนมี 3 ข้อปล้อง แส้หนวด (flagellum) มีลักษณะเรียวยาวขนาดค่อนข้างใหญ่ ส่วนปลายเรียวกว่าส่วนโคน ประกอบด้วย 15 ข้อปล้อง มีขนเส้นยาวๆ (plumose setae) เป็นจำนวนมาก

ขากรรไกรคู่ล่าง (Mandible): ส่วนของ endopod มีการพัฒนาดี มีลักษณะเป็น 3 ข้อปล้อง ประกอบด้วย ขนแข็งๆ 0, 2, 7 เส้นตามลำดับจากข้อปล้องส่วนฐานมายังส่วนปลาย

ขากรรไกรบนคู่ที่ 1 (Maxillule): ส่วนของ coxal endite มีขนแข็งๆแหลมๆ 10 เส้น ส่วนของ basial endite มีขนแข็งๆอยู่บริเวณของตรงปลายและบริเวณขอบด้านข้างรวมเป็น 19 เส้น และมีขนเส้นยาวกว่าเส้นอื่นๆบริเวณส่วนปลาย (plumose setae) อีก 1 เส้น สำหรับในส่วนของ endopod และ exopod ไม่มีขน

ขากรรไกรบนคู่ที่ 2 (Maxilla): Coxal endite มีลักษณะเป็น 2 พู (bilobed) ประกอบด้วยขนแข็งเส้นยาวๆตรงปลาย 6+1 เส้น basial endite บริเวณปลายจะมีขนแข็งๆเส้นสั้นๆ จำนวนมาก endopod ไม่มีขน ในส่วนของรยางค์ด้านนอก (scaphognathite) ประกอบด้วยขนเส้นยาวๆ (plumose setae) ประมาณ 70-76 เส้นอยู่ตามแนวขอบ

รยางค์อกคู่ที่ 1 (Maxilliped I) : coxopod ไม่มีขน ในส่วนของ basipod นั้นมีขนแข็งๆ สลับกับขนเส้นยาวคล้ายขนนก (plumose setae) เป็นจำนวนมากทั้งบริเวณขอบและด้านใน endopod มี 5 ข้อปล้องไม่มีขน exopod มี 2 ข้อปล้อง ประกอบด้วยขนเป็นจำนวนมาก

รยางค์อกคู่ที่ 2 (Maxilliped II): basipod มีขน (plumose setae) 3 เส้น endopod มีลักษณะเป็นข้อปล้อง 6-7 ข้อปล้อง มีขนจำนวนมาก exopod มี 3 ข้อปล้อง มีขนบริเวณส่วนปลายประมาณ 15 เส้น และ อีก 5 เส้นบริเวณข้อส่วนฐาน

รยางค์อกคู่ที่ 3 (Maxilliped III): พัฒนาขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัด ส่วนของ coxopod มีขน 2 เส้น basipod มีขนทั้งหมด 15 เส้นอยู่บริเวณขอบและด้านในอีกเป็นจำนวนมาก endopod มี 4 ข้อปล้อง มีขนจำนวนมาก

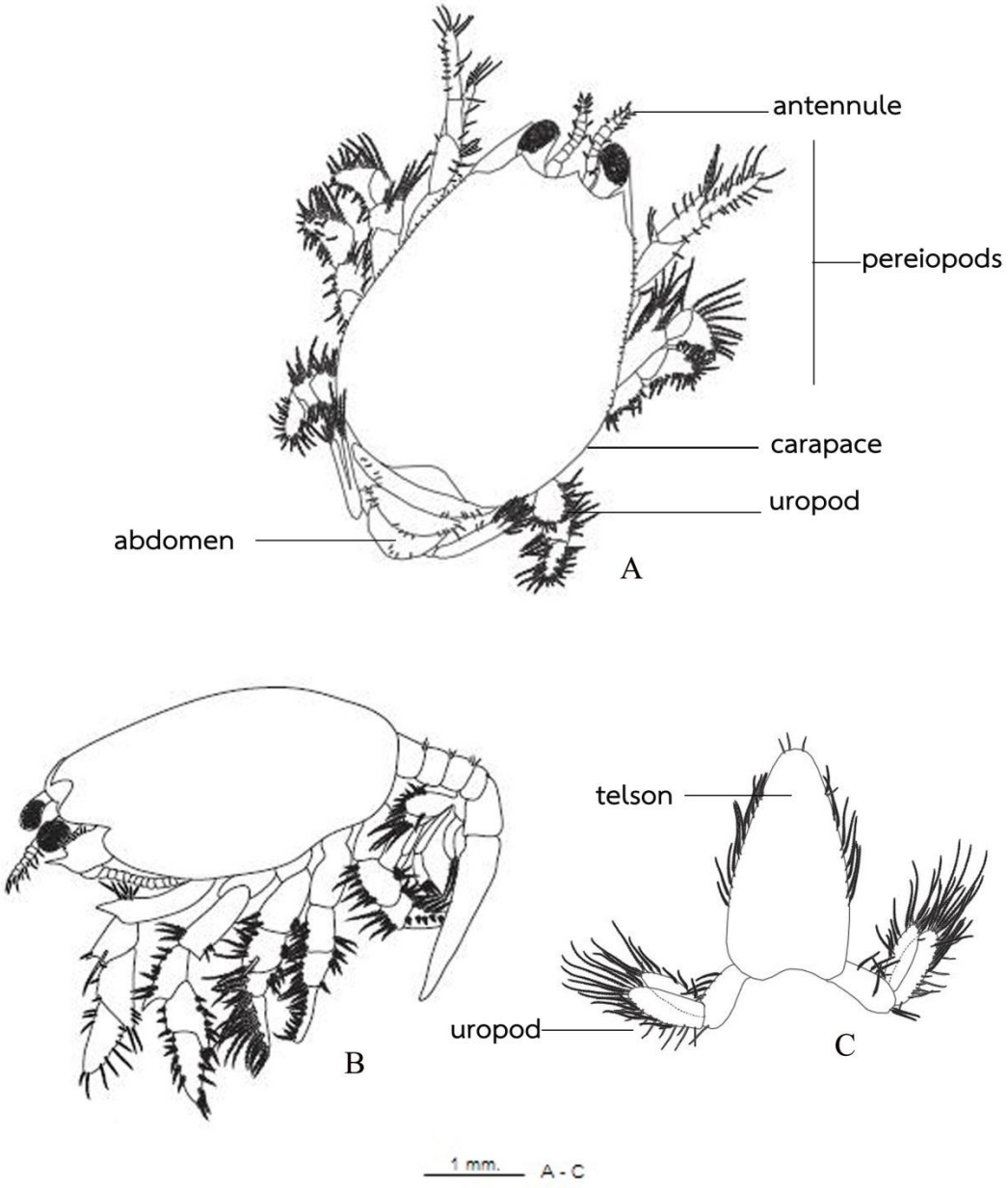
รยางค์ขาเดิน (Pereiopods): ลักษณะของรยางค์เหมือนในตัวเต็มวัย โดยมีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสำหรับขุดรูฝังตัวใต้พื้นทราย ซึ่งพบว่ารยางค์คู่ที่ 5 จะมีลักษณะคล้ายก้าม (chelate)

รยางค์ขาว่ายน้ำ (Pleopods): มีลักษณะเป็น biramous ซึ่งเจริญสมบูรณ์เต็มที่ โดยบริเวณส่วนปลายของ endopod มีลักษณะคล้ายห่วง (hooks) และส่วนปลายของ exopod ประกอบด้วนขน (plumose setae) เป็นจำนวนมาก

รยางค์ส่วนท้อง (Abdomen): มีลักษณะเป็นข้อปล้องทั้งหมด 6 ข้อปล้อง ลักษณะเหมือนตัวเต็มวัย ส่วนปลายเชื่อมต่อกับ telson มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม บริเวณปล้องที่ 2-6 จะสังเกตเห็นรยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) ชัดเจน ปล้องละ 1 คู่

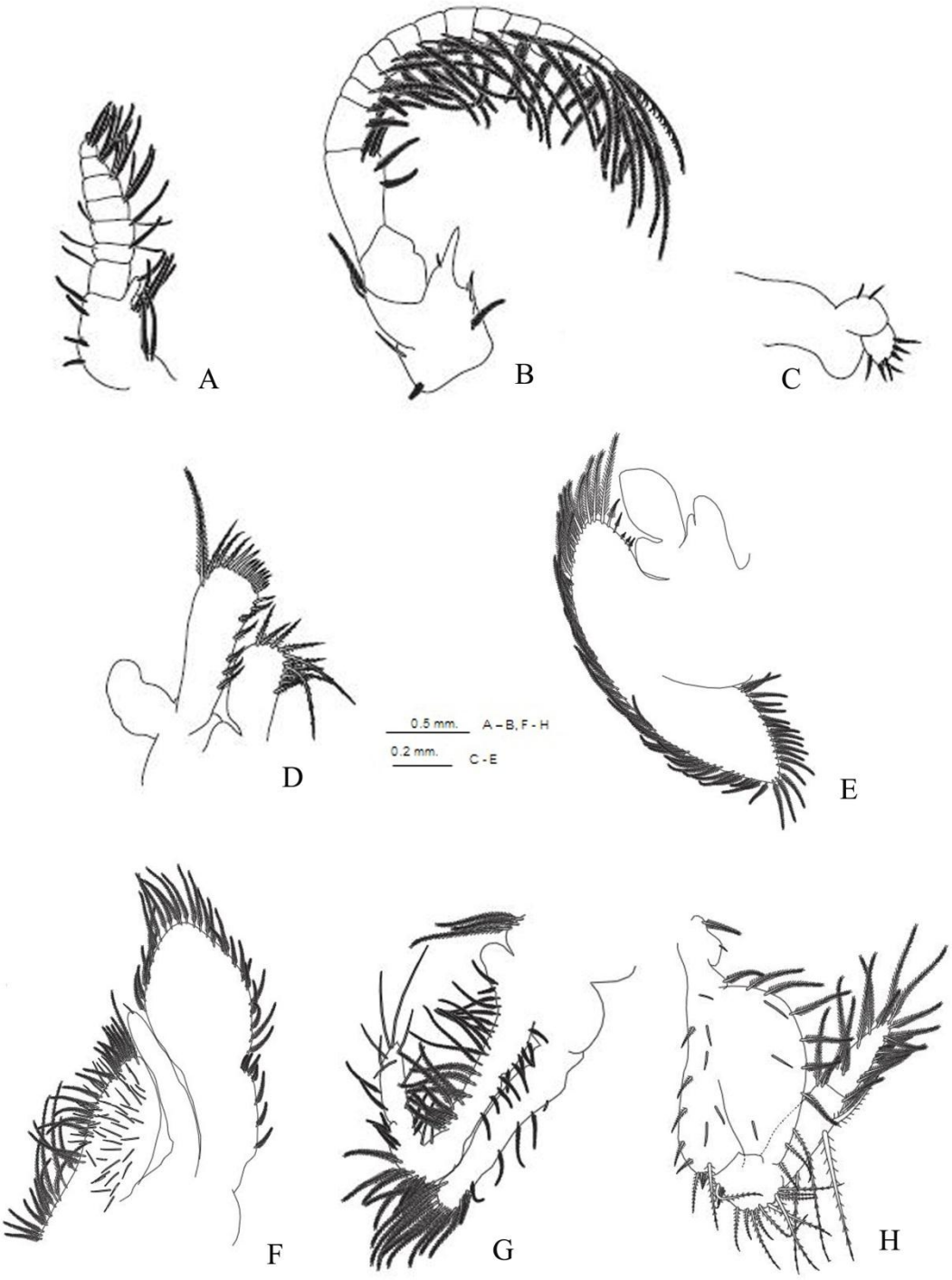
แพนหาง (Telson): ส่วนของ uropod เป็นรยางค์แบบ biramous ส่วนของ endopod และ exopod มีขนเป็นจำนวนมาก สำหรับในส่วน telson นั้นมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม บริเวณขอบด้านล่างมีขนแข็งๆ เส้นเล็กสั้นๆ จำนวน 3 เส้น บริเวณขอบด้านข้าง แต่ละข้างมีขนประมาณ 10-12 เส้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 37 ตัวอ่อนระยะ Megalopa

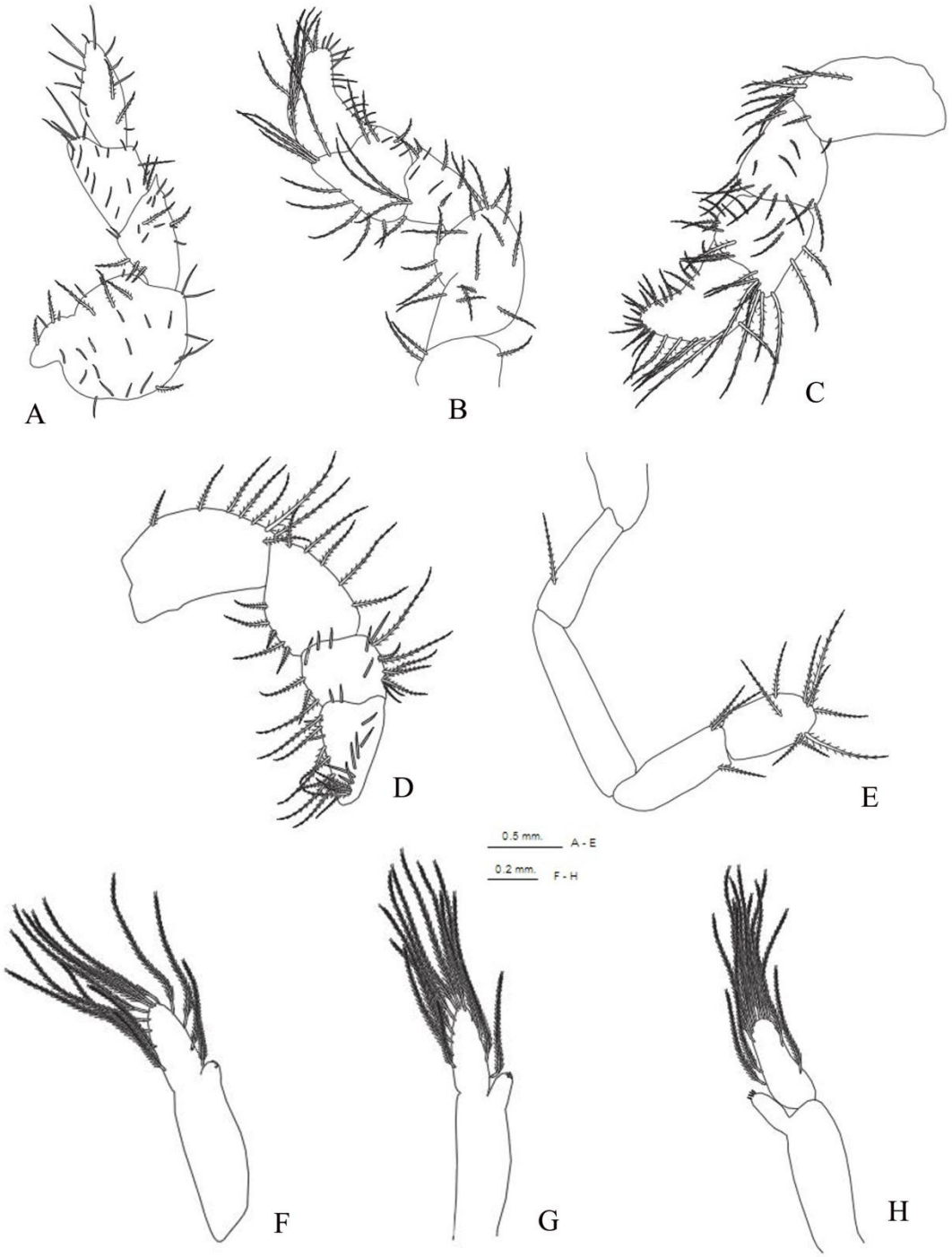
A. Dorsal view; B. Lateral view; C. Telson



รูปที่ 38 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ megalopa

A. Antennule; B. Antenna; C. Mandible; D. Maxillule; E. Maxilla;

F. Maxilliped I; G. Maxilliped II; H. Maxilliped III

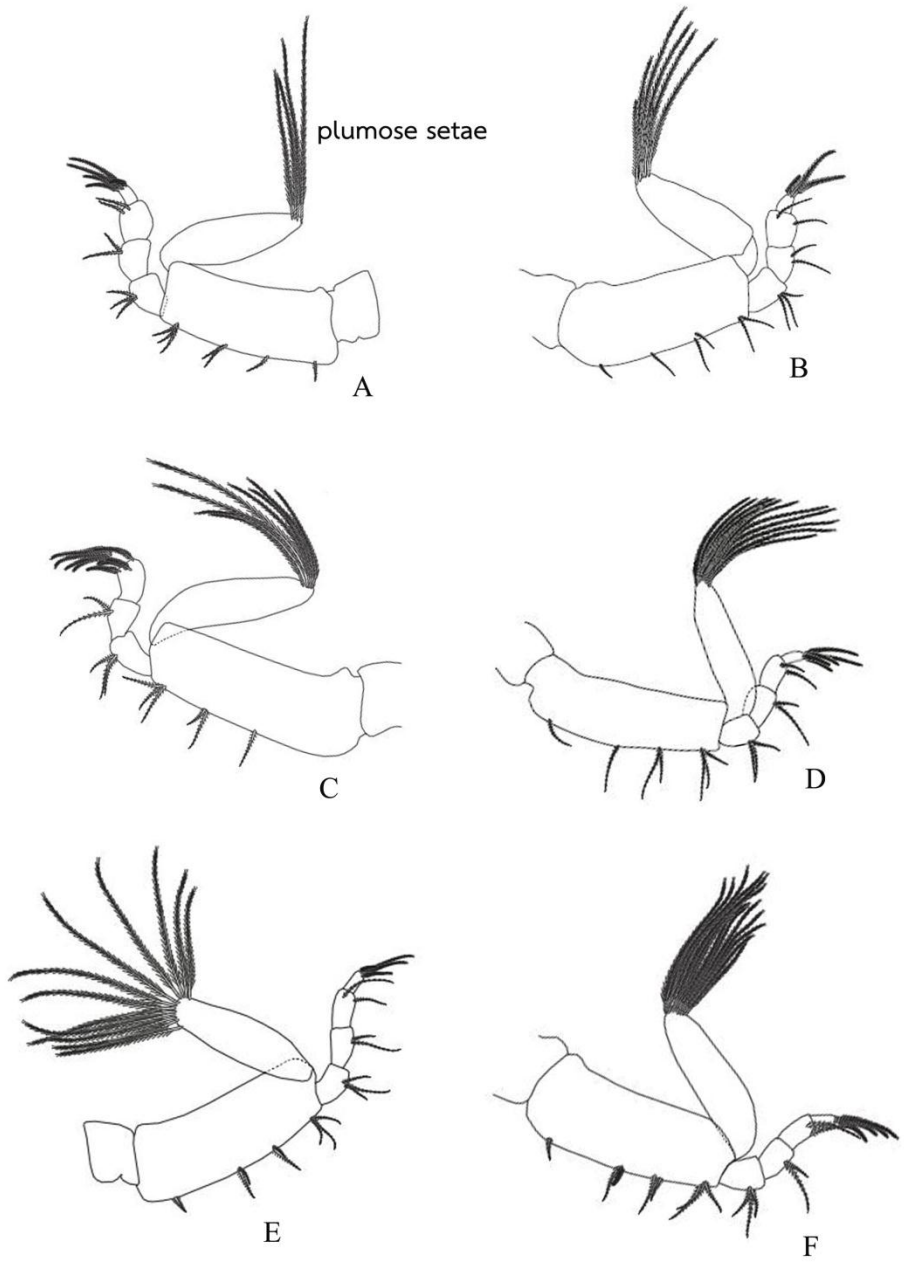


รูปที่ 39 ลักษณะรยางค์ส่วนต่างๆของตัวอ่อนระยะ megalopa

A. pereiopod I; B.pereiopod II; C. pereiopod III; D. pereiopod IV;

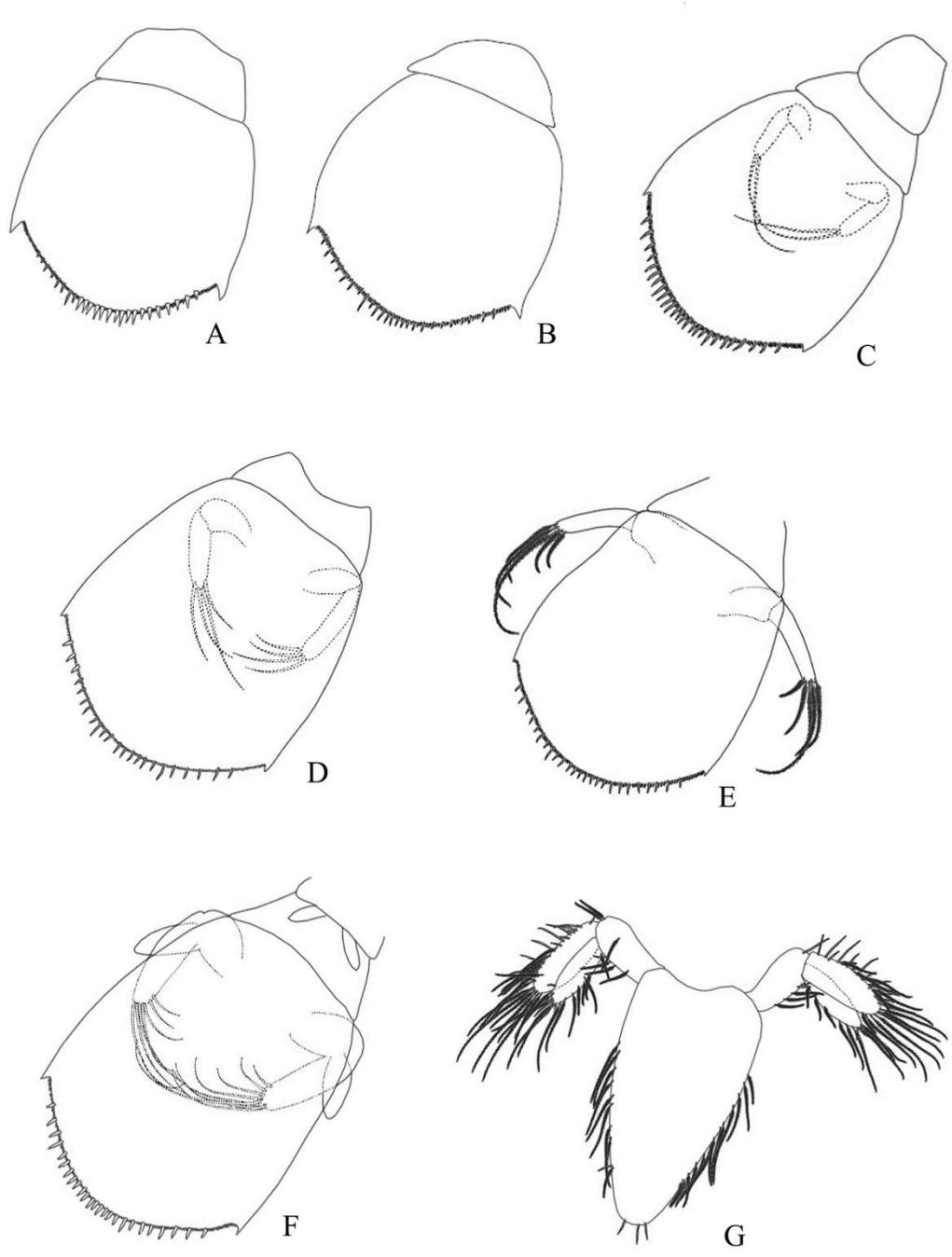
E. pereiopod V; F. pleopod I; G. pleopod II; H. pleopod III

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ตัวอ่อนจักจั่นทะเลในระยะซูเอียมีจำนวนขน (plumose setae) บริเวณส่วนปลายรยางค์ด้านนอก (exopod) ของ maxillipeds คู่ที่ 1 และ คู่ที่ 2 เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในแต่ละระยะ และในบางระยะตัวอ่อนมีการพัฒนารยางค์ส่วนต่างๆขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัดจากระยะก่อนหน้า โดยส่วนของ abdomen จะโค้งงอสู่ส่วนอกอย่างชัดเจนเมื่อเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (รูปที่ 40-41; ตารางที่ 9)

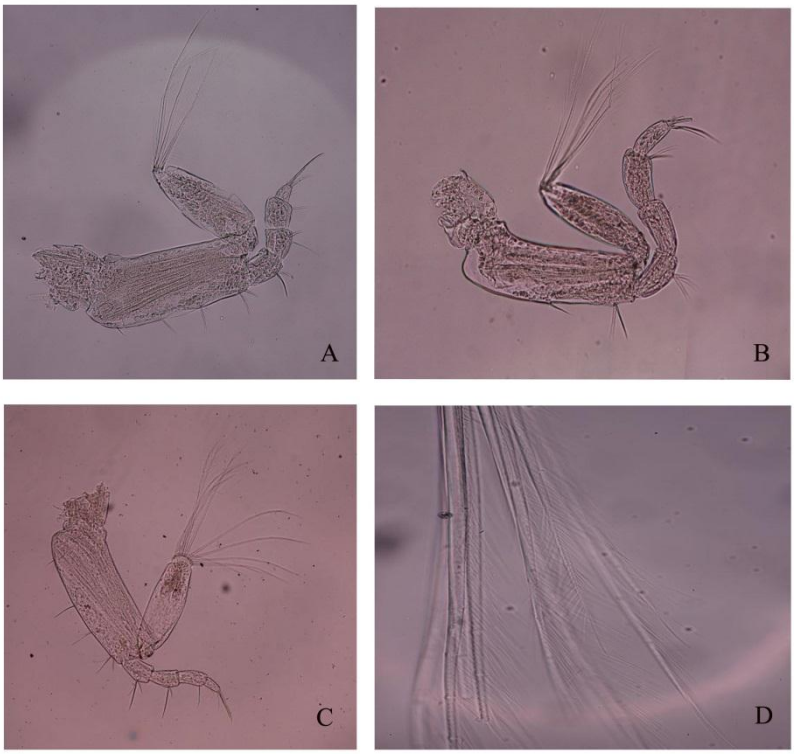


รูปที่ 40 ลักษณะรยางค์ maxilliped I ของตัวอ่อนระยะซูเอีย

A. zoea I; B. zoea II; C. zoea III; D. zoea IV; E. zoea V; F. zoea VI

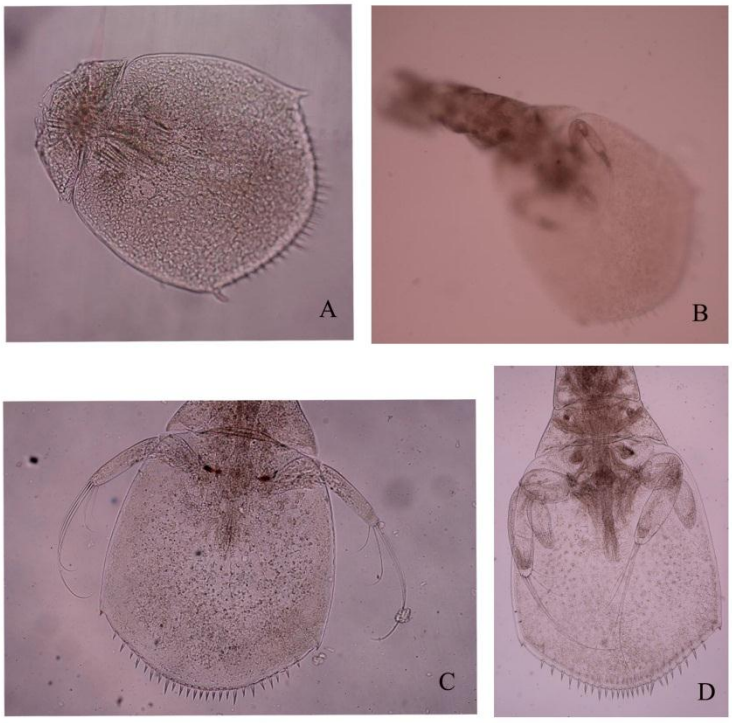


รูปที่ 41 พัฒนาการของ telson และ uropod ของตัวอ่อนจักจั่นทะเลแต่ละระยะ
A. zoea I; B. zoea II; C. zoea III; D. zoea IV; E. zoea V; F. zoea VI; G. megalopa



รูปที่ 42 ตัวอย่างรยางค์ maxilliped ของตัวอ่อนจักจั่นทะเลระยะซูเอีย

A. zoea I; B. zoea II; C. zoea V; D. plumose setae บริเวณส่วนปลาย exopod



รูปที่ 43 ตัวอย่างพัฒนาการของ telson ในตัวอ่อนระยะซูเอีย

A. zoea I; B. zoea III; C. zoea V; D. zoea VI

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

Characters	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Carapace	ค่อนข้างกลม เรียบ ลักษณะโปร่งแสง	เพิ่มขนาดขึ้น	เพิ่มขนาดขึ้น	เพิ่มขนาดขึ้น	เพิ่มขนาดขึ้น	เพิ่มขนาดขึ้น	รูปไข่ (oval)
Eyes	ไม่มีก้านตา	มีก้านตา	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Rostrum	สั้นๆ รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม อยู่บริเวณส่วนหัว	ความยาวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน	ความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย	ขนาดเล็ก 3 อัน อยู่บริเวณขอบส่วนบนของกระดอง
Lateral spines	ไม่ปรากฏ	ปรากฏด้านข้างของกระดองทั้ง 2 ข้าง	ความยาวเพิ่มขึ้น	ความยาวเพิ่มขึ้น	ความยาวเพิ่มขึ้น	ความยาวเพิ่มขึ้น	ไม่มี
Antennule:	ไม่เป็นข้อปล้อง รูปร่างอวบ	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เป็นข้อปล้อง
aesthetascs	2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	5	7	10	11
setae	1	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	1	1	1	26

ตารางที่ 9 (ต่อ) เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

Characters	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Antenna	ไม่เป็นข้อปล้อง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	endopod พัฒนาเป็นติ่งเล็กๆ	endopod พัฒนาต่อเนื่อง	endopod พัฒนาขึ้นชัดเจน	ลักษณะเรียวยาว เป็นข้อปล้อง
Mandible	ไม่เป็นข้อปล้อง ส่วนปลายมีลักษณะคล้ายฟันอยู่ติดกันหลายอัน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ลักษณะเป็นข้อปล้อง 3 ข้อปล้อง endopod พัฒนาดี
Maxillule							
Setae							
Coxal endite	3	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	10
Basial endite	2	3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	19+1
Endopod	1	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่มีขน
Exopod	ไม่ปรากฏ	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่มีขน
Maxilla							
Setae							
Protopod	3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	4	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Coxal endite	ไม่ปรากฏ	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	6+1
Basial endite	ไม่ปรากฏ	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ขนจำนวนมาก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 9 (ต่อ) เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

Characters	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Maxilla (ต่อ)							
Setae							
Endopod	ไม่ปรากฏ	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	พัฒนาขึ้น, ไม่มีขน
Exopod	8	9	10	22	27	38-41	70-76
(scaphognathite)							
Maxilliped I	เป็นข้อปล้อง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Setae							
Coxopod	ไม่มีขน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Basipod	7	6	ไม่เปลี่ยนแปลง	7	8	ไม่เปลี่ยนแปลง	มีขนจำนวนมาก
Endopod	มี 4 ข้อปล้อง (3,2,2,5)	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	มี 5 ข้อปล้อง
Exopod	ส่วนปลายมีขนเรียวยาว 4 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 6 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 8 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 10 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 11-12 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 13-14 เส้น	มี 2 ข้อปล้อง ประกอบด้วยขนจำนวนมาก

ตารางที่ 9 (ต่อ) เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

Characters	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Maxilliped II	เป็นข้อปล้อง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Setae							
Coxopod	ไม่มีขน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Basipod	มีขนแข็งๆ 3 เส้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Endopod	มี 4 ข้อปล้อง มีขน 3,1,2,5 เส้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	มี 6-7 ข้อปล้อง มีขนจำนวนมาก
Exopod	ส่วนปลายมีขนเรียวยาว 4 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 6 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 8 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 10 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 11-12 เส้น	ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 13-14 เส้น	มี 3 ข้อปล้อง มีขนจำนวนมาก
Maxilliped III	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	เกิดเป็นติ่งเล็กๆ (rudimentary)	พัฒนาขึ้นมาอย่างสมบูรณ์
Setae							
Coxopod	-	-	-	-	-	-	2
Basipod	-	-	-	-	-	-	15
endopod	-	-	-	-	-	-	มี 4 ข้อปล้องและขนจำนวนมาก
Pereiopods I-V	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	เห็นเป็นติ่งเล็กๆ (rudimentary)	พัฒนาอย่างสมบูรณ์เป็นข้อปล้อง มีขนจำนวนมาก

ตารางที่ 9 (ต่อ) เปรียบเทียบพัฒนาการของจักจั่นทะเลแต่ละระยะ

Characters	zoea I	zoea II	zoea III	zoea IV	zoea V	zoea VI	megalopa
Pleopods I-V	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	พัฒนาขึ้นมาเป็นติ่งเล็กๆ เห็นได้ชัดเจนบริเวณ abdomen	พัฒนาอย่างสมบูรณ์ เป็น biramous ส่วนปลาย exopod มีขนจำนวนมาก
Abdomen	มี 5 ข้อปล้อง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ปรากฏขาว่ายน้ำขึ้นปล้องละ 1 คู่	มี 6 ข้อปล้อง เชื่อมต่อกับแพนหาง
Telson	ลักษณะแบน กว้าง ขอบด้านล่างมีหนามเล็กๆจำนวนมาก	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	พัฒนารูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม มีขนบริเวณขอบด้านข้างและขอบด้านล่าง
Uropod	ยังไม่ปรากฏ	ยังไม่ปรากฏ	เกิดรยางค์ uropod 1 คู่ เป็น uniramous บริเวณแพนหาง ส่วนปลายมีขนเรียวยาว 2 เส้น	เป็น uniramous บริเวณแพนหาง ส่วนปลายมีขนเรียวยาวเพิ่มเป็น 4 เส้น	เป็น uniramous บริเวณแพนหาง ส่วนปลายมีขนเพิ่มเป็น 5-6 เส้น	รยางค์พัฒนาเป็นแบบ biramous	รยางค์เป็นแบบ biramous มี 2 ข้อปล้อง
<u>Setae</u>							
Endopod	-	-	-	-	-	เป็นติ่งเล็กๆขึ้นมา	มีขนจำนวนมาก
Exopod	-	-	-	-	-	ขนเพิ่มเป็น 7-8 เส้น	มีขนจำนวนมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาพัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. ครั้งนี้พบว่า จักจั่นทะเลชนิดนี้มีวงจรชีวิตและพัฒนาการของระยะต่างๆ หลังจากฟักออกมาจากแม่พันธุ์จักจั่นทะเล ดังนี้ ระยะที่ 1 ตัวอ่อนระยะซูเอีย (zoea) มีทั้งหมด 6 ระยะ จากนั้นจะพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 2 คือระยะเมกาโลปา (megalopa) ซึ่งพัฒนาการของระยะต่างๆที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* ชนิดอื่นที่มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ โดยจากการเก็บตัวอย่างจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* ประเทศอินเดีย ขณะที่เป็นแพลงก์ตอนในธรรมชาติมาเลี้ยงต่อยังห้องปฏิบัติการ พบว่า มีพัฒนาการของตัวอ่อนระยะซูเอียทั้งหมด 5 ระยะ ก่อนเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (Menon, 1933) สำหรับการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita talpoida* พบว่าส่วนใหญ่ตัวอ่อนมีระยะซูเอีย 6 ระยะ มีบางส่วนที่พัฒนาเข้าสู่ระยะซูเอีย VII (Rees, 1959) นอกจากนั้นยังพบว่า *Emerita holthuisi* จากชายฝั่งประเทศปากีสถาน มีระยะการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะซูเอียทั้งหมด 6 ระยะ ก่อนเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (Siddiqi and Ghory, 2006) เช่นเดียวกับการศึกษาในจักจั่นทะเลชนิด *Emerita emeritus* จากประเทศอินเดีย (Israel et al., 2006) อย่างไรก็ตามปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความเค็ม อาหาร เป็นต้น มีผลต่อการพัฒนาของจักจั่นทะเลและระยะเวลาในการลอกคราบ เนื่องจากปัจจัยธรรมชาติและปัจจัยในห้องปฏิบัติการแตกต่างกัน ส่งผลให้ตัวอ่อนระยะซูเอียที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการอาจมีระยะการพัฒนามากกว่าตัวอ่อนในธรรมชาติ ทำให้จักจั่นทะเลบางชนิดมีระยะการพัฒนาของตัวอ่อนที่ไม่แน่นอน (Israel et al., 2006)

ตัวอ่อนซูเอียในกลุ่ม Anomuran เมื่อฟักออกมาจะมีรยางค์อก 2 คู่ ได้แก่ Maxilliped I และ Maxilliped II บริเวณส่วนปลายของรยางค์ด้านนอก (exopod) มีขนลักษณะเรียวยาวคล้ายขนนก (plumose setae) จำนวน 4 เส้น และเมื่อตัวอ่อนลอกคราบเข้าสู่ระยะถัดไป พบว่า จำนวนขนจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอครั้งละ 2 เส้น (Israel et al., 2006) ซึ่งพบว่าในระยะซูเอีย II ถึงระยะซูเอีย VI นั้น จะมีขน (plumose setae) จำนวน 6, 8, 10, 12, 14 เส้นตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าขนบริเวณดังกล่าวมีการเพิ่มจำนวนอย่างสม่ำเสมอในแต่ละระยะ

นอกจากนี้ยังพบว่ารยางค์ uropods เกิดขึ้นในระยะซูเอีย III โดยบริเวณส่วนปลายของรยางค์ด้านนอก (exopod) มีขนเรียวยาวจำนวน 2 เส้น สอดคล้องกับการศึกษาในจักจั่นทะเล *Emerita emeritus*, *Emerita holthuisi และ Emerita talpoida* ขนบริเวณดังกล่าวอาจเพิ่มขึ้นไม่

สม่ำเสมอในแต่ละระยะและไม่เท่ากันในจักจั่นทะเลแต่ละชนิด (ตารางที่ 10) เช่น *Emerita talpoida* ในระยะซูเอีย VI มีจำนวน 6 เส้น *Emerita holthuisi* มี 6-7 เส้น ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้พบขนจำนวน 7-8 เส้น ส่วน *Emerita emeritus* มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างสม่ำเสมอระยะละ 2 เส้น ในส่วนรยางค์ขาเดิน (pereiopods) และรยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) จะเริ่มปรากฏให้เห็นเป็นติ่ง (buds) ซึ่งยังเจริญไม่เต็มที่ (redimentary) ในระยะซูเอีย V-VI (Israel et al., 2006) ขณะที่การศึกษาครั้งนี้จะสังเกตเห็นรยางค์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นติ่งในระยะซูเอีย VI

ทั้งนี้ความแตกต่างทางด้านรูปร่างลักษณะของรยางค์หนวดคู่ที่ 1 และ 2 ของตัวอ่อนสามารถบ่งบอกพฤติกรรมการกินอาหารได้ โดยจากการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Hippa cubensis* (Hanson, 1969) พบว่า จักจั่นทะเลสกุล *Hippa* มี aesthetascs บนรยางค์หนวดคู่ที่ 1 (Antennule) มากกว่า จักจั่นทะเลในสกุล *Emerita* นอกจากนี้รยางค์หนวดคู่ที่ 2 (Antenna) ในระยะซูเอีย V-VI ของพวก *Emerita* จะพัฒนารูปร่างคล้ายแส้เรียวยาว (flagellum) ซึ่งจะคงอยู่ตลอดระยะเมกาโลปาและระยะตัวเต็มวัย ใช้สำหรับกรองกินอาหาร (filter feeder) (Efford, 1966) โดยลักษณะดังกล่าวจะไม่พบอย่างสิ้นเชิงในจักจั่นทะเลสกุล *Hippa* นั่นหมายถึง จักจั่นทะเลสกุล *Hippa* ไม่ได้เป็นพวกกรองกินอาหาร แต่จะเป็นพวกจับกินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร (scavenger) (Matthews, 1955) และสันนิษฐานได้ว่า aesthetasc ที่มีจำนวนมากบนรยางค์หนวดคู่ที่ 1 ในจักจั่นทะเลสกุล *Hippa* นั้นมีความสำคัญในการเป็นอวัยวะรับความรู้สึก (chemoreceptor)

สำหรับช่วงเวลาที่ค่อนข้างวิกฤตในการอนุบาลตัวอ่อนครั้งนี้ คือ ช่วงที่ตัวอ่อนอยู่ในระยะซูเอีย I เข้าสู่ระยะซูเอีย II และระยะซูเอีย III โดยพบว่าตัวอ่อนมีการลอกคราบไม่สมบูรณ์และอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆได้ง่าย เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม เป็นต้น ส่งผลให้ในระยะดังกล่าวตัวอ่อนมีอัตราการรอดต่ำ จึงต้องมีการควบคุมปัจจัยต่างๆให้มีความเหมาะสมอยู่เสมอ นอกจากนี้การพัฒนาระบบการอนุบาลจักจั่นทะเลวัยอ่อนเพื่อให้มีอัตราการรอดสูงขึ้นนั้นเป็นแนวทางที่น่าสนใจ อีกทั้งการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเลนั้นจำเป็นต้องมีปริมาณแม่พันธุ์อย่างเพียงพอ เพื่อเพิ่มโอกาสในการฟักเป็นตัวอ่อนได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าในธรรมชาติจะพบแม่พันธุ์อยู่ตลอดทั้งปี แต่ในบางช่วงเวลาอาจเจอแม่พันธุ์น้อยมาก ดังนั้น ก่อนทำการศึกษาจำเป็นต้องศึกษาฤดูกาลที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บตัวอย่างแม่พันธุ์ในธรรมชาติ รวมไปถึงศึกษาปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเล

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบลักษณะของจักจั่นทะเลวัยอ่อนสกุล *Emerita*

Characters	*Emerita* sp. ประเทศไทย	*E. holthusi* ปากีสถาน	*E. holthusi* อินเดีย	*E. talpoida* รัฐนอร์ทแคโรไลนา	*E. rathbunae* เม็กซิโก	*E. emeritus* อินเดีย
Zoea I						
Antennule						
-aesthetascs	2	2	3	3	3	3
-setae	1	1	ไม่มี	ไม่มี	2	ไม่ระบุ
Maxillule						
-setae of coxal endite	3	4	3	4	4	3
Maxilla						
-satae of scaphognathite	8	7	10	9	ไม่ระบุ	12
Maxilliped I						
-setae of endopod	3,2,2,5	3,2,2,5	3,2,2,4	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	3,2,2,4
Maxilliped II						
-setae of endopod	3,1,2,5	3,1,2,5	3,1,2,4	3,2,2,4	ไม่ระบุ	3,2,2,4
Zoea II						
Antennule						
-aesthetascs	2	1	3	1	3	ไม่ระบุ
-setae	1	2	ไม่มี	ไม่ระบุ	2	1

Chulalongkorn University
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะของจักจั่นทะเลวัยอ่อนสกุล *Emerita*

Characters	*Emerita* sp. ประเทศไทย	*E. holthusi* ปากีสถาน	*E. holthusi* อินเดีย	*E. talpoida* รัฐนอร์ทแคโรไลนา	*E. rathbunae* เม็กซิโก	*E. emeritus* อินเดีย
Zoea II (ต่อ)						
Maxillule						
-setae of coxal endite	4	4	3	4	-	3
Maxilla						
-setae scophognathite	9	7	10	9	ไม่ระบุ	15
Zoea III						
Antennule						
-aesthetascs	2	1	3	ไม่ระบุ	3	3
-setae	1	2	ไม่มี	3	3	-
Maxillule						
-setae of coxal endite	4	4	3	4	ไม่ระบุ	3
Maxilla						
-setae scophognathite	10 ถึง 12	8	10	9	9 ถึง 11	19
Zoea IV						
Antennule						
-setae	1	1	ไม่มี	4	ไม่มี	ไม่ระบุ
Antenna						
-outer process	มีหนามแข็งๆ 3 อัน	มีหนามแข็งๆ 3 อัน	มีหนามแข็งๆ 2 อัน	ไม่มีหนามแข็ง	มีหนามแข็งๆ 5 อัน	ไม่ระบุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะของจักจั่นทะเลวัยอ่อนสกุล *Emerita*

Characters	*Emerita* sp. ประเทศไทย	*E. holthusi* ปากีสถาน	*E. holthusi* อินเดีย	*E. talpoida* รัฐนอร์ทแคโรไลนา	*E. rathbunae* เม็กซิโก	*E. emeritus* อินเดีย
Zoea IV (ต่อ)						
Antenna						
-inner process	มีขน 2 เส้น	ไม่มีขน	มีขน 1 เส้น	ไม่มีขน	มีขน 1 เส้น	ไม่ระบุ
Maxilla						
-setae of scaphognathite	18-22	17	16-18	14	15-21	19
Zoea V						
Antennule						
-aesthatascs	6	6	7	6	7	8
-setae	2	1	ไม่มี	ไม่มี	1	
Antenna						
-outer process	มีหนามแข็งๆ 3 อัน	มีหนามแข็งๆ 6 อัน	มีหนามแข็งๆ 4 อัน	มีหนามแข็งๆ 1 อัน	มีหนามแข็งๆ 5 อัน	ไม่ระบุ
-inner process	มีหนามแข็งๆ 2 อัน	มีหนามแข็งๆ 2 อัน	มีหนามแข็งๆ 1 อัน	มีหนามแข็งๆ 1 อัน	มีหนามแข็งๆ 2 อัน	ไม่ระบุ
Maxilla						
-setae of scaphognathite	25-27	24	27-31	19	24-39	19
Uropod setae	5	7	5	5	5, 6	6
Zoea VI						
Antenna						
-aesthatascs	10	10	12	11	16	12

ตารางที่ 10 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะของจักจั่นทะเลวัยอ่อนสกุล *Emerita*

Characters	*Emerita* sp. ประเทศไทย	*E. holthusi* ปากีสถาน	*E. holthusi* อินเดีย	*E. talpoida* รัฐนอร์ทแคโรไลนา	*E. rathbunae* เม็กซิโก	*E. emeritus* อินเดีย
Zoea VI (ต่อ)						
Maxillule						
-setae of coxal endite	3	5	3	3	ไม่ระบุ	3
Maxilla						
-setae of scaphognathite	38-41	41	35-37	29	43-55	46-48
Uropod setae	7	10	6, 7	6	7, 8	8
Megalopa						
Antennules						
-flagellum segment	8	8	7	6	10	10
-setae	0,1,3,3,4,5,5,5	0,2,4,6,6,9,6,8	0,3,2,3,4,3,8	1,2,2,2,2,2	ไม่ระบุ	-,3,3,3,3,3,3,3,3,3
Antenna						
-flagellum segment	15	21	20	18	23-25	28
Mandible						
-palp segment	2	3	3	ไม่ระบุ	2	2
-setae distally	9	12	9		11	12
Maxilla						
-setae of scaphognathite	70-76	89	ไม่ระบุ		95	ไม่ระบุ

Chulalongkorn University จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการศึกษา

พัฒนาการขั้นต้นของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. วัยอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีพัฒนาการแบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรกเรียกว่า “ระยะซูเอีย” (zoea) ตัวอ่อนในระยะซูเอียมีพัฒนาการในระยะนี้ทั้งหมด 6 ระยะ ดำรงชีวิตด้วยการล่องลอยตามกระแสน้ำและคลื่นลม (planktonic larvae) เช่นเดียวกับแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่นๆ และมีพฤติกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาแสง (positive phototactic) ระยะนี้รยางค์ต่างๆยังไม่เจริญเต็มที่ เคลื่อนที่โดยการหงายท้องซึ่งจะใช้ขน (plumose setae) บริเวณส่วนปลาย exopodite ของรยางค์ maxillipeds ช่วยในการเคลื่อนที่ ระยะนี้ตัวอ่อนยังไม่สามารถกินอาหารด้วยวิธีการกรองกินเหมือนตัวเต็มวัย เนื่องจากรยางค์หนวดคู่ที่ 2 (antennae) ยังไม่พัฒนาเต็มที่ ตัวอ่อนเจริญจากขั้นหนึ่งไปอีกขั้นหนึ่งใช้เวลาอย่างน้อย 5-6 วัน เจริญเติบโตด้วยการลอกคราบ (molting) โดยในแต่ละระยะจะมีการพัฒนารยางค์ส่วนต่างๆขึ้นมา หลังจากตัวอ่อนเข้าสู่ระยะซูเอีย VI ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30-35 วัน ก็จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเข้าสู่ระยะเมกาโลปา (megalopa) ตัวอ่อนในระยะนี้เริ่มลงเกาะตามพื้น รยางค์ส่วนต่างๆเริ่มเจริญและทำงานได้ รูปร่างเหมือนตัวเต็มวัย แต่ยังมีขนาดเล็ก สามารถกินอาหารด้วยวิธีการกรองกิน (filter feeder) เหมือนตัวเต็มวัย มีรยางค์ขาเดิน (pereiopods) และรยางค์ขาว่ายน้ำ (pleopods) อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จากการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งรูปแบบการดำรงชีวิตของจักจั่นทะเลออกได้เป็น 2 แบบ คือระยะที่มีการล่องลอยตามน้ำ (pelagic) ได้แก่ ตัวอ่อนระยะซูเอีย I ถึงระยะซูเอีย VI และระยะที่อยู่ประจำที่ (sedentary) ได้แก่ ระยะเมกาโลปาและระยะตัวเต็มวัย ซึ่งจะฝังตัวอยู่บริเวณชายหาด (รูปที่ 44)

จากการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลข้างต้นพบว่า สัตว์ทะเลชนิดนี้มีพัฒนาการการเจริญเติบโตคล้ายปู มีโครงสร้างของรยางค์ส่วนต่างๆ คล้ายกับกุ้งและปู โดยจักจั่นทะเลมีลักษณะรยางค์ uropods และแพนหาง (telson) คล้ายกุ้ง ซึ่งจะไม่พบรยางค์ uropods ในปู แต่จะมีลักษณะการโค้งงอของ abdomen ไปอยู่ใต้ส่วนอกเหมือนปู ในขณะที่ส่วนของ abdomen ในกุ้งจะเหยียดตรง ไม่โค้งงอเหมือนกับปูและจักจั่นทะเล ดังนั้น จักจั่นทะเลจึงเป็นสัตว์ที่จัดอยู่ระหว่างกุ้งและปู

อย่างไรก็ตาม การลอกคราบนั้นสามารถบอกระยะของตัวอ่อนได้ แต่วิธีที่น่าเชื่อถือได้ดีที่สุดในการกำหนดระยะของตัวอ่อนจากการศึกษาครั้งนี้คือ การนับจำนวนขน (plumose setae) ที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในแต่ละระยะบริเวณส่วนปลาย exopod ของ maxillipeds คู่ที่ 1 และ 2 ของตัวอ่อน รวมทั้งบางระยะยังมีการพัฒนารยางค์ในส่วนต่างๆขึ้นมาจากระยะก่อนหน้าอีกด้วย

จากการศึกษาพัฒนาการของจักจั่นทะเลชนิด *Emerita* sp. สามารถสรุปความแตกต่างที่ปรากฏในแต่ละระยะได้ดังนี้

1. รยางค์ uropod ยังไม่ปรากฏ

1.1 lateral spine ยังไม่ปรากฏ; จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ4...**zoea I**

1.2 lateral spine ปรากฏ; จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ 6.....**zoea II**

2. ปรากฏส่วนของรยางค์ uropod บริเวณแพนหาง

2.1 pleopod ยังไม่ปรากฏ;จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ 8.....**zoea III**

2.2 pleopod ยังไม่ปรากฏ; จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ 10.....**zoea IV**

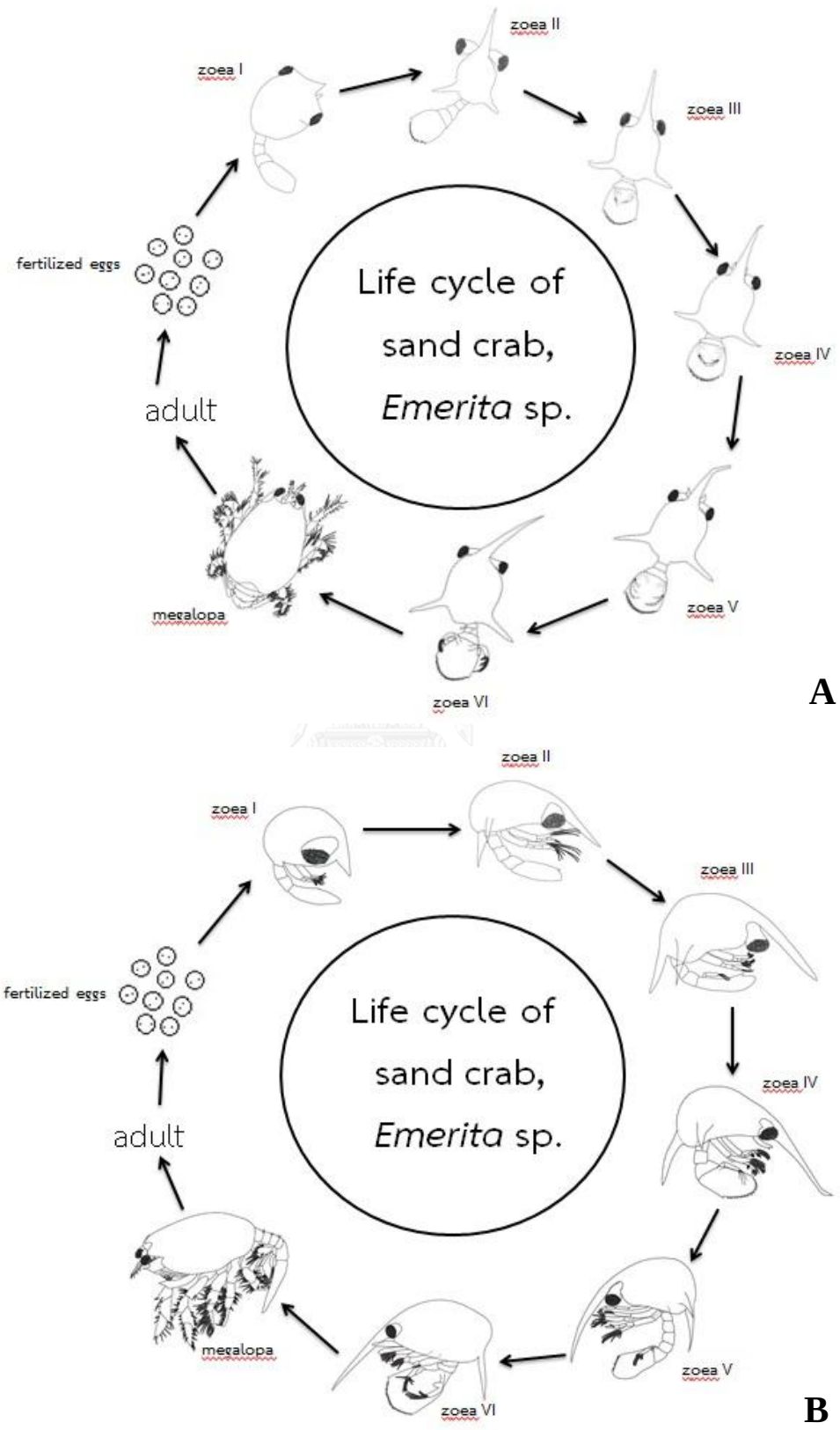
2.3 pleopod ยังไม่ปรากฏ; จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ 12.....**zoea V**

3. เกิดรยางค์ pleopod; จำนวนขนบน exopod ของ maxilliped เท่ากับ 13-14....**zoea VI**

4. ส่วนของรยางค์ต่างๆพัฒนาขึ้นมาอย่างชัดเจน รูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย.....**megalopa**

ในการตรวจสอบแต่ละครั้ง ควรทำการศึกษาตัวอย่างอย่างน้อย 10 ตัว ในแต่ละระยะ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการแปรผันหรือไม่มีความแตกต่างมากเกินไป จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการระบุระยะของตัวอ่อนจักจั่นทะเลที่พบในธรรมชาติได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 44 วงจรชีวิตของจักจั่นทะเลวัยอ่อนชนิด *Emerita* sp. A. dorsal view; B. lateral view

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับจักจั่นทะเลในประเทศไทยพบว่า ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษาถึงวงจรชีวิต ชีววิทยาของจักจั่นทะเลชนิดนี้ รวมทั้งการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเล ทั้งๆที่จักจั่นทะเลเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเด่นที่พบได้ง่ายตามหาดทรายและมีประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น เป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ที่สำคัญต่อการปนเปื้อนบริเวณชายหาด ยิ่งไปกว่านั้นจักจั่นทะเลยังมีคุณค่าทางเศรษฐกิจอีกด้วย ซึ่งนอกจากความรู้ทางด้านวิวัฒนาการของจักจั่นทะเลวัยอ่อน รวมไปถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphological features) ในแต่ละระยะที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แล้วนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่จะสามารถนำแนวทางที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจักจั่นทะเลในโรงเพาะฟักครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปทั้งทางด้านการอนุรักษ์รวมทั้งทางเศรษฐกิจ เนื่องจากในปัจจุบันประชากรจักจั่นทะเลค่อนข้างลดจำนวนลงอย่างมาก ประกอบกับยังมีคนรู้จักสัตว์ทะเลชนิดนี้น้อย ทำให้ในอนาคตหากไม่มีมาตรการอนุรักษ์หรือให้ความรู้แก่เยาวชน จักจั่นทะเลอาจมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ได้ ซึ่งการนำความรู้จากการเพาะเลี้ยงไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติอย่างจริงจังได้นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาอีกหลายปัจจัยทั้งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและปัจจัยภายในตัวของจักจั่นทะเลเอง การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงควรจะมีการศึกษาและพัฒนาไปสู่การเพาะเลี้ยงที่ใหญ่ขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2535. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ฐานเศรษฐกิจการพิมพ์. 199 หน้า.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2548. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: Forepace Publishing House. 479 หน้า.

ธีรพงษ์ จรัญญากรณ์. 2545. การใช้สาหร่ายช่อพริกไทย *Caulerpa lentillifera* เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 119 หน้า.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2550. ชีววิทยาของครัสเตเชียน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 18-43.

นพดล ภูวพานิช. 2550. การเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากอาร์ทีเมีย. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 52(3), 12-61.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา. 2536. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 319 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง. 115 หน้า.

ยุวดี อัณฑสูตร. 2550. การเลี้ยงหอยหวาน *Babylonia areolata* วัยอ่อนโดยใช้ระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดที่มีระบบผลิตสาหร่ายแบบกึ่งต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 133 หน้า.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 166 หน้า.

วุฒิชัย เจนการ. 2525. คุณรู้จักจักจั่นทะเลไหม. วารสารการประมง. 35(2): 155-168.

ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง และจินตนา ปลาทอง. 2545. ชนิดและการแพร่กระจายของจักจั่นทะเลครอบครัว Hippidae ในอ่าวไทย. รายงานทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 32 หน้า.

อัศวิน แก้วคง. 2538. การเพาะเลี้ยงอาร์ทีเมีย. ฟาร์มมิ่ง. 3(12): 8-34.

Algong. 2015. Crab feed(ing)! [online]. Available from: http://www.canaturalist.com/2015/03/04/crab-feeding.

Alikuhhi, K.H. 1944. The zonal distribution on the mole crab (*Emerita asiatica*) on the Madras coast. Journal of the Bombay Natural History Society. 45(1): 94-96.

Ansell, A.D., Sivadas, P., Narayanan, B. and Trevallion, A. 1972. The ecology of two sandy beaches in South Western India, II. Notes on *Emerita holthuisi*. Marine Biology. 17: 311-317.

Bhatnagar, A. and Devi, P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. International journal of environmental sciences. 3(6): 1980-2009.

Bolorunduro, P.I. and Abba Y.A. 1996. Water quality management in fish culture. Extension Bulletin. 98: 58 pp.

Boolootian, R.A., Giese, A.C., Farmanfarmian, A. and Tucker, J. 1959. Reproductive cycles of Five west coast crabs. Physiological Zoology. 32: 213-220.

Boonruang, P. and Phasuk, B. 1975. Species composition and abundance distribution of Anomuran sand crab and population bionomics of *Emerita emeritus* (L.) along the Indian Ocean coast of Thailand (Decapoda: Hippidae). Phuket Marine Biology Center Research Bulletin. 8: 1-19.

Boyko, C.B. and Harvey, A.W. 1999. Crustacea Decapoda: Albuneidae and Hippidae of the Tropical Indo-West Pacific region. InA. Crosnier (ed.). Resultats des Campagnes MUSORSTOM. Volume 20. Memoires du Museum national d'Histoire naturelle. 180: 379-406.

Coleman, C.O. 2003. "Digital inking": How to make perfect line drawings on computers. Organisms Diversity and Evolution. 3(14): 1-14.

Conan, G.Y. 1978. Life history, growth, production and biomass modelling of *Emerita analoga*, *Nephrops norvegicus* and *Homarus vulgaris* (Crustacea, Decapoda). Ph.D. Thesis, University of California, San Diego. 349 pp.

Cox, G.W. and Dudley, G.H. 1968. Seasonal pattern of reproduction of the sand crab, *Emerita analoga*, in Southern California. Ecology. 49: 746-751.

Cubit, J. 1969. Behaviour and physical factors causing aggregation in the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson). Ecology. 50: 118-123.

Dahl, E. 1952. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. Oikos. 4: 1-27.

Delbos, B.C. and Schwarz, M.H. 2009. Artemia culture for Intensive Finfish and Crustacean Larviculture. Virginia Cooperative Extension and Virginia Sea Grant. 1-6.

Diaz, H. 1981. The mole crab *Emerita talpoida* (Say): a case of changing life history pattern. Ecological Monographs. 50: 437-456.

Dugan, J.E., Hubbard, D.M. and Page, H.M. 1995. Scaling population density to body size: tests in two soft sediment intertidal communities. Journal of Coastal Research. 11: 849-857.

Efford, I.E. 1965. Aggregation in the sand crab, *Emerita analoga* (Stimpson). Journal of Animal Ecology. 34: 63-75.

Efford, I.E. 1966. Feeding in the sand crab, *Emerita analoga* (Stimpson) (Decapoda, Anomura). Crustaceana. 10: 167-182.

Efford, I.E. 1967. Neoteny in the sand crabs of the genus *Emerita* (Anomura, Hippidae). Crustaceana. 13: 81-93.

Efford, I.E. 1976. Distribution of the sand crabs in the genus *Emerita* (Decapoda, Hippidae). Crustaceana. 30: 169-183.

Hanson, A.J. 1969. The larval development of the sand crab *Hippa cubensis* (De Saussure) in the laboratory (Decapoda: Anomura). Crustaceana. 16: 143-157.

Hsueh, P.W. 2015. A new species of *Emerita* (Decapoda, Anomura, Hippidae) from Taiwan, With a key to species of the genus. Crustaceana. 88(3): 247-258.

Israel, S., Murugan, T.S., Venugopalan, V.P., Subramoniam, T., Munuswamy, N. and van der Velde, G. 2006. Larval development in the sand crab, *Emerita emeritus* (L., 1767) (Anomura, Hippoidea) rared in the laboratory. Crustaceana. 79(4): 441-458.

Jones, L.L. 1936. A study of the habitat and habits of *Emerita emeritus*. Proceeding Louisiana Academy Science. 3: 88-91.

Knight, M.D. 1967. The larval development of the sand crab *Emerita rathbunae* Schmitt (Decapoda: Hippidae). Pacific Science. 21: 58-76.

Knox, C. and Boolootian, R.A. 1963. Functional morphology of the external appendages of *Emerita analoga*. Bulletin of the South California Academy of Sciences. 62: 45-68.

MacGinitie, G.E. 1938. Movements and mating habits of the sand crab, *Emerita analoga*. American Midland Naturalist. 19: 471-481.

Matthews, D.C. 1955. Feeding habits of the sand crab *Hippa pacifica* (Dana). Pacific Sci. 9: 382-386.

Menon, M.K. 1933. The life histories of Decapod Crustacea from Madras. Bulletin of the Madras Government Museum (N.S.). 3: 1-45.

Murugan, T. 1985. Studies on the biology of the sand crab of Kerela. Ph.D. Thesis, University of Kerela, India. 393 pp.

Nagabushanam, R. and Kulkarni, K.M. 1977. Reproductive biology of the sand crab *Emerita holthuisi*. Journal of the Marine Biological Association of India. 19: 50-57.

Naiyanetr, P. 1978. Sand Crabs of Thailand (Decapoda: Anomura: Hippidae and Albuneidae). Representative Science Research Faculty of Science, Chulalongkorn University. 3: 330-338.

Naiyanetr, P. 2007. Checklist of Crustacean Fauna in Thailand (Decapoda, Stomatopoda, Anostraca, Myodocopoda and Isopoda). Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. 196 p.

Niazi, M.S. and Haque, M.M. 1974. On a new species of mole-crab (*Emerita karachiensis* sp. nov.) with a key to common Indo-Pacific species. Rec.Zool.Sur.Pakistan. 5: 1-6.

Osorio, C., Bahamonde, N. and Lopez, Y.M.T. 1967. En limanche *Emerita analoga* (Stimpson) en Chile. Boletin. Museo Nacional de Historia Natural (Santiago de Chile). 29: 61-116.

Parker, R. 1995. Aquaculture Science. Boston: Delmar Publishers, An International Thomsom Publishing Company. 416 pp.

Rees, G.H. 1959. Larval development of the sand crab *Emerita talpoida* (Say) in the laboratory. Biological Bulletin. 117: 356-370.

Sankolli, K.N. 1965. On a new species of *Emerita* (Decapoda: Anomura) from India, with a note on *Emerita emeritus* (L.). Crustaceana. 8: 48-54.

Sankolli, K.N. 1967. Studies on Larval development in anomura (Crustacea, Decapoda). Proceedings of the Symposium on Crustacea. Marine Biological Association of India, Part II. 744-776.

Semper, K. 1881. Animal Life. The International Science Series, 30, D. Appleton, New York. 472 pp.

Siddiqi, F.A. and Ghory, F.S. 2006. Complete larval development of *Emerita holthuisi* Sankolli, 1965 (Crustacea: Decapoda: Hippidae) rared in the laboratory. Turkish Journal Zoology. 30: 121-135.

Snodgrass, R.E. 1952. The sand crab *Emerita talpoida* (Say) and some of its relatives. Smithsonian Miscellaneous Collections. 117: 1-34.

Sorgeloos, P., Coutteau, P., Merchie, G. and Lavens, P. 1998. Use of Brine Shrimp, Artemia spp., in Larval Crustacean Nutrition: A Review. Fisheries Science. 6(1&2): 55-68.

Subramoniam, T. 1977b. Continuous breeding in the tropical anomuran crab, *Emerita asiatica* Milne Edwards from the Madras coast. In “Advances in Invertebrate Reproduction” (K.G. Adiyodi and R.G. Adiyodi, eds.), Peralam-Kenoth, Karivellur, Kerela. 1: 166-174.

Subramoniam, T. 1979. Some aspects of reproductive ecology of a mole crab, *Emerita asiatica* (Milne Edwards). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 36: 259-268.

Subramoniam, T. 1986. Breeding biology and life history pattern of an intertidal mole crab, *Emerita asiatica* (Decapoda: Anomura). In “Biology of Benthic Marine Organisms” (M.F.Thomson, R. Sarojini and R. Nagabushanam, eds.). Oxford & IBH Publishing CO., New Delhi, India. 35-45.

Subramoniam, T. 1977a. Aspects of sexual biology of the Anomuran crab *Emerita asiatica*. Marine Biology. 43: 369-377.

Subramoniam, T. and Gunamalai, V. 2003. Breeding biology of the intertidal sand crab, *Emerita* (Decapoda: Anomura). Advances in marine biology. 46: 91-182.

Wenner, A.M. 1988. Crustaceans and other invertebrates as indicators of beach pollution. In: Soule DF, Kleppel GS (eds) Marine Organisms as indicators. Springer-Verlag, New-York. 199-229.

Weymouth, F.W. and Richardson, C.H. 1912. Observations on the habits of the crustacean *Emerita analoga*. Smithsonian Miscellaneous Collections. 59: 1-13.

Wharton, G.W. 1942. A typical beach animal, the mole crab *Emerita talpoida* (Say). In "Ecology of Sand Beaches at Beaufort ". Ecological Monographs. 12: 137-181.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชยาภา ฟองโหย เกิดวันศุกร์ที่ 11 พฤษภาคม 2533 ที่จังหวัดตรัง เข้ารับการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนดรุโณทัย จังหวัดตรัง มัธยมศึกษาศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง เข้าศึกษาระดับปริญญาตรีภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ในปี 2551 และสำเร็จการศึกษา เมื่อปี 2554 หลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาระดับปริญญาโท แขนงวิชาชีววิทยาทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2555 และได้รับทุนภายใต้โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) เมื่อปี 2551 จนถึงปัจจุบัน

ในระหว่างการศึกษาได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยและตีพิมพ์รายงานสืบเนื่องการประชุมในการประชุมวิชาการ ดังนี้

ชยาภา ฟองโหย, กรอร วงษ์กำแหง, สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล และ ไพบูลย์ นัยเนตร. 2558. พัฒนาการของตัวอ่อนจักจั่นทะเล Emerita sp. (Decapoda: Hippidae) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ. การประชุมวิชาการอนุกรมวิธานและซิสเทมาติคส์ในประเทศไทยครั้งที่ 5 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน วันที่ 25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2558. (นำเสนอผลงานแบบบรรยายและตีพิมพ์รายงานสืบเนื่องการประชุม)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University