

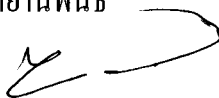
วงจรชีวิต และผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ
ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903)
ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

วิไลวรรณ พวงสันเทียะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวาริชศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กันยายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ วิไลวรรณ พวงสันเทียะ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

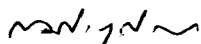
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

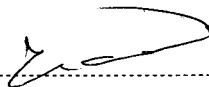
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญรัตน์ ประทุมชาติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธาน

(ดร. สมชัย บุศราวิช)



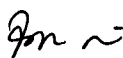
.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญรัตน์ ประทุมชาติ)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย)



.....กรรมการ

(ดร. จริยาวดี สุริยพันธุ์)



.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนวัฒน์ ตันติวรานุกฤษ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา



.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 29 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรมหาบัณฑิต ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาบุคคลากร จากสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา และ ดร.เสาวภา สวัสดิ์พีระ ผู้อำนวยการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้รับโอกาสในการศึกษา วิจัย และ ดร.วรเทพ มธุวรณ รองผู้อำนวยการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้ความอนุเคราะห์แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ให้คำปรึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์คำปรึกษา ตลอดจนคำสั่งสอน แนะนำในการศึกษาวิจัย ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัว และนางสาวศิริวรรณ ชูศรี ที่ให้คำแนะนำแนวทางและมุมมองความคิดในระหว่างการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์ และสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำ และการทำเอกสารต่าง ๆ ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

วิไลวรรณ พวงสันเทียะ

57912219: สาขาวิชา: วาริชศาสตร์; วท.ม. (วาริชศาสตร์)

คำสำคัญ: แมงกะพรุนถ้วยหางขน *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903)/ วงจรชีวิต/ อุณหภูมิ/
ความเค็ม/ การสืบพันธุ์/ ไม่อาศัยเพศ/ ไชพิสโตมา

วิไลวรรณ พวงสันเทียะ: วงจรชีวิต และผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ต่อการสืบพันธุ์แบบ
ไม่อาศัยเพศของไชพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้
สภาพห้องปฏิบัติการ (LIFE CYCLE AND EFFECT OF TEMPERATURE, SALINITY ON
ASEXUAL REPRODUCTION OF A RHIZOSTOME JELLYFISH SCYPHISTOMA,
Acromitus flagellatus (Maas, 1903) UNDER LABORATORY CONDITION) คณะกรรมการ
ควบคุมวิทยานิพนธ์: บุญรัตน์ ประทุมชาติ, Ph.D. 133 หน้า. ปี พ .ศ. 2560.

การศึกษาวงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903)
และผลของอุณหภูมิ ความเค็ม ที่มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไชพิสโตมาแมงกะพรุน
ถ้วยหางขน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน มีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ
การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) ในระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (Medusa) และการ
สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) ในระยะไชพิสโตมา (Scyphistoma) เริ่มจากไช-
โกตพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะแพลนูล่า (Planula) ภายใน 18-24 ชั่วโมง ก่อนลงเกาะกับวัสดุเป็นระยะ
ไชพิสโตมาเริ่มต้น (Newly metamorphosed scyphistoma) เมื่ออายุ 4 วัน ไชพิสโตมา มีการสืบพันธุ์
แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การแตกหน่อ (Budding) การแตกหน่อแบบสโตลอน (Stolon budding)
และการสร้างซิสต์ (Cyst) และไชพิสโตมาพัฒนาเข้าสู่ระยะสโตรอบิล่า (Strobila) เมื่ออายุ 20 วัน
เป็นแบบ Monodisk strobilation เอพิร่า (Ephyra) หลุดออกจากสโตรอบิล่า เมื่ออายุ 26 วัน และเมื่อ
อายุ 33 วัน เอพิร่าพัฒนาการเข้าสู่ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก (Small medusa) มีขนาดเส้น
ผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรขึ้นไป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิและความเค็มมีอิทธิพลร่วมกัน ต่อการสืบพันธุ์
แบบไม่อาศัยเพศของไชพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน โดยพบจำนวนหน่อใหม่ (ค่าเฉลี่ย±SE)
สูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (°C) ร่วมกับความเค็ม 20, 10 ส่วนในพันส่วน (ppt) (4.2 ± 0.9 ,
 3.8 ± 0.7 หน่อ ตามลำดับ) ($p < 0.05$) พบเอพิร่า (ค่าเฉลี่ย±SE) เฉพาะที่ระดับอุณหภูมิ 28 °C ร่วมกับ
ความเค็ม 28 ppt เท่านั้น (0.6 ± 0.3 เอพิร่าต่อไชพิสโตมา) ($p < 0.05$) และอุณหภูมิ ความเค็มไม่มี
อิทธิพลร่วมกัน ($p > 0.05$) ต่อการเกิดซิสต์ (0.0 - 1.2 ซิสต์) และระยะเวลาการอยู่รอดของไชพิส
โตมา (10.0 - 25.6 วัน)

57912219: MAJOR: AQUATIC SCIENCE: M.Sc. (AQUATIC SCIENCE)

KEYWORDS: *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903)/ JELLYFISH/ LIFE CYCLE/
TEMPERATURE/ SALINITY/ ASEXUAL/ REPRODUCTION /
SCYPHISTOMA

WILAIWAN PHUANGSANTHIA: LIFE CYCLE AND EFFECT OF
TEMPERATURE, SALINITY ON ASEXUAL REPRODUCTION OF A RHIZOSTOME
JELLYFISH SCYPHISTOMA, *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903) UNDER LABORATORY
CONDITION. ADVISORY COMMITTEE: BOONYARATH PRATOOMCHAT, Ph.D.
133 P. 2017.

The life cycle of a rhizostomae jellyfish, *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903) and effect of temperature, salinity on asexual reproduction of its scyphistoma were studied under the laboratory condition. The life cycle of *A. flagellatus* revealed an alternation of reproduction between sexual reproduction in medusa stage and asexual reproduction in scyphistoma stage. The embryos developed into planulae within 18-24 hours, 4 days old planula larvae settled on substrata to newly metamorphosed scyphistomae. Scyphistomae reproduced asexually *via* the budding, stolon budding and cyst formation, and then developed into strobila (20 days old larva) *via* Monodisk strobilation. Each strobila at 26 days old released an ephyra which transformed to a small medusa (33 days old larva). The bell diameter of small medusa was at least 6 mm.

The study on effect of temperature and salinity on asexual reproduction of scyphistoma, *A. flagellatus* showed the highest number of buds (mean±SE) occurred at 25 °C and 20, 10 ppt (4.2±0.9, 3.8±0.7 buds, respectively) ($p<0.05$). Ephyra (mean±SE) was only found at 28°C and 28 ppt (0.6±0.3 ephyra/scyphistoma) ($p<0.05$). The number of cyst (0.0 - 1.2 cyst) and the survival period of scyphistoma (10.0 - 25.6 days) were not coordinately effected ($p>0.05$) by temperature and salinity

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
1. ความสำคัญของแมงกะพรุน.....	6
1.1 ด้านเศรษฐกิจ.....	6
- ด้านการทำประมงแมงกะพรุน.....	6
- ด้านการแปรรูปแมงกะพรุนเพื่อบริโภคและการส่งออก.....	7
- ด้านการท่องเที่ยว.....	8
1.2 ด้านผลกระทบที่เกิดจากการรวมตัวของแมงกะพรุน.....	8
- ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อมนุษย์.....	9
- ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อสัตว์น้ำ.....	9
- ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่ออุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ.....	9
- ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อระบบนิเวศ.....	10
2. การเพาะเลี้ยงและวงจรชีวิตของแมงกะพรุน <i>C. mosaicus</i>	11
2.1 การเพาะเลี้ยงแมงกะพรุน <i>C. mosaicus</i> และแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ ภายใน ห้องปฏิบัติการ.....	11
2.2 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์ของแมงกะพรุน <i>C. mosaicus</i>	12

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
- ระยะพลาเนูล่า (Planula)	14
- ระยะไซฟิสโตมา (Scyphistoma) และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction).....	14
- ระยะสโตรอบิลา (Strobila).....	18
- ระยะเอฟิรา (Ephyra).....	19
- ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (Medusa) และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction)	20
2.3 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา	21
- อุณหภูมิ.....	22
- ความเค็ม.....	24
- แสงสว่าง.....	27
- อาหาร.....	28
3. ลักษณะทางชีววิทยาของแมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>Acromitus flagellatus</i> (Maas, 1903)	29
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	33
2. วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
3. สถานที่ทำการทดลอง.....	48
4. ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย.....	48
4 ผลการวิจัย.....	49
การทดลองที่ 1 วงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ.....	49
การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ.....	68

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การทดลองที่ 3 การทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพிர่าใน แมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพ ห้องปฏิบัติการ	73
5 อภิปรายและสรุปผล	75
อภิปรายผลการวิจัย	75
วงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ	75
ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา แมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพ ห้องปฏิบัติการ	86
ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพிர่าในแมงกะพรุนถ้วยหางขน <i>A. flagellatus</i> (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ	96
สรุปผลการวิจัย	98
ข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	113
ภาคผนวก ก	114
ภาคผนวก ข	125
ประวัติย่อของผู้วิจัย	133

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ค่าอุณหภูมิ และความเค็ม ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง ไชฟิสโตมา แมงกะพรุนชนิดต่าง ๆ ...	27
3-1 แสดงพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดคุณภาพน้ำ หน่วย และวิธีวิเคราะห์.....	39
3-2 ลักษณะการวางแผนการทดลอง.....	41
3-3 ลักษณะการวางแผนการทดลองที่ 3.....	45
ภาคผนวก ก-1 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 1.....	118
ภาคผนวก ก-2 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 2.....	119
ภาคผนวก ก-3 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 3.....	120
ภาคผนวก ก-4 จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นจากการแตกหน่อ และจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น จากการแตกหน่อแบบสโตน ที่พบในระหว่างการทดลองที่ 2.....	124

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 การทำประมงแมงกะพรุน บริเวณหาด ไม้รูด จ. ตราด.....	7
2-2 การรวมตัวของแมงกะพรุน <i>N. nomurai</i> กีดขวางและอุดตันการทำประมง ในประเทศญี่ปุ่น.....	10
2-3 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของแมงกะพรุนลอดช่อง (<i>L. robustus</i>) ไข่ (ก) ผักสเปิร์ม (ข).....	12
2-4 วงจรชีวิตของแมงกะพรุน <i>C. mosaicus</i>	13
2-5 ตัวอ่อนแมงกะพรุนระยะพลานูล่า.....	14
2-6 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไซฟิสโตมา.....	15
2-7 ลักษณะการแตกหน่อของแมงกะพรุน <i>C. xamachan</i>	16
2-8 การแตกหน่อแบบสโตลอน.....	16
2-9 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบบโพโคซีสต์ของแมงกะพรุน <i>A. aurita</i> ซีสต์ตั้งเกาะ บริเวณใกล้ ๆ ฐานของไซฟิสโตมาเดิม รูปร่างกลม สีน้ำตาล (A) ซีสต์เจริญเติบโตเป็น ไซฟิสโตมาใหม่ (B-D).....	17
2-10 สโตรอบิล่าของแมงกะพรุน <i>C. capillata</i>	19
2-11 โครงสร้างที่สำคัญของเอพ็ีรา.....	20
2-12 รูปร่างระยะที่มีรูปร่างแบบเมคูซ่าของแมงกะพรุน <i>A. aurita</i>	21
2-13 รูปร่างแมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	30
2-14 โครงสร้างแมงกะพรุนโดยทั่วไปของ Class Scyphozoa.....	31
3-1 การวัดขนาดไซฟิสโตมาจากฐาน จนถึง Hypostome.....	38
3-2 การวัดขนาดในระยะเอพ็ีรา.....	38
3-3 การวัดขนาดเมคูซ่า.....	39
3-4 รูปแบบการใช้เครื่องปรับลดอุณหภูมิในกล่องโฟม.....	42
4-1 วงจรชีวิตแมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	50
4-2 พลานูล่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	51
4-3 เปรียบเทียบความแตกต่างพลานูล่าที่มีชีวิต และพลานูล่าที่ตายของแมงกะพรุน ถ้วยหางขน.....	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของพลาสมาของแมงกะพรุนด้วยหางขนเมื่ออยู่บริเวณผิวหนัง (ก) การเคลื่อนที่จากมวลน้ำขึ้นสู่บริเวณผิวหนัง (ข-ง)	52
4-5 พัฒนาการของพลาสมาของแมงกะพรุนด้วยหางขนก่อนลงเกาะกับวัสดุพลาสมา รูปร่างทรงรี (ก) พลาสมาเริ่มมีการคอคดเซลล์ (ข) พลาสมาเริ่มเปลี่ยนรูปร่าง (ค)	53
4-6 พลาสมาเพียงเปลี่ยนรูปร่างและเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อหาที่ลงเกาะ (ก-ค) พลาสมาที่ กำลังลงเกาะจะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองบนวัสดุ (ง-ฉ)	53
4-7 ไชพิสโตมาในระยะสมบูรณ์ของแมงกะพรุนด้วยหางขน	54
4-8 พัฒนาการในระยะไชพิสโตมา (ก,ข,ค) ไชพิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ (ง) ไชพิสโตมา ขนาด 4 เส้น (จ) ไชพิสโตมาขนาด 8 เส้น (ฉ) ไชพิสโตมาในระยะสมบูรณ์	55
4-9 การกินอาหารของไชพิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขน ไชพิสโตมาเริ่มยืดหดทำให้เหยียดยาว (ก) เมื่อหดจับเหยื่อได้จึงหดขนาดมาใกล้ ๆ บริเวณปาก (ข) ปากจะเริ่มเปิดขยาย (ค) ปากจะยืดและหดตัว เพื่อให้อาหารลงสู่ช่องว่างกลางตัว (ง).....	56
4-10 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ของแมงกะพรุนด้วยหางขน การแตกหน่อ (ก,ข) การแตกหน่อแบบสโตลอน(ค,ง) และการสร้างซิสต์ (จ, ฉ).....	57
4-11 สโตรอบิล่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน	58
4-12 ระยะสโตรอบิล่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน ไชพิสโตมามีการพัฒนาเนื้อเยื่อบริเวณ โคนขนาดแบ่งเป็นแฉก (ก) ไชพิสโตมามีการแบ่งชั้นบนเนื้อเยื่อแผ่นปากและเนื้อเยื่อ แฉกขยายขนาดมากขึ้น (ข) ขนาดจะหดสั้นลง และเริ่มเห็นการพัฒนาเป็นเล็บเพท ของระยะเอพிரามากขึ้น (ค) ระยะที่มีการพัฒนาเป็นเอพிர่าเกือบสมบูรณ์ (ง).....	59
4-13 ไชพิสโตมาที่เอพிர่าเพิ่งหลุดออก สามารถกินอาหารได้ทันที	59
4-14 เอพிர่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน	60
4-15 พัฒนาการเอพிர่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน เอพிர่าอายุ 1 วัน (ก,ข) เอพிர่าอายุ 2 วัน (ข) เอพிர่าอายุ 3-4 วัน (ค) เอพிர่าอายุ 5-6 วัน (ง).....	61
4-16 การเคลื่อนที่ของเอพிர่าแมงกะพรุนด้วยหางขน แผ่นกลางตัว ก้านเล็บเพท และเล็บ เพท แผ่นกางออก (ก) เริ่มการการหดตัว กวาดน้ำไปด้านหลัง และดันตัวเองไปด้านหน้า (ข,ค) แผ่นแผ่นกลางตัว ก้านเล็บเพท และเล็บเพทอีกครั้ง (ง).....	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-17 การกินอาหารของเอพีร่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน ปลายแล็บเพท และก้านแล็บเพท สัมผัสโดนเหยื่อ (ก) ก้านแล็บเพท และแล็บเพท โคนง้ำเข้าหาลำตัว (ข) เหยื่อเคลื่อนที่มา บริเวณมานูเบรียม (ค,ง).....	63
4-18 ระยะเวลาที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	63
4-19 เปรียบเทียบการพัฒนาจากระยะเอพีร่า (ก) ไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (ข) ของ แมงกะพรุนถ้วยหางขน	64
4-20 การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุนถ้วย หางขน (ก-ง).....	66
4-21 การกินอาหารของแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุนถ้วย หางขน (ก-ง).....	67
4-22 จำนวนหน่อใหม่ (ก) และจำนวนซีสต์ (ข) ที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE).....	70
4-23 ระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน ที่ระดับอุณหภูมิและ ความเค็มที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE).....	72
4-24 จำนวนเอพีร่าที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็ม ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE).....	74
ภาคผนวก ข - 1 ลักษณะพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	126
ภาคผนวก ข - 2 ภาชนะเลี้ยงกักขังพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	126
ภาคผนวก ข - 3 ตรวจสอบความสมบูรณ์เพศ จากอวัยวะสืบพันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	127
ภาคผนวก ข - 4 ไข่ และฝักสเปิร์มแมงกะพรุนถ้วยหางขน.....	127
ภาคผนวก ข -5 อุปกรณ์เปลี่ยนถ่ายน้ำ.....	128
ภาคผนวก ข -6 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และอุปกรณ์ถ่ายภาพ.....	129
ภาคผนวก ข -7 รูปแบบการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ต่อกับกล่อง โฟม.....	130
ภาคผนวก ข -8 ระบายออกกรองน้ำ เพื่อกรองน้ำใช้ในการทดลอง.....	131
ภาคผนวก ข -9 เครื่องวัดอุณหภูมิ (เทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดค่าสูงสุด – ต่ำสุด ในรอบวัน) ที่ใช้วัดอุณหภูมิระหว่างการทดลอง.....	131

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาคผนวก ข – 10 เปรียบเทียบขนาดไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน กับไซพิสโตมาแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ.....	132

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมงกะพรุนเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะประเทศในแถบภูมิภาคเอเชีย เพราะมีการทำการประมง และการแปรรูปแมงกะพรุน สำหรับการบริโภคและเพื่อการส่งออก สำหรับแมงกะพรุนที่ส่งออกจากประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นแมงกะพรุนในกลุ่ม Order Rhizostomeae (พิสิฐ วงศ์สง่าศรี, พูลทรัพย์ วิรุพหกุล และเบญจวรรณ ชรรณนารักษ์, 2551) ซึ่งจากข้อมูลทางสถิติการทำประมงแมงกะพรุนในประเทศไทยของ Food and agriculture organization of the united nations พบว่าปีคริสต์ศักราช 2013 ประเทศไทยสามารถจับแมงกะพรุนสดส่งขายได้มากถึง 125,150 ตัน สอดคล้องกับข้อมูลการนำเข้าแมงกะพรุนแปรรูปที่ประเทศญี่ปุ่นของ Omori and Nakano (2001) ในช่วงปีคริสต์ศักราช 1988-1999 พบว่าปริมาณการนำเข้าแมงกะพรุนแปรรูปของประเทศญี่ปุ่น มีประมาณ 5,369-10,084 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 25.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งแบ่งเป็นการนำเข้าจากประเทศไทยมากเป็นอันดับ 3 เฉลี่ยถึง 2,945 ตันต่อปี นอกจากประโยชน์ของแมงกะพรุนแล้ว ยังพบว่าการรวมตัวของแมงกะพรุนก่อให้เกิดปัญหาในหลายประเทศทั่วโลก เพราะการรวมตัวของแมงกะพรุนจำนวนมาก หากมีการรวมกันในสถานที่ใดที่หนึ่ง มักจะสร้างปัญหาให้กับกิจกรรมบริเวณนั้น เช่น อุดตันระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ อุดตันกระชังและปล่อยเข็มพิษทำให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงในกระชังตาย การแย่งอาหารสัตว์น้ำ การค้ำน้ำเพื่อการท่องเที่ยว และพิษของแมงกะพรุนต่อการบาดเจ็บของมนุษย์ (Purcell, Uye, & Lo, 2007) เป็นต้น

ดังนั้นในต่างประเทศจึงมีการศึกษาเกี่ยวกับแมงกะพรุนมาก ทั้งด้านลักษณะทางชีววิทยา (Calder, 1973; Calder, 1982; Ding & Chen, 1981; Pitt, 2000) อนุกรมวิธาน (Straehler-Pohl, Widmer, & Morandini, 2011) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุน (Larson, 1999; Purcell, White, Nemazie, & Wright, 1999; Purcell et al., 2007; Purcell et al., 2012) เป็นต้น แต่ในประเทศไทยมีเพียงการศึกษาในด้านอนุกรมวิธาน และด้านการสำรวจการแพร่กระจายในธรรมชาติเท่านั้น (สุภาพร องศาธา, ถนอมพงศ์ บัวบรรจง และชญัญญา ไทยกลาง, 2555; Nontivich, 2001) ซึ่งในต่างประเทศจากการศึกษาถึงวงจรชีวิตของแมงกะพรุน ยกตัวอย่างเช่น Pitt (2000) ทำการเพาะเลี้ยงและศึกษาวงจรชีวิตของแมงกะพรุนชนิด *Catostylus mosaicus* พบว่ามีการสืบพันธุ์เป็นแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) ในระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบ

เมดูซ่า (Medusa) มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์และความสมบูรณ์เพศ คือ ความสมบูรณ์ของอาหาร และชนิดของอาหาร (แพลงก์ตอนสัตว์) ในธรรมชาติ (Arai, 1997) ทำให้มีการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ของแมงกะพรุนเพศผู้และเพศเมียได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อมีการปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกันแล้ว จะเกิดการแบ่งเซลล์และพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะพลาเนูล่า (Planula) ระยะไฮฟิสโตมา (Scyphistoma) หรือระยะโพลิป (Polyp) ซึ่งในระยะนี้มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) และเจริญเติบโตไปเป็นระยะสตروبิล่า (Strobila) และเกิดเป็นเอฟิร่า (Ephyra) และระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (Medusa) โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมมาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์ และการแตกหน่อ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มจำนวนไฮฟิสโตมาใหม่ ทำให้เกิดกระบวนการแบ่งชั้นเป็นเอฟิร่าได้มากขึ้น และเจริญเติบโตต่อไปเป็นระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าต่อไป ซึ่งปัจจัยที่กระตุ้นเพื่อให้ได้ตัวอ่อนภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมด้านอุณหภูมิ และความเค็มเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่มีผลต่อการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนไฮฟิสโตมา และการเกิดเอฟิร่าได้ เช่น แมงกะพรุน *Chrysaora quinquecirrha* (Purcell et al., 1999), *Aurelia labiata* (Purcell, 2007) เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าแมงกะพรุนมีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจ และในขณะเดียวกันก็ก่อให้เกิดปัญหาจากการรวมตัวกันของแมงกะพรุนได้เช่นกัน การศึกษาชีววิทยา วงจรชีวิต และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จึงมีความสำคัญต่อการอธิบายถึงปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนแมงกะพรุนในธรรมชาติ ว่ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ และความเค็มอย่างไร รวมถึงประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงในอนาคต ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญที่จะศึกษาพัฒนาการ(วงจรชีวิต) ระยะเวลาในการพัฒนาการของแมงกะพรุน และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมด้านอุณหภูมิ ความเค็มที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุน โดยเลือกศึกษาแมงกะพรุนชนิดด้วยหางขน *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903) เพราะแมงกะพรุนชนิดนี้มีการแพร่กระจายในหลายจังหวัดที่ติดทะเลบริเวณอ่าวไทย (สถาบันวิจัยและทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน , 2558; สุภาพร ongsารา และคณะ, 2555; Nontivich, 2001) อีกทั้งแมงกะพรุนชนิดนี้ยังไม่มีผู้ศึกษาในประเทศไทย รวมถึงเพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนชนิดอื่น และเป็นพื้นฐานการศึกษาให้กับผู้ที่สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวงจรชีวิตและระยะเวลาในการพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

สมมติฐานของการวิจัย

1. วงจรชีวิตและระยะเวลาในการพัฒนาของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) มีความคล้ายคลึงกับแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* ซึ่งเป็นแมงกะพรุนในครอบครัวเดียวกัน (Family Catostylidae)
2. ระดับของอุณหภูมิ และความเค็มที่แตกต่างกัน มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้ จะทำให้ทราบวงจรชีวิต ระยะเวลาในการพัฒนาการ ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ เมื่อทราบวงจรชีวิตแล้ว สามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ ถึงช่วงเวลาการเกิดแมงกะพรุนในระยะต่างๆ และใช้ในการประเมินการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแมงกะพรุน ที่สัมพันธ์กับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษารวมถึงการเพาะเลี้ยงเพื่อประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดแสดงในสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ การนำตัวอ่อนแมงกะพรุนไปใช้ในการทดสอบปัจจัยสภาพแวดล้อมและสารพิษ พิษวิทยาของแมงกะพรุน และรวมถึงการเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารหรือสัณฐานที่เป็นประโยชน์ เป็นการสร้างมูลค่าให้กับเศรษฐกิจได้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

นำพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ที่ได้จากธรรมชาติบริเวณจังหวัดชลบุรี มาเลี้ยงในที่กักขังเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ตัวอ่อนระยะแพลานูล่า และนำมาใช้ในการศึกษาทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาวงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

โดยทำการศึกษาวงจรชีวิต (Life cycle) การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ (Development) ขนาด (Measurement) ระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพัฒนาการ (Time of development) และระยะเวลาในการพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ตั้งแต่ระยะพลาเนลล่า (Planula) จนถึงระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก (Small medusa) ซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ มีการพัฒนาตัวร่ม (Umbrella) ระบบท่อ (Canal system) บริเวณร่ม และมีการพัฒนารยางค์ (Oral arm) อย่างชัดเจนและสามารถนับจำนวนได้ โดยทำการเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมปกติภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ โดยนำไซฟิสโตมามาทดลองที่ความหนาแน่น 1 ไซฟิสโตมาต่อ 1 ภาชนะทดลอง ทำการศึกษาปัจจัยร่วมกัน 2 ปัจจัย ระหว่างปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ระดับ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ร่วมกับปัจจัยด้านความเค็มที่ระดับ 10, 20 และ 30 ppt ด้วยการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) ทำการสังเกตและบันทึกจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนว่าเป็นรูปแบบใด เช่น ซีสต์, โปโคซีสต์, การแตกหน่อ และการแตกหน่อแบบสโตลอน เป็นต้น และนับจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่พบระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมา และจำนวนเอฟิร่าที่เกิดขึ้น ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน นำข้อมูลจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาที่เกิดขึ้นแต่ละรูปแบบระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมา และจำนวนเอฟิร่าที่พบ มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วย Multiway ANOVA แบบ Fixed factor และอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่ทำการศึกษา (Multiple comparisons test) ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์และวิจัยข้อมูลทางสถิติ Minitab License code 2ec6-9b37-1508-0264-2c55-c33

การทดลองที่ 3 ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อจำนวนเอฟิร่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

จากการดำเนินการทดลองในการทดลองที่ 2 ไม่พบว่ามีเอฟิร่าในระหว่างการทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพิ่มเติม โดยใช้ช่วงข้อมูลอุณหภูมิที่ดีที่สุดจากการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน (การทดลองที่ 2) คือที่ระดับอุณหภูมิ 25-

30 องศาเซลเซียส และระดับความเค็มเดิม คือ 10-30 ppt มาวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยกำหนดระดับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยให้มีช่วงความถี่มากขึ้น คือ อุณหภูมิที่ระดับ 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส และความเค็มที่ระดับ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt นำข้อมูลจำนวนเอพีราที่พบมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วย Multiway ANOVA แบบ Fixed factor และอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่ทำการศึกษา (Multiple comparisons test) ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์และวิจัยข้อมูลทางสถิติ Minitab License code 2ec6-9b37-1508-0264-2c55-c3

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความสำคัญของแมงกะพรุน

การรวมตัวกันของแมงกะพรุนในธรรมชาติ พบว่าก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งด้านการทำประมง และการแปรรูปแมงกะพรุนเพื่อการบริโภคและส่งออก นอกจากนี้ยังพบว่าการรวมตัวของแมงกะพรุนยังก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบหลายด้านทั้งผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์ สัตว์น้ำ และด้านอุตสาหกรรมประมง เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ด้านเศรษฐกิจ

แมงกะพรุนเป็นสัตว์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งด้านการทำประมง และการแปรรูปเพื่อการบริโภคและการส่งออก รวมถึงเป็นประโยชน์ในด้านการท่องเที่ยว โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านการทำประมงแมงกะพรุน

การทำประมงแมงกะพรุนพบมากในแถบมหาสมุทรอินเดีย มหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ มหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกกลาง และมหาสมุทรแปซิฟิกแถบตะวันออก โดยประเทศที่ทำการประมงแมงกะพรุนมาก ได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน ประเทศไทย สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ สหพันธรัฐมาเลเซีย และสาธารณรัฐอินโดนีเซีย (Omori & Nakano, 2001) และจากรายงานการทำประมงแมงกะพรุนในประเทศไทยในปีพุทธศักราช 2554 บริเวณอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบปริมาณการซื้อขายแมงกะพรุนสดสูงถึงวันละ 50,000 ตันต่อวัน (ทิพย์สุดา ชงัดเวช, รังสรรค์ สร้อยสม และศิริรญา เกตุแก้ว, 2554) และจากข้อมูลทางสถิติการทำประมงแมงกะพรุนในประเทศไทยของ Food and agriculture organization of the united nations พบว่าปีคริสต์ศักราช 2013 ประเทศไทยสามารถจับแมงกะพรุนสดส่งขายได้มากถึง 125,150 ตัน นอกจากนี้จากข้อมูลการลงพื้นที่สำรวจในปีพุทธศักราช 2558-2559 ยังพบการทำประมงแมงกะพรุนบริเวณจังหวัดระนอง สตูล สมุทรสาคร ชลบุรี จันทบุรี และตราด ซึ่งมีการซื้อขายแมงกะพรุนหลอดช่อง (*Lobonemoides robustus*) (ภาพที่ 2-1) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรวมขนาด 30 เซนติเมตร ราคาเฉลี่ย 3-5 บาทต่อตัว ทำให้ชาวประมงมีรายได้เสริมเฉลี่ยวันละประมาณ 1,000 บาทต่อวัน ซึ่งราคาสูงกว่าในปีพุทธศักราช 2537 พบว่ามีราคาซื้อขายอยู่ระหว่าง 15-20 บาทต่อหัว (20 กิโลกรัม) ซึ่งมีราคาเฉลี่ยตัวละ 1 บาท (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 253



ภาพที่ 2-1 การทำประมงแมงกะพรุน บริเวณหาดไม้รุ้ด จ. ตรัง

ด้านการแปรรูปแมงกะพรุนเพื่อบริโภคและการส่งออก

ผู้บริโภคมีความนิยมและมีแนวโน้มความต้องการบริโภคแมงกะพรุนเป็นอาหารเพิ่มขึ้น เพราะแมงกะพรุนมีปริมาณ โปรตีนสูงและไขมันต่ำ การแปรรูปแมงกะพรุนจึงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของตลาด (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2537) ซึ่งแมงกะพรุนที่นำมาแปรรูปเพื่อการบริโภคและส่งออกส่วนใหญ่เป็นแมงกะพรุนใน Order Rhizostomeae เช่น แมงกะพรุนหนัง (*Rhopilema hispidum*), แมงกะพรุนลอดช่อง (*L. robustus*) เป็นต้น (พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และคณะ, 2551) การแปรรูปแมงกะพรุนในประเทศไทย พบมากบริเวณจังหวัดที่ติดชายฝั่งทะเลในภาคตะวันออก ภาคใต้ตอนบนและตอนล่าง เป็นต้น โดยทำการแปรรูปเป็นแมงกะพรุนแบบดองเค็มกึ่งแห้ง และแมงกะพรุนดองเกลือ และจากข้อมูลการสำรวจซื้อขายแมงกะพรุนแปรรูปในปีพุทธศักราช 2537 ราคาซื้อขายแมงกะพรุนดองเค็มกึ่งแห้ง จะแบ่งเป็น 2 ราคา คือส่วนรุ่มราคากิโลกรัมละ 40-60 บาท และรายกึ่งจะมีราคากิโลกรัมละ 15-20 บาท (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2537) และในปีพุทธศักราช 2554 บริเวณอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่ามีการซื้อขายแมงกะพรุนดองเกลือเป็นจำนวนมากถึง 1,000 – 1,300 ตันต่อปี ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (ทิพย์สุดา ชงัดเวช และคณะ, 2554) และจากการลงสำรวจแมงกะพรุนของผู้วิจัยปีพุทธศักราช 2559 พบว่าราคาขายแมงกะพรุนลอดช่องแปรรูปแบบดองเค็มกึ่งแห้ง ส่วนรุ่มราคากิโลกรัมละ 60 บาท และส่วนรายกึ่งขายยกถัง ๆ ละ 1500 บาท (น้ำหนัก 30-40 กิโลกรัม) นอกจากนี้ยังพบว่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน ก็พบว่าการนำมาแปรรูปเป็นแมงกะพรุนดองเกลือและดองเปลือกไม้ เพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน และขายเป็นรายได้เสริมภายในชุมชน โดยมีราคาขาย 3 ตัว ราคา 20 บาท เช่นเดียวกับข้อมูลการนำเข้าแมงกะพรุนแปรรูปในประเทศญี่ปุ่นในช่วงปีคริสต์ศักราช 1988-1999 พบว่าปริมาณการนำเข้าแมงกะพรุนดองเค็มกึ่งแห้งและแมงกะพรุนดอง

เกลือมีประมาณ 5,400-10,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่ามากถึง 25.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งนำเข้าจากประเทศไทยมากเป็นอันดับ 3 เฉลี่ยถึง 2,945 ตันต่อปี (Omori & Nakano, 2001) โดยประเทศไทยผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปแมงกะพรุนสูงที่สุดได้แก่ สาธารณรัฐประชาชนจีน ประเทศไทย สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ สหพันธรัฐมาเลเซีย สาธารณรัฐอินโดนีเซีย และสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ เป็นต้น โดยแมงกะพรุนกึ่งแห้งกำลังเป็นที่นิยมมากในปัจจุบันมีการส่งออกไปยังประเทศในทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา ประเทศเกาหลี สหพันธรัฐมาเลเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐไต้หวัน และสาธารณรัฐสิงคโปร์ เป็นต้น (วิเชียร ธิลาวัชรมาศ, 2553) และประเทศที่มีความต้องการนำเข้าแมงกะพรุนดองเกลือ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น และประเทศเกาหลี รองลงมาคือ สหพันธรัฐมาเลเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐไต้หวัน สาธารณรัฐสิงคโปร์ กลุ่มประเทศในทวีปยุโรป และสหรัฐอเมริกา (พิสิฐ วงศ์สง่าศรี และคณะ, 2551)

ด้านการท่องเที่ยว

จากปรากฏการณ์การรวมตัวกันของแมงกะพรุนในประเทศไทย พบว่าสามารถสร้างมูลค่าในด้านการท่องเที่ยวตามแหล่งชุมชน เช่น ปรากฏการณ์การรวมตัวกันของแมงกะพรุนหลากสี บริเวณจังหวัดตราด และระยอง จากการลงสำรวจข้อมูลพื้นที่บริเวณหาดไม้รุ๊ด อำเภอลองใหญ่ จังหวัดตราด ในปีพุทธศักราช 2558 พบว่าเมื่อมีปรากฏการณ์การรวมตัวของแมงกะพรุนด้วยหลากสี ชุมชนจะมีรายได้จากการเช่าเรือเพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์แมงกะพรุนบริเวณหาดไม้รุ๊ด และหาดพลอยแดง สร้างรายได้เฉลี่ยรอบละ 400-2,000 บาท (ขึ้นอยู่กับจำนวนคน) เป็นการสร้างรายได้แก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี

1.2 ด้านผลกระทบที่เกิดจากการรวมตัวกันของแมงกะพรุน

การรวมตัวกันของแมงกะพรุน มีสาเหตุจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น (Global warming) การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate change) ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) การจับสัตว์น้ำเกินขีดจำกัด (Overfishing) สิ่งก่อสร้างบริเวณทะเล (Marine construction) และอิทธิพลของกระแสน้ำ (Pucells et al., 1999; Kawahara, Uye, Ohtsu, & Iizumi, 2006; Purcell et al., 2007; Uye, 2008; Dong et al., 2010; สุภาพร องสารา และคณะ, 2555) สาเหตุเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อเพิ่มจำนวนตัวอ่อนแมงกะพรุน มีการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของแมงกะพรุนได้ ทำให้เกิดการรวมตัวของแมงกะพรุนในธรรมชาติ ซึ่งพบว่าการรวมตัวของแมงกะพรุนในธรรมชาตินอกจากเกิดประโยชน์ด้านการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจแล้ว ยังก่อให้เกิดผลกระทบในด้านต่าง ๆ ได้แก่

ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อมนุษย์ สัตว์น้ำ อุตสาหกรรม และระบบนิเวศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อมนุษย์

แมงกะพรุนมีการรวมตัวบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณชายฝั่งทะเลเป็นส่วนใหญ่ (Tronolone, Morandini, & Migotto, 2002) ซึ่งนักท่องเที่ยวนิยมไปพักผ่อนเล่นน้ำ และดำน้ำเพื่อการท่องเที่ยว (Purcell et al., 2007) ซึ่งอาจจะได้รับบาดเจ็บจากการสัมผัสโดนเข็มพิษ (Nematocyst) แมงกะพรุน ทำให้ระคายเคืองผิวหนังในกรณีที่บริเวณทะเลดังกล่าวมีการรวมตัวของแมงกะพรุนที่พิษไม่ร้ายแรง แต่ในพื้นที่ที่มีการรวมตัวของแมงกะพรุนกล่อง (Box jellyfish) ซึ่งมีจำนวนเข็มพิษมากและมีพิษร้ายแรงที่สุดในโลก ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ (พจนาน ศิริอารยาภรณ์, 2553) พบว่าทั่วโลกมีรายงานการเสียชีวิตจากแมงกะพรุนกล่องมากกว่า 70 ราย โดยส่วนใหญ่มักพบทางตอนเหนือของเครือรัฐออสเตรเลีย สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ หมู่เกาะฮาวาย รวมถึงประเทศไทย บริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เกาะลันตา จังหวัดกระบี่ และเกาะหมาก จังหวัดตราด (ถนอมพงศ์ บัวบรรจง, สุภาพร องสารา และ โสพิศ แก้วนพรัตน์, 2554) และจากรายงานการศึกษาของ รจนา วัฒนรังสรรค์ (2553) ทำการรวบรวมข้อมูลการได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากแมงกะพรุนกล่องในประเทศไทย พบว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในพื้นที่จังหวัดชายฝั่งทะเลของประเทศไทย แม้ว่าอัตราการได้รับบาดเจ็บจากแมงกะพรุนจะค่อนข้างต่ำ แต่ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมท่องเที่ยวได้มาก อีกทั้งในประเทศไทยมี 23 จังหวัดมีพื้นที่ติดทะเล ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นิยม และสร้างรายได้ให้กับประเทศค่อนข้างมาก การเกิดการรวมตัวของแมงกะพรุนกล่องจึงส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวที่ลดลงด้วย

ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อสัตว์น้ำ

แมงกะพรุนเป็นสัตว์ที่มีเข็มพิษ เพื่อใช้ในการป้องกันตัว และการล่าเหยื่อ ทำให้สัตว์ที่มาสัมผัสเป็นอัมพาตหรืออาจตายได้ เมื่อมีการรวมตัวของแมงกะพรุนจำนวนมาก พิษของแมงกะพรุนจะไปทำให้สัตว์น้ำเกิดอาการระคายเคือง ตกเลือด ภูมิคุ้มกันบกพร่อง มีความเสี่ยงให้เกิดการติดเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อการบาดเจ็บและตายของสัตว์น้ำในปริมาณที่มากขึ้น (Purcell et al., 2007) ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนทำให้สัตว์น้ำตาย เช่น ญี่ปุ่น สาธารณรัฐไอซ์แลนด์ (Kawahara et al., 2006)

ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่ออุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ

ในต่างประเทศการรวมตัวกันของแมงกะพรุน ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น อุดตันการสูบน้ำเข้าระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่เต็มที่ พบมากในประเทศญี่ปุ่น รัฐอิสราเอล และราชอาณาจักรสกอตแลนด์

(Purcell et al., 1999) และในด้านอุตสาหกรรมประมงพบว่าการรวมตัวของแมงกะพรุนอุดตัน กระชังเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำตาย เช่น การเลี้ยงปลาแซลมอนในกระชัง พบมากบริเวณกลุ่ม ประเทศในทวีปยุโรป และทะเลดำในปีคริสต์ศักราช 1982 และยังส่งผลกระทบต่อเนื่องกับ อุตสาหกรรมการแปรรูปปลาแซลมอน สูญเสียรายได้มากถึง 350 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Uye, 2008) และในประเทศญี่ปุ่นเมื่อมีการรวมตัวของแมงกะพรุน *Nemopilema nomurai* ส่งผลต่อการกีดขวางการทำประมงจับสัตว์น้ำ (ภาพที่ 2-2) (Kawahara et al., 2006; Purcell et al., 2007; Uye, 2008) ทำให้ปริมาณการจับสัตว์น้ำลดลง เสียเวลาในการจัดการเพื่อกำจัดแมงกะพรุนออกจากอวน



ภาพที่ 2-2 การรวมตัวของแมงกะพรุน *N. nomurai* ที่กีดขวางและอุดตันการทำประมง ในประเทศญี่ปุ่น

ที่มา: Kawahara et al. (2006)

ผลกระทบจากการรวมตัวของแมงกะพรุนต่อระบบนิเวศ

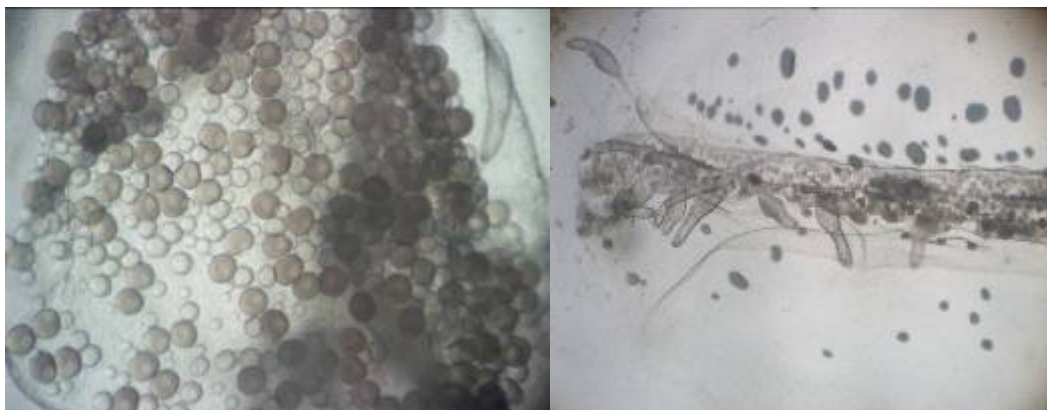
จากการรวมตัวของแมงกะพรุน ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ก็มีสาเหตุมาจากการ ทำประมงเกินขีดจำกัดด้วยเช่นกัน โดยเมื่อมีการจับสัตว์น้ำในปริมาณมากเกินขีดจำกัด ปริมาณผู้ล่า ลดลง เมื่อมีการรวมตัวของแมงกะพรุน โอกาสที่แมงกะพรุนจะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น ก็มีโอกาสสูง เพราะจำนวนผู้ล่าลดลง คู่แข่งการแย่งอาหารสัตว์น้ำก็ลดปริมาณลงเช่นกัน ส่งผลต่อ ระบบนิเวศบริเวณดังกล่าวที่มีความหลากหลายทั้งชนิดและจำนวนสิ่งมีชีวิตลดลงตามไปด้วย (Purcell et al., 2007; Uye, 2008)

2. การเพาะเลี้ยงและวงจรชีวิตของแมงกะพรุน *C. mosaicus*

จากลักษณะทางชีววิทยาของแมงกะพรุน *C. mosaicus* เป็นแมงกะพรุนที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) รวมถึงมีลักษณะโครงสร้างทั่วไปคล้ายคลึงกัน (บพิธ จารุพันธ์ และนันทพร จารุพันธ์, 2547) จากรายงานของ Pitt (2000) พบว่าแมงกะพรุน *C. mosaicus* เป็นชนิดที่สามารถเพาะเลี้ยงและมีการศึกษาลักษณะทางชีววิทยาวงจรชีวิตได้ภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในประเทศไทยการศึกษาเกี่ยวกับแมงกะพรุนค่อนข้างจำกัด มีเพียงการศึกษาด้านอนุกรมวิธาน การสำรวจการแพร่กระจายในธรรมชาติ และพิพิธภัณฑ์เท่านั้น (สุภาพร อังศาราม และคณะ, 2555; Nontivich, 2001) รวมถึงยังไม่มีมีการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนและยังไม่พบการศึกษาลักษณะทางชีววิทยาวงจรชีวิต รวมถึงนำตัวอ่อนที่ได้ไปทดลองด้านต่าง ๆ ดังนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุน *C. mosaicus* เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนถ้วยหางขน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการได้ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การเพาะเลี้ยงแมงกะพรุน *C. mosaicus* และแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ

จากรายงานการศึกษาของ Pitt (2000) ทำการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุน *C. mosaicus* ภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำตัวอ่อนไปศึกษาถึงระยะพัฒนาการ วงจรชีวิต โดยเริ่มจากการรวบรวมพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุน *C. mosaicus* จากธรรมชาติมาเลี้ยงเพื่อให้ได้ตัวอ่อนภายในห้องปฏิบัติการ โดยเริ่มจากการรวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วม (Bell diameter) 250 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นขนาดที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์และมีความสมบูรณ์เพศ เช่นเดียวกับข้อมูลการเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนของ Purcell et al. (1999) พบว่าขั้นตอนการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาตินอกจากคัดเลือกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วมแมงกะพรุนแล้ว ทำการตรวจดูความสมบูรณ์เพศของแมงกะพรุน โดยใช้หลอดหยดดูอวัยวะสืบพันธุ์ (Gonad) มาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ โดยเพศเมียจะมีไข่ลักษณะกลมเรียบ สีเหลือง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 175 มิลลิเมตร ภายในไข่มีนิวเคลียสอยู่บริเวณขอบผนังเซลล์ และตัวผู้จะมีฝักสเปิร์ม (Arai, 1997) (ภาพที่ 2-3) เมื่อแยกเพศได้แล้วจึงนำแมงกะพรุนเพศผู้และเพศเมียใส่ในถังเลี้ยงที่มีน้ำทะเล มีการปรับระดับความเค็มกับอุณหภูมิให้มีความใกล้เคียงกับธรรมชาติ โดยปล่อยแมงกะพรุนภายในภาชนะกักขัง ที่ความหนาแน่นแมงกะพรุน 4 ตัวต่อปริมาตรน้ำ 20 ลิตร เพื่อกระตุ้นให้พ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกัน



(ก)

(ข)

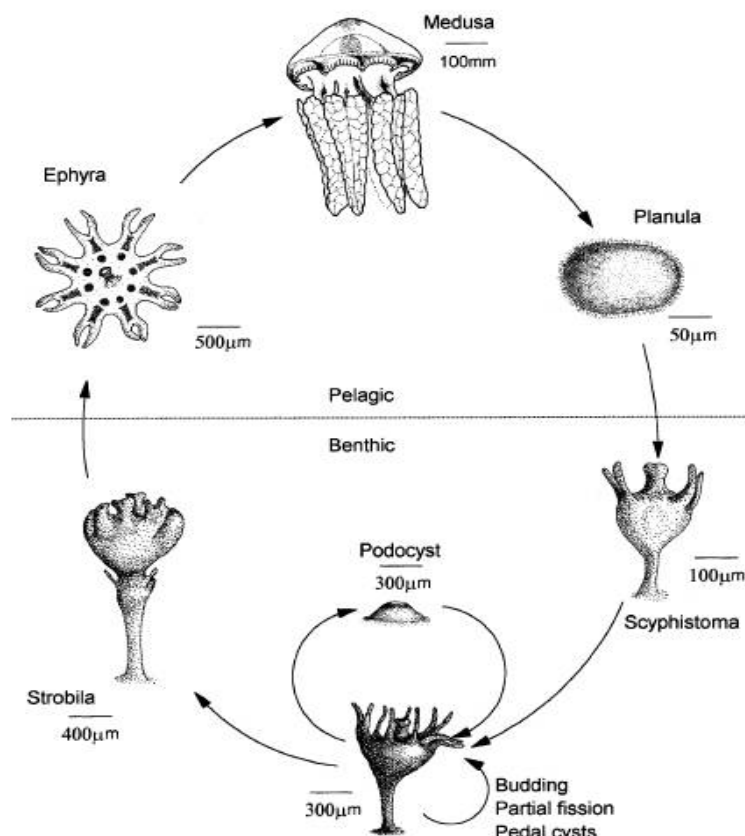
ภาพที่ 2-3 ลักษณะเซลล์สืบพันธุ์ของแมงกะพรุนลอดช่อง (*L. robustus*) ไข่ (ก) ฟักสเปิร์ม (ข)

หลังจาก 24 ชั่วโมง จึงตรวจหาตัวอ่อนพลาเนลล่าในน้ำที่มีรูปทรงรี มีซิเลียรอบตัว เคลื่อนที่อยู่ในมวลน้ำ เมื่อพบตัวอ่อนพลาเนลล่า จึงทำการกรองโดยใช้สวิงขนาดตาข่าย 45 ไมโครเมตร รวบรวมใส่ไว้ในตู้และไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำจนกว่าพลาเนลล่าจะลงเกาะเจริญเติบโต เป็นระยะไซฟิสโตมา ระดับความเค็มที่ใช้เลี้ยงแมงกะพรุนวัยอ่อนจะใช้ระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับแหล่งที่พบแมงกะพรุน *C. mosaicus* ในธรรมชาติ และเลี้ยงที่ระดับอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส อาหารระหว่างการเลี้ยงจะให้อาหารเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ คือ โรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis*) และ อาร์ทีเมียแรกฟัก (Newly hatched *Artemia* sp.) เช่นเดียวกับรายงานของ Purcell et al. (1999); Widmer (2008a; 2008b); Purcell (2007) พบว่าอาหารที่นิยมใช้เลี้ยงแมงกะพรุน คือ โรติเฟอร์ อาร์ทีเมียแรกฟัก โคพีพอด และลูกปลา รวมถึงสัตว์น้ำวัยอ่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุ เพื่อล่อการลงเกาะของพลาเนลล่า เช่น เปลือกหอย (Empty bivalve shells) แผ่นกระเจก (Seagrass) ไม้ (Wood) และทราย (Sandstone) เป็นต้น เช่นเดียวกับรายงานของ Holst and Jarms (2007) พบว่าวัสดุ ลงเกาะจะช่วยเพิ่มพื้นที่การลงเกาะของพลาเนลล่าได้ เมื่อได้ตัวอ่อนระยะพลาเนลล่าแล้วจึงทำการศึกษา วงจรชีวิตของแมงกะพรุนต่อไป ซึ่งวงจรชีวิตของแมงกะพรุน *C. mosaicus* มีรายละเอียดดังนี้

2.2 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์ของแมงกะพรุน *C. mosaicus*

เมื่อพ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกันในมวลน้ำ ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์ เป็นแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) และเกิดการแบ่งตัวพัฒนาเป็นตัวอ่อนในวงจรชีวิต 5 ระยะ (ภาพที่ 2-4) ได้แก่ ระยะพลาเนลล่า ระยะไซฟิสโตมา ในระยะนี้มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัย เพศ พบได้แก่ การแตกหน่อ (Budding) การแตกหน่อแบบสโตลอน (Stolon budding) การสร้าง

ซิสต์แบบโพโดซิสต์ (Podocysts) การสร้างซิสต์แบบพีเดียซิสต์ (Pedal cysts) และการแบ่งตัว (Partial fission) และเจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาอีกครั้ง หลังจากนั้นไซฟิสโตมาเกิดการแบ่งตัวตามแนวขวางบริเวณแผ่นปากออกเป็นชั้น เรียกว่า ระยะสโตรบิลา ชั้นที่พบบริเวณแผ่นปากเมื่อหลุดออกมาในมวลน้ำ เรียกว่า ระยะเอพิรา และเอพิราพัฒนาไปเป็นระยะที่มีรูปร่างลักษณะแบบเมดูซ่า (Medusa) ต่อไป ซึ่งระยะพัฒนาการของแมงกะพรุน *C. mosaicus* มีความคล้ายคลึงกับลักษณะวงจรชีวิตในแมงกะพรุนในคลาสไซโฟซัว (Class scyphozoa) แต่พบว่าอาจมีความแตกต่างกันด้านลักษณะทางกายภาพของแต่ละระยะ และรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่ต่างกัน เช่น แมงกะพรุน *Aurelia aurita* มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นรูปแบบการแตกหน่อแบบสโตลอน เป็นต้น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแมงกะพรุนแต่ละชนิด (Salvini -Plawen, 1978; Kikinger & Salvini - Plawen, 1995 อ้างถึงใน Arai, 1997) ซึ่งระยะพัฒนาการในวงจรชีวิตของแมงกะพรุน *C. mosaicus* และแมงกะพรุนในคลาสไซโฟซัว มีรายละเอียด ดังนี้

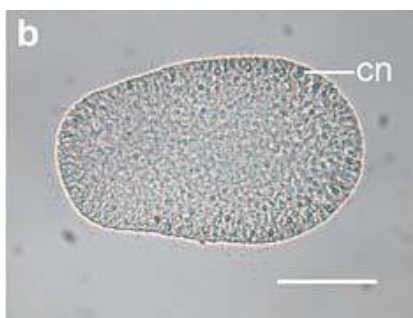


ภาพที่ 2-4 วงจรชีวิตของแมงกะพรุน *C. mosaicus*

ที่มา: Pitt (2000)

ระยะพลาเนลล่า (Planula)

หลังจากที่พ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุน *C. mosaicus* ปล่อยไข่และสเปิร์มปฏิสนธิเรียบร้อยแล้ว มีการแบ่งตัวพัฒนาเป็นระยะตัวอ่อนพลาเนลล่า (ภาพที่ 2-5) พลาเนลล่าจะลอยอยู่ในน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน ลักษณะภายนอกเป็นรูปทรงคล้ายวงรี (Oval หรือ Pyrifrom) มีซิเลีย (Cilia) รอบตัว ช่วยในการเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่ามีลักษณะหมุนรอบตัวเองตามแกนยาวของลำตัว และว่ายน้ำไปข้างหน้าตลอดเวลา พลาเนลล่ามีโครงสร้างประกอบด้วยเนื้อเยื่อภายนอก (Ectoderm) เนื้อเยื่อภายใน (Endoderm) และเนื้อเยื่อตรงกลาง (Mesoglea) สีของพลาเนลล่าแมงกะพรุน *C. mosaicus* มีสีน้ำตาลอ่อน มีความยาวและความกว้างอยู่ระหว่าง 100-130 ไมโครเมตร และ 50-65 ไมโครเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้จากรายงานของ Arai (1997) พบว่าในไฮโดรซัว และคลาสไฮโดรซัว (Class Hydrozoa) มีความยาวพลาเนลล่าอยู่ระหว่าง 100 – 390 ไมโครเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการลงเกาะจะใช้เวลาดั้งแต่ไม่กี่ชั่วโมงจนถึง 10 วัน ซึ่งระยะเวลาในการลงเกาะจะมีความแตกต่างกันแล้วแต่ชนิด เมื่อลงเกาะกับวัสดุแล้วพัฒนาเป็นระยะไซฟิสโตมาต่อไป



ภาพที่ 2-5 ตัวอ่อนแมงกะพรุนระยะพลาเนลล่า

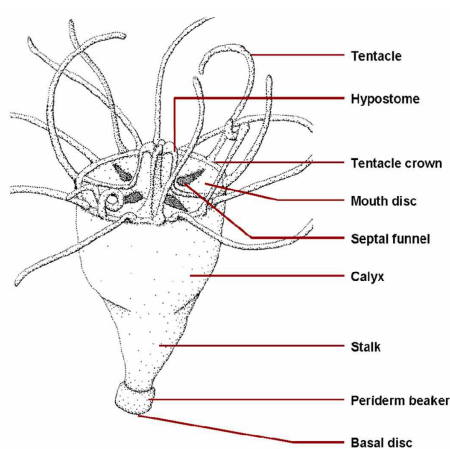
ที่มา: Holst, Sotji, and Tiemann (2006)

ระยะไซฟิสโตมา (Scyphistoma) และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

(Asexual reproduction)

ไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *C. mosaicus* เริ่มลงเกาะเมื่ออายุ 10 วัน ลักษณะภายนอกรูปร่างเป็นทรงกระบอก ปลายด้านบนมีรูปทรงคล้ายกระเปาะ (Calyx) มีแผ่นปาก (Mouth disc) และมีหนวด (Tentacle) รอบ ๆ แผ่นปาก จำนวน 12-20 เส้น ต่อจากบริเวณกระเปาะเป็นก้านยาว ทรงกระบอกแคบ (Stalk) ปลายด้านล่างจะเป็นฐาน (Basal disc) เพื่อใช้ในการยึดเกาะกับวัสดุ

(ภาพที่ 2-6) ไชฟิสโตมา่มีขนาดความยาวเพียง 250 ไมโครเมตร นอกจากนี้ยังพบว่าไชฟิสโตมา่ของแมงกะพรุนบางชนิด มีจำนวนหนวดสูงสุดตั้งแต่ 16-32 เส้น เช่น แมงกะพรุนที่มีหนวด 16 เส้น คือ *Cotylorhiza tuberculata*, *Cephea cephea*, *Stomolophus meleagris*, *Rhopilema nomadic*, *Nemopilema nomurai* และ ไชฟิสโตมา่ที่มีหนวด 32 เส้น คือ *Cassiopea andromeda* ซึ่งจำนวนหนวดของไชฟิสโตมา่แมงกะพรุนแต่ละชนิดเป็นข้อมูลเฉพาะของแต่ละชนิด สามารถใช้ในการจำแนกชนิดแมงกะพรุนได้ (Claus, 1890; 1893; Sugiura, 1966; Calder, 1982; Bigelow, 1900; Lotan et al., 1992; Kawahara et al., 2006)

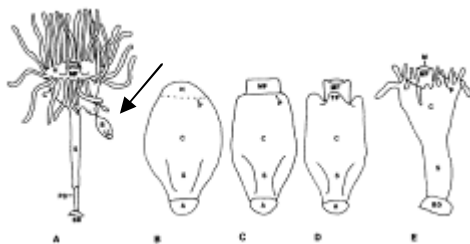


ภาพที่ 2-6 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไชฟิสโตมา่

ที่มา: Straehler-Pohl et al. (2011)

ในระยะไชฟิสโตมา่ของแมงกะพรุน *C. mosaicus* มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ดังนี้

1. การแตกหน่อ (ภาพที่ 2-7) Hofmann, Manitz, and Reckenfelderbaumer (1993) พบว่าการแตกหน่อเกิดจากเนื้อเยื่อชั้นนอกเกิดการรวมตัวกัน และหลุดออกมาภายนอกเซลล์ของไชฟิสโตมา่บริเวณกระเปาะ เพื่อลงเกาะวัสดุ ถ้าไชฟิสโตมา่ได้รับอาหารที่สมบูรณ์ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ทำให้มีการพัฒนาและเจริญเติบโตเป็นไชฟิสโตมา่ใหม่ได้



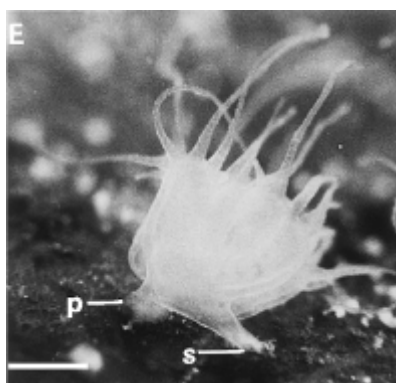
ภาพที่ 2-7 ลักษณะการแตกหน่อของแมงกะพรุน *C. xamachana*

ที่มา: Van Lieshout and Martin (1992)

นอกจากนี้ยังพบการแตกหน่อในแมงกะพรุนบางชนิดสามารถแตกหน่อได้มากถึง 3-4 หน่อต่อไซฟิสโตมา เช่น *A. aurita*, *C. andromeda*, *C. xamachana* และ *C. tuberculata* (Curtis & Cowden, 1971; Hofmann, Neumann, & Henne, 1978; Kikinger, 1992)

2 การแตกหน่อแบบสโตน

เป็นรูปแบบการแตกหน่อที่มีการยึดยาวของเซลล์ออกจากบริเวณฐานของไซฟิสโตมาเดิม เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมบริเวณเซลล์ที่ยึดยาวจะขาดออกและเจริญเติบโตไปเป็นไซฟิสโตมาใหม่ได้ (ภาพที่ 2-8) และพบการแตกหน่อแบบสโตนในแมงกะพรุนหลายชนิด เช่น *A. aurita* (Gilchrist, 1937), *C. mosaicus* (Pitt, 2000), *C. capillata* (Holst, 2012), *Chrysaora hysoscella* (Chuin, 1930) เป็นต้น

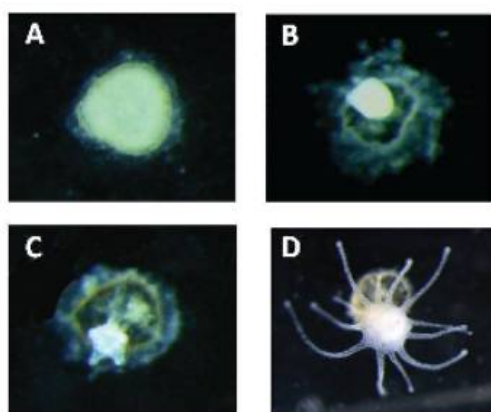


ภาพที่ 2-8 การแตกหน่อแบบสโตน

ที่มา: Pitt (2000)

3. การสร้างซิสต์แบบโพโดซิสต์

พบการสร้างซิสต์แบบโพโดซิสต์ในแมงกะพรุน *C. mosaicus* เกิดจากเซลล์ใหม่จะยื่นออกมาบริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอกเป็นซิสต์ และลงเกาะบริเวณใกล้ ๆ ฐานของไซฟิสโตมาเดิม รูปร่างกลม สีน้ำตาล (A) หลังจากนั้นซิสต์ดังกล่าวเจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาเดิมได้ต่อไป (B-D) (ภาพที่ 2-9 A-D)



ภาพที่ 2-9 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบบโพโดซิสต์ของแมงกะพรุน *A. aurita*; ซิสต์ลงเกาะบริเวณใกล้ ๆ ฐานของไซฟิสโตมาเดิม รูปร่างกลม สีน้ำตาล (A) ซิสต์เจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาเดิม (B-D)

ที่มา: Thein and Uye (2010)

Blanquet (1972) รายงานว่าโครงสร้างของโพโดซิสต์ ประกอบด้วยไคติน เป็นองค์ประกอบหลักของโพโดซิสต์ ซึ่งเกิดจากเซลล์มีการสร้างโปรตีนไรเวต (Rivets binding) ภายในเนื้อเยื่อชั้นกลาง ระยะเวลาการเกิดโพโดซิสต์ของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอาหาร อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Brewer & Feingold, 1991 อ้างถึงใน Arai, 1997) รูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบบโพโดซิสต์พบได้ในแมงกะพรุนหลายชนิด เช่น *C. mosaicus* (Pitt, 2000), *A. aurita*, *C. quinquecirrha* (Black et al., 1976; Brewer & Feingold, 1991 อ้างถึงใน Arai, 1997; Magnusen, 1980; Thein, Ikeda, & Uye, 2012), *C. hysocella* (Chuin, 1930), *R. esculenta* (Ding & Chen, 1981), *R. verrilli* (Cargo, 1971), *R. pulmo* (Kuhl, 1972) และ *S. meleagris* (Calder, 1982) เป็นต้น

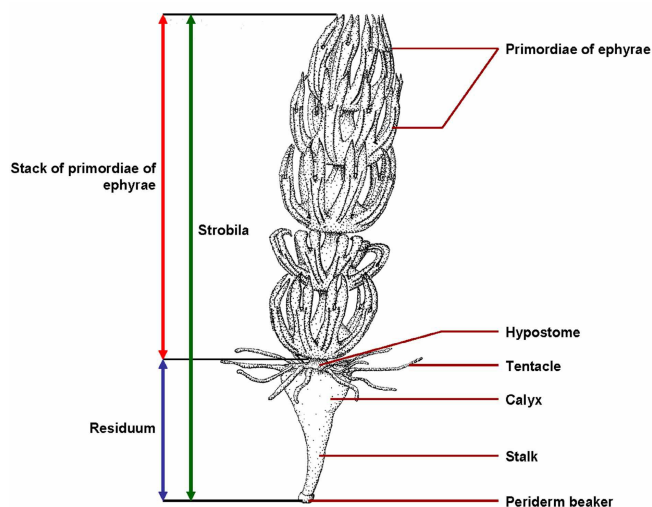
4. การแบ่งตัวแบบพาเซิลฟิสชัน (Partial fission) เป็นรูปแบบการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อบนไซฟิสโตมาเดิมออกมาเป็นไซฟิสโตมาเดิมใหม่

นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแบบอื่น ๆ ที่ไม่พบในแมงกะพรุน *C. mosaicus* แต่จากรายงานของ Salvini –Plawen (1978); Kikinger and Salvini Plawen (1995) อ้างถึงใน Arai (1997) พบว่าแมงกะพรุนแต่ละชนิดมีรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแตกต่างกันในแต่ละชนิด ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาแมงกะพรุนด้วยทางขบ จึงรวบรวมรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนที่มีรายงานปรากฏอยู่เพิ่มเติม คือ การสร้างซีสต์ (Cyst) ที่มีลักษณะเป็นวงกลม (Circular) ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ ไม่มีขี้เลีย ลักษณะมันวาวเป็นประกาย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร เมื่อลงเกาะจะพัฒนาไปเป็นไซฟิสโตมาใหม่ได้ต่อไป ซึ่งการลงเกาะจะลงเกาะกับวัสดุ หรือพื้นตู้ (Arai, 1997)

ระยะสโตรบิล่า (Strobila)

แมงกะพรุน *C. mosaicus* พบการสร้างสโตรบิล่าเมื่ออายุ 15 วัน โดยเกิดกระบวนการแบ่งชั้นเนื้อเยื่อตามแนววงรอบ ๆ แผ่นปากแยกออกเป็นชั้น เรียกกระบวนการนี้ว่า สโตรบิลเลชัน (Strobilation) ชั้นของสโตรบิล่าแต่ละชั้นเรียกว่า เอพิร่า กระบวนการแบ่งชั้นในระยะสโตรบิล่าของแมงกะพรุน *C. mosaicus* เริ่มจากจากหนวดของไซฟิสโตมาจะหดสั้นลง หลังจากนั้นจะมีการสร้างแผ่นเนื้อเยื่อ (Disc) รอบ ๆ บริเวณด้านบนแผ่นปากไซฟิสโตมา ตรงกลางแผ่น (Central disc) จะแยกเป็นแฉก 4 แฉก หลังจากนั้นมีการแยกแผ่นออกชัดเจน เริ่มสังเกตเห็นเนื้อเยื่อเป็นแฉกแยกแต่ละเล็ปเพท (Lappet) ออกจากกันอย่างชัดเจน ระยะสุดท้ายนี้เอพิร่าเริ่มขยับขึ้นลงได้เพื่อดันลำตัวให้หลุดออกจากสโตรบิล่า หลังจากนั้นเอพิร่าบริเวณแผ่นปากจะหลุดออกไปในมวลน้ำเจริญเติบโตเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าต่อไป (Chuin, 1930; Berrill, 1949; Russell, 1970; Spangenberg, 1986; Pitt, 2000; Straehler-Pohl et al., 2011)

จากรายงานของ Chuin (1930); Berrill (1949); Russell (1970); Spangenberg (1986); Pitt (2000); Straehler-Pohl et al. (2011) พบว่าสโตรบิลเลชันของแมงกะพรุนมี 2 แบบ คือ รูปแบบที่มีจำนวนเอพิร่า 1 เอพิร่าต่อสโตรบิล่า เรียกว่า Monodisk strobilation และมีจำนวนเอพิร่ามากกว่า 1 เอพิร่าต่อสโตรบิล่า เรียกว่า Polydisk strobilation (ภาพที่ 2-10) แมงกะพรุน *C. mosaicus* จะพบสโตรบิล่าได้ทั้ง 2 แบบ คือ Monodisk strobilation และ Polydisk strobilation ซึ่งแมงกะพรุนแต่ละชนิดจะพบรูปแบบสโตรบิลเลชันแตกต่างกัน เช่น รูปแบบสโตรบิลเลชันแบบ Monodisk strobilation พบในแมงกะพรุน *C. tuberculata* (Claus, 1890; 1893), *C. andromeda* (Bigelow, 1900) และรูปแบบสโตรบิลเลชันแบบ Polydisk strobilation พบในแมงกะพรุน *R. nomadic* (Lotan et al., 1992), *A. aurita* (Arai, 1997) เป็นต้น

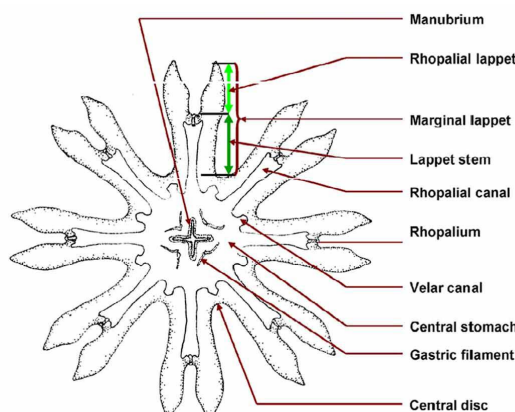


ภาพที่ 2-10 สโตรอบิด้าของแมงกะพรุน *C. capillata*

ที่มา: Straehler-Pohl et al. (2011)

ระยะเอฟิรา (Ephyra)

เอฟิรา มีรูปร่างคล้ายแผ่นดอกไม้ มีโครงสร้างที่สำคัญ คือ บริเวณกลางลำตัวจะมีลักษณะเป็นแผ่นกลมใหญ่ กึ่งกลางลำตัวมีโครงสร้างเป็นแฉกแยกกัน 4 แฉก เรียกว่า Manubrium ทำหน้าที่คล้ายปาก บริเวณรอบ ๆ แผ่นกลางลำตัวมีโครงสร้างคล้ายแขนที่ยื่นออกมาจากกลางลำตัว เรียกว่า Marginal lappet บริเวณปลาย Marginal lappet จะแยกออกเป็น 2 แฉกแต่ละแฉกเรียกว่า แฉกเพท (Lappet) ตรงกลางระหว่างแฉก เรียกว่า Rhopalium (ภาพที่ 2-11) (Calder, 1973; Cargo & Rabenold, 1980; Kikinger, 1992; Arai, 1997; Pitt, 2000; Straehler-Pohl et al., 2011; Holst, 2012; Schiariti et al., 2014) และพบว่าจำนวนแฉกเพทจะมีจำนวนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแมงกะพรุน ซึ่งจำนวนแฉกเพทของแมงกะพรุนเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดที่ใช้ในการจำแนกชนิดแมงกะพรุนได้ พบว่าสโตรอบิด้าสามารถผลิตได้ทั้งเอฟิราที่มีความสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ได้ในเวลาเดียวกัน (Low, 1921) การเจริญเติบโตของเอฟิราจะเร็วหรือช้าขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ และการจัดการดูแลไซฟิสโตมา เช่น เอฟิราของแมงกะพรุน *A. aurita* ที่เกิดในช่วงอุณหภูมิต่ำเอฟิราเจริญเติบโตจะช้า (Hernroth & Gronadahl, 1983, 1985; Hernroth, 1986) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เอฟิราเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Moller, 1980) ซึ่งอุณหภูมิยังส่งผลต่อจำนวนการเกิดเอฟิราที่มากขึ้น ดังนั้น ในฤดูร้อนมักจะพบการรวมตัวของแมงกะพรุน *A. aurita* ในธรรมชาติมากกว่าปกติ เป็นต้น



ภาพที่ 2-11 โครงสร้างที่สำคัญของเอพิรา

ที่มา: Straehler-Pohl et al. (2011)

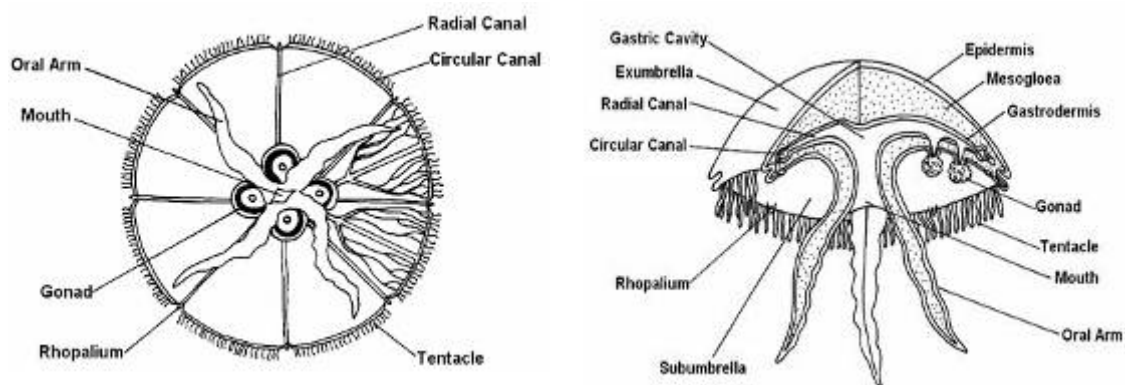
นอกจากอุณหภูมิแล้ว ปัจจัยด้านการจัดการดูแลไซฟิสโตมา เช่น แสงกะพรวน *C. fuscescens* พบว่าถ้ามีการจัดการให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำที่เหมาะสม ไซฟิสโตมาก็จะมีการพัฒนาเป็นระยะสตรอบิลาได้ และจะสามารถเกิดชั้นของเอพิราซ้อนกันได้มากถึง 60 เอพิราต่อสตรอบิลา เช่นเดียวกับแมงกะพรวน *P. camtschatica* ถ้ามีการให้อาหารและเปลี่ยนถ่ายน้ำสม่ำเสมอร่วมกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จะเกิดเอพิราได้ 15 เอพิราต่อ 1 สตรอบิลา ถ้าการจัดการไม่ดีหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม จำนวนเอพิราก็จะลดลง เหลือเพียง 2-3 เอพิราต่อครั้งเท่านั้น (Arai, 1997; Widmer, 2008a)

ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (Medusa) และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

(Sexual reproduction)

ระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าพัฒนามาจากเอพิรา โดยเริ่มจากบริเวณลำตัวของเอพิราพัฒนาเป็นร่ม (Bell margin) ด้านบนร่ม (Exumbrella) จะโค้งมน ด้านล่างร่ม (Subumbrella) จะเว้าเข้า มีอวัยวะต่าง ๆ อยู่กึ่งกลางร่ม ได้แก่ ปาก (Mouth) ช่องว่างกลางลำตัว (Gastrovascular cavity) ช่วยในการขนส่งน้ำและอาหาร และรยางค์ (Oral arm) ซึ่งมีตั้งแต่ 4 เส้นขึ้นไป ซึ่งจำนวนรยางค์ของแมงกะพรวน *C. mosaicus* มี 8 รยางค์ บริเวณขอบร่มจะพัฒนามาจาก Rhopalium มีการพัฒนาไปเป็นขอบร่มที่ยาวและหนาขึ้น บริเวณร่มจะมีการพัฒนาระบบท่อ (Canal system) ใช้ในการขนส่งอาหารและน้ำ (Arai, 1997; Edward & Breazeale, 2012; Holst, 2012) (ภาพที่ 2-12) และจากรายงานของ Hoslt (2012) พบว่าแมงกะพรวนจะมีเข็มพิษ เพื่อช่วยใน

การจับอาหารและป้องกันตัว และเมดูซ่ามีการเคลื่อนที่อย่างอิสระในมวลน้ำตลอดเวลา รูปร่างของเมดูซ่ามีความแตกต่างกัน จึงใช้เป็นลักษณะในการบ่งบอกถึงชนิดของแมงกะพรุนได้เช่นกัน



ภาพที่ 2-12 รูปร่างระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุน *A. aurita*

ที่มา: Edward and Breazeale (2012)

การสืบพันธุ์ในระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่านี้ เป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แมงกะพรุนที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์จะสามารถแยกเพศได้ โดยการสังเกตจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วม จากการรายงานของ Nontivich (2001) พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วมของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ตั้งแต่ 8 เซนติเมตรขึ้นไปพบว่ามีการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ เมื่อไข่และสเปิร์มได้รับการปฏิสนธิแล้ว จึงพัฒนาเป็นตัวอ่อนพลาเนลล่า และพัฒนาสู่ระยะต่าง ๆ เข้าสู่วงจรชีวิตอีกครั้ง (Arai, 1997; Widmer, 2008a; 2008b)

2.3. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิโดโมา

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในธรรมชาตินั้น เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม แสงสว่าง และอาหาร (Purcell, 2007) เช่นเดียวกับการรวมตัวของแมงกะพรุนในธรรมชาติ พบว่าเกิดจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนไซฟิโดโมาใหม่ และเอพิวราได้ ซึ่งตัวอ่อนของแมงกะพรุนดังกล่าว จะเจริญเติบโตไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าต่อไป ซึ่งจะก่อให้เกิดการรวมตัวในอนาคตที่อาจจะก่อให้เกิดประโยชน์ หรือผลกระทบจากการรวมตัวกันของแมงกะพรุนได้ (Plamen, 1953; Kinne & Paffenhofer, 1966; Kakinuma, 1975; Keen & Gong, 1989; Arai, 1997; Purcell et al., 1999; Watanabe & Ishii, 2001; Purcell, 2007; Holst & Jarms, 2010; Strachler-Pohl

& Jarms, 2011) และในด้านการกระตุ้นเพื่อให้ได้ตัวอ่อนแมงกะพรุน ซึ่งจะได้ตัวอ่อนจำนวนมาก หรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เข้ามากระทบควบคุมการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ พบว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมด้านอุณหภูมิและความเค็มเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนไซฟิสโตมา และการเกิดเอพ็ราของแมงกะพรุน (Purcell et al., 1999; Purcell, 2007) ดังนั้นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่กระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา แมงกะพรุน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนแมงกะพรุนในอนาคตได้ ซึ่งอุณหภูมิและความเค็ม มีผลต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุน และส่งผลการเปลี่ยนแปลงต่อแมงกะพรุนด้านต่าง ๆ ดังนี้

อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเลี้ยงและดำรงชีวิตอยู่ของสัตว์น้ำ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เพื่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ รวมถึงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุน และกระตุ้นให้สร้างสตรอบิลาทำให้ได้ตัวอ่อนเอพ็ราแมงกะพรุนได้ (Kawahara et al., 2006; Miyake et al., 2002 อ้างโดย Arai 1997; Purcell et al., 1999; Purcell, 2007; Purcell et al., 2012; Widmer, 2008) โดยปกติอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเป็นปกติ อุณหภูมิของน้ำก็เช่นกันจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่นั้นเป็นสัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิของร่างกายจะอยู่ในระดับเดียวกับอุณหภูมิน้ำ ดังนั้นอุณหภูมิจึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมด้านการหายใจ การว่ายน้ำ การกินอาหาร การย่อยอาหาร และการขับถ่ายของเสียเช่นกัน และอุณหภูมิยังมีผลต่อการควบคุมการถ่ายน้ำแร่ธาตุในร่างกาย ความหนาแน่นของน้ำ การละลายของออกซิเจนในน้ำด้วย (Arai, 1997) จึงนับได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญสิ่งแรกที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตอยู่ได้ของสัตว์น้ำ รวมถึงแมงกะพรุนเช่นกัน

ผลของอุณหภูมิต่อแมงกะพรุน

แมงกะพรุนเป็นสัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิร่างกายจึงแปรผันได้ตามสภาวะอุณหภูมิภายนอกร่างกาย ซึ่งอุณหภูมิส่งผลต่อเมแทบอลิซึมภายในร่างกาย เช่น จากรายงานของ Moncrief and Jones (1977) อ้างถึงใน ынต มุสิก (2539) พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในตัวสัตว์น้ำ แต่แมงกะพรุนมีการแพร่กระจายอยู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันสูงก็สามารถปรับตัวได้ดี อย่างไรก็ตามพบว่าแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่ามีการแพร่กระจายช่วงอุณหภูมิในช่วงกว้าง แต่พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนอยู่ในช่วงแคบ เช่น แมงกะพรุน *C. fuscensens* จะพบระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าในธรรมชาติในช่วงอุณหภูมิ 8-14 องศาเซลเซียส

แต่จะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสเท่านั้น (Widmer, 2008b) สอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาเบื้องต้นของหน่วยงานเพาะเลี้ยง สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่พบว่าแมงกะพรุน *C. townsendi* ในธรรมชาติพบการแพร่กระจายในช่วงอุณหภูมิ 22- 31 องศาเซลเซียส (Nontivich, 2001) แต่จะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา ที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียสเท่านั้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Kawahara et al. (2006) ที่ทำการศึกษาระยะสั้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จากสภาพอุณหภูมิปกติที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เลี้ยงไว้เป็นเวลานาน 6 เดือน และจึงนำออกมากระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสลับอลอุณหภูมิ 13, 9 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน และนำกลับไว้เลี้ยงไว้อุณหภูมิปกติ (18 องศาเซลเซียส) และนำออกมาทดลองเลี้ยงที่อุณหภูมิ 13, 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอีก 1 เดือน ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 13, 23 องศาเซลเซียส จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ คือ เพิ่มจำนวนโพโดซิสต์และทำให้มีการเกิดจำนวนเอพิราเพิ่มขึ้น คือ เกิดเอพิรา 3-7 เอพิราต่อสโตรอบิลา เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Hofmann et al. (1978) พบว่าแมงกะพรุน *C. andromeda* มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นสโตรอบิลาที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahat and Adar (1980) ที่ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดระยะสโตรอบิลาของแมงกะพรุน *C. andromeda* โดยอุณหภูมิสภาพปกติที่เลี้ยงแมงกะพรุนชนิด *C. andromeda* ที่ 18 องศาเซลเซียส และทำการทดลองช่วงอุณหภูมิ 17 – 30 องศาเซลเซียส พบว่าการเกิดระยะสโตรอบิลาตั้งแต่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียสเท่านั้น

และพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในมวลน้ำ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแมงกะพรุนด้านการปรับตัวด้วย เช่น ไซฟิสโตมาของแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 10.5 องศาเซลเซียส และทำการทดลองเลี้ยงในอุณหภูมิที่แตกต่างกันไปเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าที่ระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลเสียต่อไซฟิสโตมาได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส ปฏิกริยาการตอบสนองเกี่ยวกับความร้อนของไซฟิสโตมาจะแสดงออกมาในรูปของความเครียดแทน (Mihursky & Kennedy, 1967) สอดคล้องกับการศึกษาของ Blanquet (1972) อ้างถึงใน Arai (1997) ที่ทำการศึกษาระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วต่อไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* พบว่าระดับของอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือต่ำกว่าระดับอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมาดังกล่าว จะส่งผลต่อการหลั่งเอนไซม์ glucose-6-phosphate dehydrogenase อย่างรวดเร็ว เป็นการแสดงออกมาในรูปของความเครียดไซฟิสโตมา

นอกจากนี้ในเขตร้อนชื้น (Tropical zone) แมงกะพรุนมีความหลากหลายทั้งชนิดและปริมาณมากกว่าในเขตหนาว และมีวงจรชีวิตที่ซับซ้อนกว่า เนื่องจากบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหารของแมงกะพรุน (Arai, 1997; Purcell, 2007; Widmer, 2008a; 2008b) เช่นเดียวกับรายงานของ Dong et al. (2010) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงสถานะอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น ส่งผลต่อการรวมตัวกันแมงกะพรุนในธรรมชาติที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Richardson, Bakun, Hays, and Gibbons (2009) ที่พบว่าอุณหภูมิจะชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแมงกะพรุนในธรรมชาติ โดยการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของตัวอ่อนแมงกะพรุนระยะเอฟิรา และเจริญเติบโตไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Richardson et al. (2009) ที่พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแมงกะพรุนในธรรมชาติ โดยการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของตัวอ่อนแมงกะพรุนระยะเอฟิรา และเจริญเติบโตไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Miyake et al. (2002) อ้างถึงใน Arai (1997) พบว่าในช่วงต้นฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ คือ มีจำนวนไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนชนิด *A. aurita* เพิ่มขึ้น

ความเค็ม

ความเค็มของน้ำทะเลจะมีระดับความเค็มและองค์ประกอบของความเค็มค่อนข้างคงที่ในทะเลเปิด แต่ในแถบชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีความแปรปรวนของระดับความเค็มในช่วงกว้างในรอบวัน นอกจากนี้ระดับความเค็มยังได้รับอิทธิพลมาจากการสร้างเขื่อน น้ำฝนและน้ำหลาก ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มได้อีกด้วย (Tronolone et al., 2002) ดังนั้นสิ่งมีชีวิตในน้ำจึงมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดได้ในช่วงความเค็มที่แตกต่างกัน เช่น กุ้งก้ามกรามจะอาศัยอยู่ในน้ำจืด แต่บางช่วงของวงจรชีวิต เช่น ช่วงวางไข่จะมีการอพยพเพื่อวางไข่บริเวณน้ำกร่อย เป็นต้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเค็มจึงมีอิทธิพลต่อสัตว์น้ำ เกี่ยวกับกลไกการควบคุมของเหลวในร่างกาย 2 รูปแบบ คือ Hyperregulation และ Hyporegulation (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, พิชาญ สว่างวงศ์ และมาชาโด, 2546) ดังนี้

Hyperregulation คือสถานะที่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด ของเหลวภายในเนื้อเยื่อจะมีความเข้มข้นของเกลืออยู่ในระดับ 10-12 ส่วนในพัน (ppt) ซึ่งสูงกว่าระดับเกลือในน้ำจืด (0.5 ppt) น้ำจากภายนอกในร่างกายจะแพร่เข้าสู่เซลล์ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดจึงต้องกำจัดน้ำออกตลอดเวลา เพื่อคงความเข้มข้นของของเหลวภายในร่างกาย (Osmoregulation) เกิดการสูญเสียไอออนสู่สิ่งแวดล้อม (ยนต์ มุสิก, 2539) แต่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในช่วงความเค็มสูงของเหลวภายใน

ร่างกายมีความเข้มข้นต่ำกว่าน้ำภายนอกร่างกาย สัตว์ที่อาศัยในน้ำทะเลจะมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายตลอดเวลา จึงมีการปรับสมดุลโดยการดื่มน้ำเข้าไปปริมาณมาก และขับถ่ายเกลือแร่ออกปริมาณมากเช่นกัน เพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อมีการสะสมเกลือแร่มากเกินไปและเพื่อรักษาระดับเกลือแร่ในร่างกาย เรียกว่า Hyporegulation (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และคณะ, 2546) ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในเขตน้ำจืดจะมีสภาวะความเข้มข้นของของเหลวภายในร่างกายกับนอกร่างกายอยู่ในระดับเดียวกัน สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณนี้จึงมีการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี

ผลของความเค็มต่อแมงกะพรุน

แมงกะพรุนพบการแพร่กระจายบริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่ง ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดเป็นหลัก แมงกะพรุนจึงมีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมติกได้ดี เช่นเดียวกับรายงานของ Tronolone et al. (2002) พบว่าโดยทั่วไปแล้วแมงกะพรุนในลำดับชั้นไซโฟซัวระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าที่พบในธรรมชาติ จะพบการรวมตัวบริเวณปากแม่น้ำและน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ แต่พบว่าเมื่อทำการสำรวจหาไซฟิสโตมาบริเวณปากแม่น้ำและน้ำจืดนั้นกลับพบไซฟิสโตมาเพียง 25 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ทำให้ประสบปัญหาการศึกษาวงจรชีวิตของแมงกะพรุนในธรรมชาติ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีช่วงความเค็มกว้างในรอบวัน แต่พบว่าระยะวัยอ่อนของแมงกะพรุนจะเจริญเติบโต และสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ในช่วงความเค็มแคบ ๆ ดังนั้นจึงมีการศึกษาปัจจัยความเค็มต่อการเจริญเติบโตของแมงกะพรุนวัยอ่อนในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาช่วงความเค็มที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนแต่ละชนิด ยกตัวอย่างเช่น การทดลองผลของความเค็มในแมงกะพรุนชนิด *R. esculenta* ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของระยะพลาเนูล่า ระยะไซฟิสโตมา ระยะเอพิรา และระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า พบว่าระยะพลาเนูล่าสามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ที่ความเค็ม 12 ppt ในระยะไซฟิสโตมาสามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้ที่ความเค็ม 10 ppt และในระยะเอพิราและระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าสามารถปรับตัวให้สามารถอยู่รอดได้ที่ความเค็มต่ำที่ 8 ppt (Lu et al.1989) สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Holst and Jarms (2010) ที่ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของความเค็ม 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ทำการทดลองระดับความเค็มต่อการลงเกาะของพลาเนูล่า ที่ ระดับความเค็ม 32 (ชุดควบคุม), 25, 20, 15, 10 และ 5 ppt ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส โดยทดลองในพลาเนูล่าแมงกะพรุน 3 ชนิด คือ *C. lamarckii*, *C. hysoscella* และ *C. capillata* ทดลองในงานเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจาน 55 มิลลิเมตร ใส่ น้ำที่มีพลาเนูล่า ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ที่ความเค็ม 32 ppt ตามธรรมชาติ) และค่อย ๆ ปรับลดระดับความเค็มทุก ๆ 14 ชั่วโมง (โดยใส่น้ำจืดปริมาตร 1.3 มิลลิลิตร จะลดระดับความเค็มได้ 4 ppt เมื่อลดระดับความเค็มได้ถึง 5 ppt ครบทุกชุดการทดลอง จึงเริ่มการทดลอง พบว่าพลาเนูล่าของ

แมงกะพรุนทุกชนิดไม่มีการลงเกาะที่ระดับความเค็มน้อยกว่า 20 ppt และการทดลองที่ 2 ทำการทดลองระดับความเค็มที่ 36, 28, 20, 12 และ 8 ppt ที่ระดับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา และการเกิดสโตรอบล่า โดยทำการทดลองในแมงกะพรุน 4 ชนิด คือ *A. aurita*, *C. lamarckii*, *C. hysoscella* และ *C. capillata* ทดลองเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ที่ระดับความเค็ม 36, 28, 20 และ 12 ppt ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนชนิด *C. lamarckii* และ *C. capillata* สามารถพัฒนาเป็นไซฟิสโตมาและอยู่รอดได้ และ *A. aurita* ไซฟิสโตมาสามารถอยู่รอดได้ที่ระดับความเค็ม 8 ppt ด้านการเกิดสโตรอบล่า พบว่าไซฟิสโตมาแมงกะพรุนทุกชนิดจะเกิดสโตรอบล่าภายใน 1 สัปดาห์ และเกิดสโตรอบล่าจนได้ตัวอ่อนเอพิร่าที่ระดับความเค็ม 12 ppt

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านอุณหภูมิและความเค็ม จึงเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การเพิ่มจำนวนไซฟิสโตมาและเจริญเติบโตไปเป็นระยะเมดูซ่า ซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์การรวมตัวของแมงกะพรุนในธรรมชาติได้ (Arai, 1997; Purcell et al., 1999; Purcell, 2007; Purcell et al., 2012) เช่นการศึกษาทดลองของ Purcell et al. (1999) ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และอาหารต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการแพร่กระจายของแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* ที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส และความเค็มระดับ 5–20 ppt, 20–35 ppt ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 42 วัน โดยทำการนับจำนวนการแบ่งตัวของไซฟิสโตมา และการเกิดเอพิร่า พบว่าที่ระดับความเค็ม 5–20 ppt จะไม่มีการเกิดเอพิร่า แต่การเกิดเอพิร่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มสูง 20–35 ppt ในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ทุก ๆ 5 องศาเซลเซียส การเกิดเอพิร่าจะล่าช้าประมาณ 1 สัปดาห์ เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Purcell (2007) ที่ทำการทดลองปัจจัยด้านอุณหภูมิร่วมกับความเค็ม คือ ระดับอุณหภูมิ 7, 10, 15 องศาเซลเซียส และระดับความเค็ม คือ 20, 27, 34 ppt ตามลำดับ ที่มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และการเกิดเอพิร่าของแมงกะพรุนชนิด *A. labiata* ผลการทดลองพบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาจะเกิดที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความเค็ม 34 ppt มีการแบ่งตัวของไซฟิสโตมามากที่สุดถึง 91 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27 ppt มีการแบ่งตัวของไซฟิสโตมามากถึง 83 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิดการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเลยที่ระดับอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส และความเค็ม 34 ppt และด้านการเกิดเอพิร่า พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27 ppt มีจำนวนเอพิร่ามากที่สุดถึง 41 เอพิร่าต่อไซฟิสโตมา และไม่พบเอพิร่าเลยที่ระดับอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ดังนั้นปัจจัยด้านอุณหภูมิ และความเค็ม จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนได้ ซึ่งระดับอุณหภูมิและความเค็มที่

เหมาะสมต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ มีความแตกต่างกันในแมงกะพรุนแต่ละชนิด ดังนี้ (ตารางที่ 2-1)

ตารางที่ 2-1 ค่าอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนชนิดต่าง ๆ

ชนิดกะพรุน	อุณหภูมิ		อ้างอิง
	(องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (ppt)	
<i>M. papua</i>	20 -25	33	Sugiura, 1965
<i>Eutonina indicans</i>	7 -15	33	Larson, 1987
<i>P. camtschatica</i>	8 -17	33	Widmer, 2008

นอกจากปัจจัยด้านอุณหภูมิ และความเค็มแล้ว ยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านแสงสว่าง และอาหารที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนบางชนิด ดังนี้

แสงสว่าง

จากการศึกษาของ Purcell (2007) ซึ่งทำการศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านแสงสว่าง ก็มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนบางชนิด เพราะไซฟิสโตมาแมงกะพรุนเป็นพวกยึดเกาะอยู่กับวัสดุบริเวณพื้นน้ำ ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตเห็นแมงกะพรุนชนิด *A. labiata* ที่มีการรวมตัวกันบริเวณท่าเรือ โดยบริเวณผิวน้ำถูกปกคลุมด้วยเรือจำนวนมาก ระดับแสงน่าจะส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของแมงกะพรุนชนิด *A. labiata* จึงนำมาสู่การทดลอง โดยกำหนดระยะเวลาที่ได้รับแสง คือ ได้รับแสง 12, 8 และ 4 ชั่วโมง ร่วมกับความเข้มแสง คือ ได้รับแสงต่างกัน โดยใช้ตาข่าย (screen) ปิดกั้นตามระดับ คือ 1 screen (52 lux), 2 screen (15lux) และปิดทึบ เป็นต้น ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาที่ได้รับแสงสว่างมากที่สุด 12 ชั่วโมง 1 screen มีการเกิดการแบ่งตัวของไซฟิสโตมา และการผลิตเอพิวราได้มากที่สุดในทุกความเข้มแสง ($p < 0.001$) ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบในธรรมชาติ ปริมาณแสง 12 ชั่วโมง ทำให้แพลงก์ตอนสังเคราะห์แสงได้เพียงพอและสอดคล้องกับช่วงเวลาปกติของการมีแสงสว่างในธรรมชาติ ดังนั้นปัจจัยด้านแสงจึงเป็นปัจจัยคงที่และเป็นสภาพปกติในธรรมชาติอยู่แล้ว ปัจจัยด้านแสงจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญรองลงมาจากอุณหภูมิ ความเค็ม ที่ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญอันดับแรก

ๆ ที่ส่งผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุน (Arai, 1997; Purcell et al., 1999; Purcell, 2007; Purcell et al., 2012)

อาหาร

อาหารที่แมงกะพรุนกินเข้าไปเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สืบพันธุ์ และดำรงชีวิต มีหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์น้ำว่ายอ่อน หรือสัตว์น้ำขนาดเล็ก ขนาดประมาณ 400 ไมโครเมตร เป็นต้น (Arai, 1997; Widmer, 2008a; 2008b) สอดคล้องกับ Larson (1999) ได้ทำการศึกษานิเวศวิทยา การกินอาหารและการย่อยอาหารของแมงกะพรุน *S. meleagris* ภายในห้องปฏิบัติการ โดยการศึกษาชนิดอาหารจากภายในระบบท่อ และภายในกระเพาะอาหาร โดยทำการตัดเนื้อเยื่อส่วนที่จะศึกษาจากจำนวนตัวอย่างแมงกะพรุน 165 ตัว แยกใส่ในน้ำและเขย่า เพื่อให้ชนิดอาหารหลุดออกมา และกรองด้วยสวิงขนาด 64 ไมโครเมตร ตรวจสอบชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทำการเก็บข้อมูลชนิดของแพลงก์ตอนจากแหล่งที่พบ ตัวอย่างแมงกะพรุนแนวตั้งและแนวนอนลึก 2 เมตร ด้วยสวิงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ขนาดตาข่าย 64 ไมโครเมตร และนำมาตรวจสอบชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากผลการสำรวจพบว่าแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดกลาง (Mesozooplankton) ขนาดมากกว่า 64 ไมโครเมตรมากที่สุด คือ ลูกหอยสองฝา, ลูกหอยนางรม, โคพีพอดวัยอ่อน ระยะเวลาวัยรุ่น และตัวเต็มวัย (*Acartia tonsa*, *Paracalanus* spp., *Oithona* spp.). รองลงมา คือ สัตว์น้ำว่ายอ่อน ลูกปลา ไข่ปลา ตามลำดับ จากผลการศึกษาวิจัยนี้ จึงทำให้มีการคัดเลือกหาชนิดอาหารที่เหมาะสมต่อเพาะเลี้ยงแมงกะพรุนภายในห้องปฏิบัติการ คือ แพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมียเรากฟัก เป็นต้น (Arai, 1997; Widmer, 2008a; 2008b) เพราะหาง่าย สามารถเพาะเลี้ยงได้ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเป็นปัจจัยที่เหมาะสมและเป็นปัจจัยคงที่ แมงกะพรุนสามารถกินเป็นอาหาร และสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สืบพันธุ์ และดำรงชีวิตได้ จึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเช่นกัน แต่รองลงมา เช่นเดียวกับปัจจัยด้านแสงสว่าง เพราะเป็นปัจจัยที่คงที่ และเป็นชนิดอาหารที่พบเหมือนกับชนิดอาหารในธรรมชาติ

3. ลักษณะทางชีววิทยาของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903)

แมงกะพรุนถ้วยหางขน หรือกะพรุนหางขน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acromitus flagellatus* (Maas, 1903) สามารถจำแนกลำดับชั้นทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Phylum Cnidaria (Hatschek, 1888)

Subphylum Medusozoa (Petersen, 1979)

Class Scyphozoa (Goette, 1887)

Subclass Scyphomedusae (Lankaster, 1877)

Order Rhizostomeae (Cuvier, 1799)

Family Catostylidae (Gegenbaur, 1857)

Genus *Acromitus* (Light, 1914)

Species *A. flagellatus* (Maas, 1903)

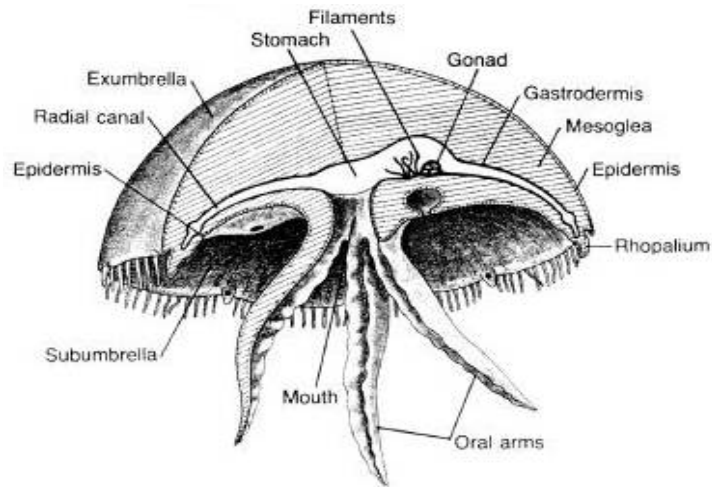
แมงกะพรุนถ้วยหางขน จัดอยู่ใน Class Scyphozoa (Goette, 1887) ใน Genus *Acromitus* (Light, 1914) แบ่งออกเป็นมี 5 ชนิด (Species) ได้แก่ *A. flagellatus* (Maas, 1903), *A. hardenbergi* (Stiasny, 1934), *A. maculosus* (Light, 1914), *A. rabanchatu* (Annandale, 1915) และ *A. tankahkeei* (Light, 1924) ลักษณะภายนอก (ภาพที่ 2-13) โดยทั่วไปประกอบไปด้วย ตัวร่ม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ขนาด 2–17 เซนติเมตร (Nontivich, 2001) มีพื้นผิวลื่นและราบเรียบ รูปร่างโค้งมน คล้ายรูประฆังคว่ำ มีจุดสีน้ำตาลกระจายทั่วบริเวณร่ม บริเวณลำตัวเป็นสีขาวอ่อน มีรยางค์ จำนวน 8 เส้น อยู่ตรงกลางด้านล่างของตัวร่ม ทำหน้าที่จับเหยื่อเข้าปาก มีอวัยวะควบคุมการทรงตัวและจุดรับสัมผัสความเข้มแสงอยู่ที่บริเวณปลายรยางค์ บริเวณรอบ ๆ รยางค์แต่ละอันจะพบเส้นขน หรือเส้น (Filament) ตลอดรยางค์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแมงกะพรุนถ้วยหางขน บริเวณขอบตัวร่มมีหนวดสั้น ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก และแมงกะพรุนมีน้ำเป็นองค์ประกอบของร่างกายมากถึง 94 - 98 เปอร์เซ็นต์ (Arai, 1997)



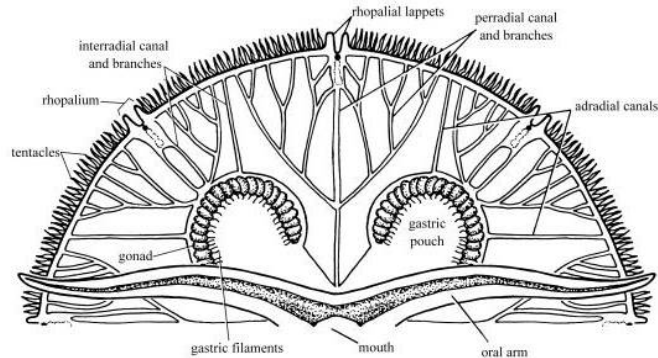
ภาพที่ 2-13 รูปร่างแมงกะพรุนถ้วยหางขน

ลักษณะภายในร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอก และเนื้อเยื่อชั้นใน และมีเนื้อเยื่อตรงกลางหรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ลักษณะคล้ายเจลลาตินอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อทั้งสอง (บพิท จารุพันธ์ และนันทพร จารุพันธ์, 2547) บริเวณภายในลำตัวมีลักษณะกลวง ซึ่งใช้เป็นทางเดินอาหารทำหน้าที่ขนส่งน้ำและอาหารภายในลำตัว ในด้านของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย พบว่าแมงกะพรุนไม่มีระบบขับถ่ายและระบบหายใจ ไม่มีสมอง แต่มีระบบประสาทมีเซลล์ประสาทและเซลล์รับความรู้สึกต่อกันเป็นร่างแห (Nerve net) ตามลำตัว และหนวดเพื่อรับสัมผัสและตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม (ภาพที่ 2-14)

การเคลื่อนไหวของแมงกะพรุน สามารถเคลื่อนที่โดยการยืดหดกล้ามเนื้อด้านในและด้านนอกสลับกัน เนื่องจากแมงกะพรุนมีชั้นกล้ามเนื้อที่หนา ทำให้ลอยตัวได้ดี การว่ายน้ำเป็นอิสระส่วนใหญ่จะดำรงชีวิตโดยการลอยตามกระแสน้ำ (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2537) และในด้านการกินอาหารพบว่าแมงกะพรุนจะกินอาหารจำพวกสัตว์ต่าง ๆ เช่น กุ้ง ปลา แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นต้น โดยการปล่อยพิษลักษณะคล้ายเข็มพิษ เพื่อใช้ต่อสู้ป้องกันและใช้ล่าเหยื่อ โดยเมื่อมีเหยื่อหรือเมื่อมีการสัมผัสกับแมงกะพรุน เข็มพิษจะถูกปล่อยออกมาทำให้เกิดความเจ็บปวด สลบหรืออาจถึงตายได้ (บพิท จารุพันธ์ และนันทพร จารุพันธ์, 2545) แมงกะพรุนแต่ละชนิดจะมีความรุนแรงของพิษแตกต่างกัน เช่น แมงกะพรุนที่มีพิษร้ายแรงที่สุด ที่สามารถทำให้มนุษย์เสียชีวิตได้อย่างรวดเร็ว คือ แมงกะพรุนกล่อง (พจมาน ศิริอารยาภรณ์, 2553)



(ก) โครงสร้างทั่วไปของแมงกะพรุน



(ข) โครงสร้างทั่วไปของแมงกะพรุนเนวราบ

ภาพที่ 2-14 โครงสร้างแมงกะพรุน โดยทั่วไปของ Class Scyphozoa
ที่มา: Hale (1999)

การแพร่กระจายของแมงกะพรุนถ้วยหางขน พบการแพร่กระจายทั้งต่างประเทศ เช่น ประเทศมาเลเซีย (Ramachandram, 2007) และในประเทศไทยจากรายงานการสำรวจของ Nontivich (2001) ทำการศึกษาความหลากหลายของชนิดและความชุกชุมของแมงกะพรุนในกลุ่ม Rhizostomeae บริเวณจังหวัดชลบุรีและเพชรบุรี ซึ่งพบแมงกะพรุนถ้วยหางขน บริเวณจังหวัดชลบุรี ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม และพบที่จังหวัดเพชรบุรี ช่วงเดือนมกราคม ในระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 2–17 เซนติเมตร ขนาดของแมงกะพรุนถ้วยหางขนที่พบบริเวณจังหวัดชลบุรีจะมีขนาดใหญ่กว่า จังหวัดเพชรบุรี และช่วงเดือนกุมภาพันธ์จะมีขนาดใหญ่ที่สุด อวัยวะสืบพันธุ์ และมีการพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ได้เต็มที่ ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรขึ้นไป อย่างไรก็ตามพบการแพร่กระจายของแมงกะพรุนถ้วยหางขนบริเวณ

จังหวัดสงขลา ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง (สุภาพร อังศาราม และคณะ, 2555) ปัตตานี ภูเก็ต
นครศรีธรรมราช สตูล สมุทรสาคร สมุทรสงคราม นະเซ็งเทร่า ตราด เป็นต้น (สถาบันวิจัยและ
ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2558

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1.1.1 ตัวอ่อนระยะฟลาคูล่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903)

จำนวน 10 ฟลาคูล่า

1.1.2 ไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903)

จำนวน 201 ไซพิสโตมา

1.1.3 อาหารสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมงกะพรุนระหว่างการทดลอง ได้แก่

อาร์ทีเมียแรกฟัก ยี่ห้อ PHENIX

1.1.4 น้ำเค็มผ่านการกรองโดยใช้ไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร (ปรับระดับความเค็ม

ตามที่กำหนด)

1.1.5 ภาชนะพลาสติกใสมีฝาปิด ขนาดกว้าง x ยาว x สูง (5x5x2) เซนติเมตร

ที่ความจุน้ำ 50 มิลลิลิตร จำนวน 211 ใบ

1.1.6 หลอดหยด (Dropper) พลาสติก ขนาด 10 มิลลิลิตร และลูกยางหลอดหยด

(Dropper bulb) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 1 ชุด

1.1.7 กระบวยตักน้ำ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.1.8 สวิงใช้กรองฟลาคูล่าขนาดตาข่าย 45 ไมโครเมตร และสวิงใช้ช้อนจับพ่อแม่

พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขนจากธรรมชาติขนาดตาข่าย 1 เซนติเมตร อย่างละ 1 ค้ำ

1.1.9 ถังพลาสติกก้นกลมใช้สำหรับบรรจุแมงกะพรุนระหว่างการเก็บตัวอย่างพ่อแม่

พันธุ์ ขนาดกว้าง x ยาว (30 x 55) เซนติเมตร พร้อมยางมัดถุง จำนวน 7 ชุด

1.1.10 ภาชนะพลาสติกมีฝาปิดใช้ในการเก็บน้ำเค็ม เช่น กระบอกเก็บน้ำความจุ

1 ลิตรจำนวน 49 กระบอก

1.1.11 ภาชนะที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เช่น กะละมัง เข็อกพลาสติก บีกเกอร์

1.1.12 ตู้กระจกใช้เป็นฐานรองภาชนะพลาสติกสำหรับทดลอง

ขนาดกว้าง x ยาว x สูง (21 x 31 x 20.3) เซนติเมตร จำนวน 7 ตู้

1.1.13 ถังโฟม ขนาดกว้าง x ยาว x สูง (45.7x60.9x31.7) เซนติเมตร

ขอบแต่ละด้านหนา 3.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาตรความจุน้ำเท่ากับ 88.2 ลิตร จำนวน 7 ใบ

1.1.14 เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก (Water pump) ยี่ห้อ Sonic รุ่น AP2500 จำนวน 4 เครื่อง

1.1.15 เครื่องวัดค่าความเค็ม (Salinity refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น Master-S/millM Cat. No. 2493 จำนวน 1 เครื่อง

1.1.16 เครื่องวัดอุณหภูมิ (เทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดค่าสูงสุด – ต่ำสุด ในรอบวัน) ยี่ห้อ FUJI รุ่น MAXIMA – MINIMA จำนวน 4 เครื่อง

1.1.17 เครื่องวัดค่า pH แบบพกพา (pH meter) ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น SG2-FK SevenGO pH จำนวน 1 เครื่อง

1.1.18 เครื่องปรับลดอุณหภูมิ (Chiller) ยี่ห้อ HAILEA รุ่น HS-28A พร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง เช่น สายยาง ข้อต่อ จำนวน 4 ชุด

1.1.19 เครื่องวัดแสง (Light/Lux Meter) ยี่ห้อ data LOGGER รุ่น LI-1400 Serial NO. PH7875 จำนวน 1 เครื่อง

1.1.20 กล้องจุลทรรศน์ (Stereo microscope) ยี่ห้อ NIKON รุ่น SMZ-U Zoom 1:10 จำนวน 1 ตัว

1.1.21 กล้องจุลทรรศน์ (Compound microscope) ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CHS จำนวน 1 ตัว

1.1.22 เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม Image-Pro PLUS จำนวน 1 ชุด

1.1.23 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล ยี่ห้อ CANNON รุ่น D1100 และอุปกรณ์ต่อกับเลนส์ตา กล้องจุลทรรศน์ (Adapter for microscope) รุ่น CA-NIK-CAN-SLR จำนวน 1 ชุด

1.1.24 ไม้บรรทัด

1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (รายละเอียดดังภาพผนวก ก)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งการศึกษาทดลอง เป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาวงจรชีวิตและระยะเวลาในการพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ การทดลองที่ 2 ทำการทดลองศึกษาผลของผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสดิโม่แมงกะพรุนถ้วยหางขน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ และการทดลองที่ 3 การทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพ็วราแมงกะพรุนถ้วยหางขน ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละการทดลองจะมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาวงจรชีวิตและระยะเวลาในการพัฒนาการของแมงกะพรุน ถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายในห้องปฏิบัติการ

2.1.1 การวางแผนการทดลอง

ทำการศึกษาวงจรชีวิต การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ ขนาด ระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน โดยทำการทดลองตั้งแต่ระยะพลาเนูล่า จนถึงระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ที่มีลักษณะสำคัญ คือ มีการพัฒนาร่วมระบบท่อบริเวณร่ม และรยางค์อย่างชัดเจน สามารถนับจำนวนรยางค์ได้ จำนวนตัวอย่างแมงกะพรุนวัยอ่อนที่นำมาศึกษาจำนวน 10 ตัวอย่างต่อระยะพัฒนาการ ทำการเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมปกติภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

2.1.2 การทดลอง

2.1.2.1 จัดหาพ่อแม่พันธุ์และการเพาะเลี้ยง นำพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างบริเวณจังหวัดชลบุรี ช่วงเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างจะทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้านความเค็มด้วยเครื่องวัดค่าความเค็ม (Salinity Refractometer Manual) พบว่าอยู่ระหว่าง 9 – 20 ส่วนในพันส่วน (ppt) และวัดค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา พบว่าอยู่ระหว่าง 30-32 องศาเซลเซียสจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการต่อไป การเก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ใช้สวิงขนาดตาข่าย 1 เซนติเมตร ซ้อนตัวอย่างแมงกะพรุนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วม ตั้งแต่ 8 เซนติเมตรเป็นต้นไป ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 20 ตัวอย่าง ใส่ถังที่มีน้ำความเค็ม นำมาบรรจุในถุงพลาสติกใสก้นกลมขนาด 12 x 22 นิ้ว (กว้าง x ยาว) จำนวน 3 ตัวต่อถุง มัดถุงให้แน่นไม่ให้มีฟองอากาศเหลืออยู่ภายในถุง บรรจุลงโฟม ปิดฝาให้สนิท และนำตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ซึ่งเป็นสถานที่ทำการทดลอง นำถุงที่บรรจุแมงกะพรุนลอยในถังน้ำเค็มที่มีการเตรียมไว้ล่วงหน้าที่มีปริมาตร 300 ลิตรต่อจำนวนความหนาแน่นแมงกะพรุน 20 ตัว โดยมีการปรับความเค็มเท่ากับ 9 – 20 ppt และอุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส ให้อากาศเบา ๆ และก่อนปล่อยแมงกะพรุนลงในถังเลี้ยง จะทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วม และตรวจสอบความสมบูรณ์เพศแมงกะพรุนและแยกเพศ โดยการใช้หลอดหยดดูดอวัยวะสืบพันธุ์มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo microscope) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ โดยเพศเมียจะมีไข่ลักษณะกลมเรียบ สีเหลือง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 175 มิลลิเมตรภายในไข่มีนิวเคลียสอยู่บริเวณขอบผนังเซลล์ และตัวผู้จะมีฝักสเปิร์ม นำพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนที่มีความสมบูรณ์เพศปล่อยในถังเลี้ยงเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จึงนำน้ำมาตรวจสอบหาตัวอ่อนแมงกะพรุนภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.1.2.2 หลังจาก 18 – 24 ชั่วโมง สุ่มตักน้ำในถังเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ มาตรวจหาตัวอ่อนพลาเนลล่า ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เมื่อนำน้ำมาตรวจพบตัวอ่อนระยะพลาเนลล่ามีลักษณะรูปร่างวงรี มีซิเลียรอบตัว ซึ่งจะลอยอยู่ในน้ำ จะทำการกรองด้วยสวิงขนาดตาข่าย 45 ไมโครเมตร จากนั้นใช้หลอดหยดพลาสติกดูดแยกตัวอ่อนพลาเนลล่าออกมาใส่ในภาชนะพลาสติกใส ขนาด 5x5x2 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ที่ปริมาตรความจุน้ำ 50 มิลลิลิตร ที่ความหนาแน่นของพลาเนลล่า 10 ตัวต่อมิลลิลิตร (ขนาดความยาวเฉลี่ย 84–123 ไมโครเมตร) และใส่วัสดุเพื่อล่อการลงเกาะ ได้แก่ เปลือกหอยนางรม (*Empty Oyster shells; Saccostrea commercialis*) แผ่นกระจกอะคริลิก (Acrylic) และแผ่น โพลีโพรพิลีน (Polypropylene sheet) เป็นต้น โดยเริ่มแรกจะมีการทดลองหาช่วงความเค็มและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมงกะพรุนถ้วย หางขนก่อน เนื่องจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างจากธรรมชาติ นั้น มีช่วงความเค็มและอุณหภูมิอยู่ในช่วงกว้าง แต่ช่วงการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมงกะพรุนจะอยู่ในช่วงแคบ ซึ่งพบว่าช่วงความเค็มและอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ที่ระดับความเค็มอยู่ระหว่าง 20-30 ppt และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส และจึงเริ่มดำเนินการศึกษาวิจัยโดยการวัดขนาดและบันทึกภาพของพลาเนลล่า ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Compound microscope)

2.1.2.3 ในระหว่างการศึกษาวจรชีวิต การให้อาหารจะให้อาหารเป็นอาร์ทีเมียแรกฟักโดยให้จนกว่าจะอิ่ม จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ความถี่ในการให้อาหาร จะให้ทุกเช้าเวลา 09.00 น. วันเว้นวัน ปริมาณการให้จะเท่ากันทุกการทดลอง และจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตอนบ่าย ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำเค็มใหม่ให้ได้ระดับเดิม น้ำเค็มที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะกรองผ่านไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร

2.1.2.4 ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ วัดขนาด ระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพัฒนาการ บันทึกภาพ บันทึกวันเดือนปีที่พบการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ และผลของคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 3-1) ซึ่งจะอยู่ในรายละเอียดการเก็บข้อมูล และประเมินผลการทดลองต่อไปนี้

2.1.3 การเก็บข้อมูลและการประเมินผลการทดลอง

ในระหว่างการศึกษาวจรชีวิต จะทำการศึกษาในแต่ละระยะ โดยทำการสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ ขนาด และระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละระยะพัฒนาการ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมสเกลวัดขนาด และทำการบันทึกภาพจากกล้องจุลทรรศน์โดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลบันทึกภาพต่อกับอุปกรณ์ปรับต่อกับเลนส์ตากล้องจุลทรรศน์ (Adapter for microscope) ทุกวัน โดยใช้เวลาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไม่เกิน 10 นาที เพื่อป้องกันผลกระทบ

ต่อพัฒนาการของแมงกะพรุน (Liu & Lo, 2009) และนำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์ถึงระยะการ
พัฒนาการของตัวอ่อนแมงกะพรุน ซึ่งในแต่ละระยะพัฒนาการจะมีการสังเกตการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

**2.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการในแต่ละระยะ โดยใช้ตัวอย่างแมงกะพรุนวัย
อ่อนแต่ละระยะ จำนวน 10 ตัวอย่าง**

2.1.3.1.1 ระยะพลาเนลล่า บันทึกภาพรูปร่างลักษณะทั่วไปของพลาเนลล่า สี และ
ลักษณะการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่า

2.1.3.1.2 ระยะไซฟิสโตมา สังเกตลักษณะรูปร่าง สี จำนวนหนวด
ของไซฟิสโตมา และลักษณะการกินอาหาร รูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา
แมงกะพรุนด้วยทางขุ่นว่าเป็นรูปแบบใด เช่น การสร้างซีสต์ โปโคซีสต์ การแตกหน่อ และการแตก
หน่อแบบสโตรลอน เป็นต้น

2.1.3.1.3 การพัฒนาไปเป็นระยะสโตรบิลล่า มีลักษณะการแบ่งชั้น
(Strobilation) บริเวณแผ่นปากเป็นแบบใด (Type of strobilation) เช่น Monodisk strobilation
หรือ Polydisk strobilation เป็นต้น

2.1.3.1.4 ระยะเอพิรา สังเกตรูปร่าง สี จำนวนการเกิดเอพิราต่อสโตรบิลล่า
จำนวนแล็ปเพท และลักษณะทั่วไปของแล็ปเพท ลักษณะการเคลื่อนที่ และการกินอาหารของเอพิรา

2.1.3.1.5 ระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ในระยะนี้จะมีการ
เปลี่ยนแปลงจากระยะเอพิราไปเป็นระยะที่มีรูปร่าง มีการพัฒนาลักษณะทั่วไปของโครงสร้างที่
สำคัญ เช่น ร่ม การพัฒนาระบบท่อ จำนวนรยางค์ ลักษณะเฉพาะของเมดูซ่าแมงกะพรุนด้วยทางขุ่น
ลักษณะการเคลื่อนที่ และการกินอาหาร

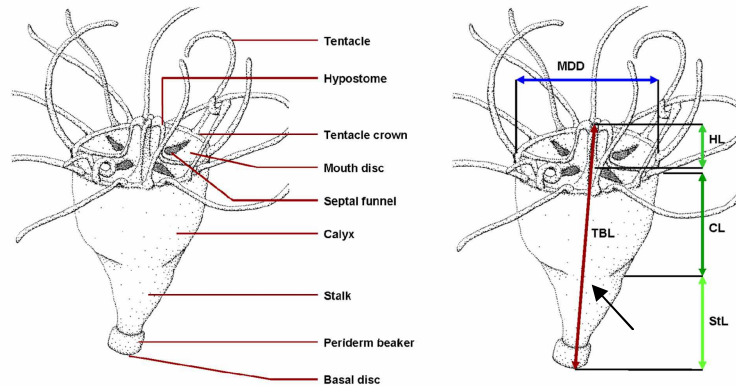
2.1.3.1.6 ทำการบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมสเกลวัดขนาด
และข้อมูลวัน เดือน ปี ที่พบการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ

2.1.3.2 การวัด

ทำการวัดขนาดตัวอย่างแต่ละระยะพัฒนาการ โดยใช้วิธีการถ่ายภาพเทียบกับ
สเกลวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และทำการบันทึกภาพจากกล้องจุลทรรศน์โดย
ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลฉบับบันทึกภาพต่อกับอุปกรณ์ปรับต่อกับเลนส์ตากล้องจุลทรรศน์ ใช้เวลา
สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไม่เกิน 10 นาที เพื่อป้องกันผลกระทบต่อพัฒนาการของแมงกะพรุน
นำข้อมูลที่ได้จากการวัดขนาดของแต่ละระยะมาหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD) ซึ่งการ
วัดขนาดในระยะต่าง ๆ จะแตกต่างกัน ดังนี้

2.1.3.2.1 การวัดขนาดของพลาเนลล่า ทำการวัดความยาวและความกว้างของ
พลาเนลล่า

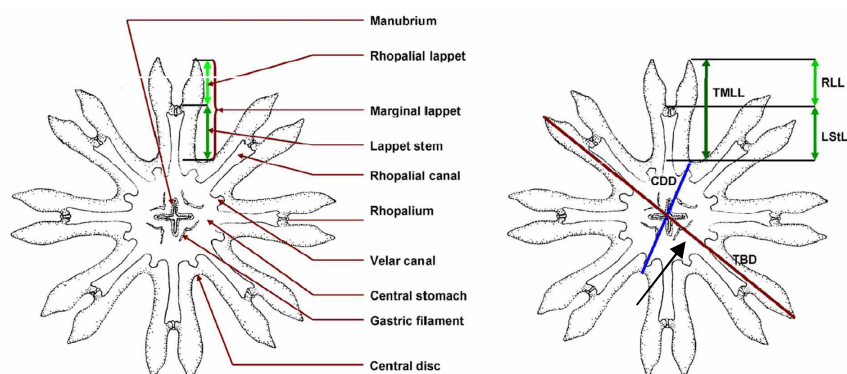
2.1.3.2.2 การวัดขนาดของไซฟิสโตมา ทำการวัดความยาวทั้งหมด (Total body length; TBL) ทำการบันทึกภาพพร้อมสเกล เมื่อไซฟิสโตมาอยู่ในระยะที่มีการยึดตัว และหนดอย่างเต็มที่ โดยทำการวัดจากฐาน (Basal disc) จนถึง Hypostome (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 การวัดขนาดไซฟิสโตมาจากฐาน จนถึง Hypostome

ที่มา: Straehler-Pohl et al. (2011)

2.1.3.2.3 การวัดขนาดเอพ็ร่า ทำการบันทึกภาพพร้อมสเกล เมื่อเอพ็ร่ามีการขยายตัวได้เต็มที่ โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Total body diameter; TBD) ของเอพ็ร่า ทำการวัดจากปลายของเส้นเพทด้านหนึ่ง ผ่านศูนย์กลางไปยังอีกปลายของเส้นเพทด้านตรงข้ามกัน (ภาพที่ 3-2) ดังนี้



ภาพที่ 3-2 การวัดขนาดเอพ็ร่า

ที่มา: Straehler-Pohl et al. (2011)

2.1.3.2.4 การวัดขนาดในระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ทำการบันทึกภาพพร้อมสเกล เมื่อตัวเต็มวัยมีการขยายตัวได้เต็มที่ โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของร่มกะพ룬 จากขอบร่มหนึ่งผ่านจุดศูนย์กลางไปยังขอบร่มอีกด้านตรงข้ามกัน (ภาพที่ 3-3)



ภาพที่ 3-3 การวัดขนาดเมดูซ่า

ที่มา: Holst et al. (2012)

2.1.4 บันทึกข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

ในระหว่างการทดลองจะทำการบันทึกค่าคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 พารามิเตอร์ที่ตรวจวัดคุณภาพน้ำ หน่วย และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
<u>วันเว้นวัน</u>		
อุณหภูมิ	°C	Thermometer ชนิดวัดค่าสูงสุด – ต่ำสุด ในรอบวัน ยี่ห้อ FUJI รุ่น MAXIMA – MINIMA
ความเค็ม	ppt	Salinity-refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น Master - S/millM Cat. No. 2493
ความเป็นกรดเป็นด่าง	-	pH meter ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น SG2-FK SevenGO pH

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
ทุกสัปดาห์ (ดังภาคผนวก ก)		
แอมโมเนียรวม	mg/L as Nitrogen	Strickland and Parsons (1972)
ไนโตรเจน-ไนโตรเจน	mg/L as Nitrogen	Azo dye
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	mg/L	ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น SG2-FK SevenGO
ความแตกต่างของน้ำ	mg /L as CaCO ₃	Titration method (APHA, 1980)

2.1.5 การวิเคราะห์และสรุปผล

ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งด้านพัฒนาการ ขนาด (ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD)) และระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) มาเปรียบเทียบกับแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* และนำมาสรุปผลเพื่อให้ได้แผนภาพวงจรชีวิตและบรรยายลักษณะวงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) และเปรียบเทียบกับแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ ที่มีรายงานว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2.2 การทดลองที่ 2 การทดลองศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

2.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล มี 2 ปัจจัย (Factor) คือ อุณหภูมิ และความเค็ม แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ (Level) คือ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียสและความเค็ม 10, 20 และ 30 ppt รวม 9 ทริทเมนต์คอมบิเนชัน (Treatment combination) ในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชันแบ่งออกเป็น 9 ซ้ำ (Replicate) รวมทั้งหมด 81 หน่วยการทดลอง (Experimental unit) ซึ่งมีลักษณะการวางแผนการทดลอง (ตารางที่ 3-2) เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา ระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมา และจำนวนเอฟิราที่เกิดขึ้น

โดยเริ่มทำการทดลองตั้งแต่ระยะไซพิสโตมา และสิ้นสุดการทดลองเมื่อครบกำหนด 30 วัน (Liu & Lo, 2009; Pitt, 2000; Willcox, Moltschaniwskyl, & Crawford, 2007)

ตารางที่ 3-2 ลักษณะการวางแผนการทดลอง

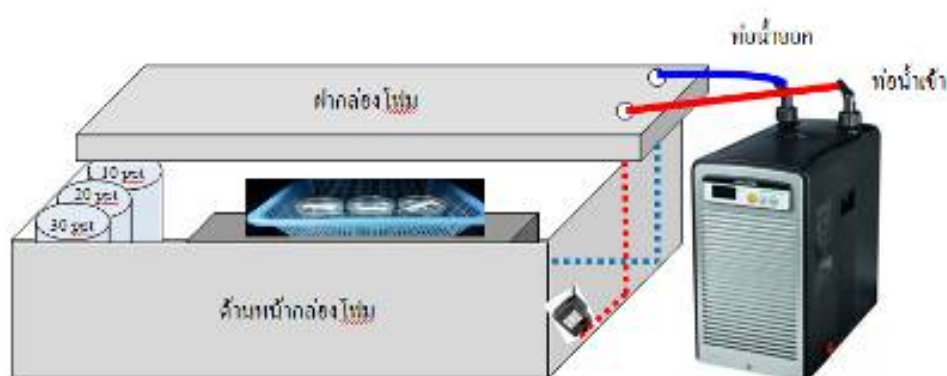
ปัจจัย A อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปัจจัย B ความเค็ม (ppt)
20 (a1)	10 (b1)
20 (a1)	20 (b2)
20 (a1)	30 (b3)
25 (a2)	10 (b1)
25 (a2)	20 (b2)
25 (a2)	30 (b3)
30 (a3)	10 (b1)
30 (a3)	20 (b2)
30 (a3)	30 (b3)

2.2.2 การเตรียมการทดลอง

2.2.2.1 การเตรียมตัวอย่างไซพิสโตมา ทำการรวบรวมพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วย หางขนและนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ตัวอ่อนพลาเนูล่าเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 (ข้อ 2.1.2.1) หลังจากพลาเนูล่าเกาะและพัฒนาเป็นระยะไซพิสโตมาแล้ว ในระหว่างการเตรียมไซพิสโตมาเพื่อใช้ในการทดลอง จะให้อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหาร ความถี่ในการให้อาหาร จะให้ทุกเช้าเวลา 09.00 น. วันเว้นวัน และจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตอนบ่าย ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำใหม่ให้ได้ระดับเดิม น้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะกรองผ่านไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร เมื่อไซพิสโตมา มีการพัฒนาจำนวนหนวดได้ 16 หนวด (Webster & Lucas, 2012) จึงทำการย้ายไซพิสโตมาลงภาชนะพลาสติกใสที่ใช้ในการทดลอง ขนาดกว้าง x ยาว x สูง (5x5x2) เซนติเมตร ที่ความจุ 50 มิลลิลิตร และมีรายละเอียดต่อไป ดังนี้

2.2.2.2 การเตรียมอุณหภูมิน้ำตามที่กำหนด จะใช้เครื่องปรับลดอุณหภูมิน้ำ (Chiller) ต่อกับกล่องโฟม โดยใช้กล่องโฟม (ขนาดกว้าง x ยาว x สูง (45.7x60.9x31.7 เซนติเมตร

ขอบแต่ละด้านหนา 3.3 เซนติเมตร ตามลำดับ ปริมาตรความจุน้ำเท่ากับ 88.2 ลิตร) 1 ใบต่อ 1 ระดับ
 อุณหภูมิ (ภาพที่ 3-4) โดยทำการปรับระดับอุณหภูมิได้ตามที่กำหนด คือ 20, 25 และ 30
 องศาเซลเซียส โดยในการทดลองนี้ทำการออกแบบติดตั้งเครื่องปรับลดอุณหภูมิน้ำกับกล่องโฟม
 ซึ่งภายในกล่องโฟมจะมีเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก (Water pump) เพื่อสูบน้ำเข้าสู่เครื่องปรับลด
 อุณหภูมิ และน้ำจะไหลจากเครื่องปรับลดอุณหภูมิสู่ภายในกล่องโฟม เป็นการหมุนเวียนน้ำที่มีการ
 ควบคุมอุณหภูมิแบบระบบปิด และภายในกล่องโฟมจะมีตู้กระจก (ขนาดกว้าง x ยาว x สูง
 (21 x 31 x 20.3) เซนติเมตร) เพื่อใช้เป็นภาชนะพลาสติกใสที่ใส่ไซฟิสโตมาที่ใช้ในการทดลอง
 ระดับน้ำภายในกล่องโฟมจะมีความสูงเท่ากับระดับน้ำภายในภาชนะพลาสติกใสเพื่อให้
 ไซฟิสโตไม่มีระดับอุณหภูมิตามที่กำหนด นอกจากนี้ภายในกล่องโฟมจะมีกระบอกบรรจุน้ำเค็ม
 (ปริมาตรความจุน้ำ 1 ลิตร) ผ่านการกรองและปรับระดับความเค็มตามระดับความเค็มที่กำหนด คือ
 10, 20 และ 30 ppt เพื่อให้อุณหภูมิน้ำในกระบอกบรรจุน้ำเค็มเท่ากับอุณหภูมิน้ำในภาชนะพลาสติก
 ที่ใส่ไซฟิสโตมาทดลอง ในระหว่างการทดลองจะทำการปิดฝากล่องโฟม เพื่อลดการเปลี่ยนแปลง
 ของอุณหภูมิในรอบวัน และเครื่องวัดอุณหภูมิ (เทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดค่าสูงสุด – ต่ำสุด ในรอบวัน)
 บันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน



ภาพที่ 3-4 รูปแบบการใช้เครื่องปรับลดอุณหภูมิน้ำภายในกล่องโฟม

2.2.2.3 เตรียมน้ำเค็มเพื่อใช้ในการทดลอง โดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติที่ผ่านการ
 กรองด้วยทราย เพื่อกำจัดการตะกอนออก และพักไว้ในบ่อ จากนั้นจึงนำน้ำทะเลที่ได้กรองผ่าน
 ไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร เพื่อกรองตะกอนขนาดเล็ก สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมถึงแพลงก์ตอน
 เป็นต้น เมื่อได้น้ำทะเลที่ผ่านการกรอง จึงทำการปรับระดับความเค็มตามที่กำหนด ที่ระดับความ
 เค็มแตกต่างกันคือ 10, 20 และ 30 ppt

2.2.2.4 นำไซฟิสโตมาที่ได้ (จากข้อ 2.2.2.1) ใช้หลอดหยดดูดแยกไซฟิสโตมา

ออกจากวัสดุที่ลงเกาะ เพื่อแยกไซฟิสโตมา้ออกมาทดลอง นำไซฟิสโตมาใส่ในภาชนะพลาสติกใส มีฝาปิด ขนาด 5x5x2 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ที่ปริมาตรความจุ 50 มิลลิลิตร ใช้จำนวน ไซฟิสโตมาในการทดลอง 1 ไซฟิสโตมาต่อ 1 ภาชนะพลาสติกใส (ภาชนะทดลอง) จำนวนทั้งสิ้น 81 หน่วยการทดลอง (81 ไซฟิสโตมา) และนำไซฟิสโตมาที่ได้มาปรับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายในกล่องโฟมที่ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดอุณหภูมิน้ำ (จากข้อ 2.2.2.2) และความเค็ม 5 ppt ทุกวัน จนได้อุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนดในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชัน จากนั้นพักไซฟิสโตมาไว้ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนดในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชัน ไว้ 1 สัปดาห์ โดยไม่ให้อาหาร เพื่อให้ไซฟิสโตมามีการปรับตัวตามสภาพที่ทำการทดลอง (Liu & Lo, 2009) และจึงเริ่มทำการทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน

2.2.2.5 การให้อาหาร ให้อาหารเป็นอาร์ทีเมียแรกฟักโดยให้จนกว่าจะอิ่ม (Purcell et al., 1999) จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ความถี่ในการให้อาหาร จะให้ทุกเช้าเวลา 09.00 น. วันเว้นวัน ปริมาณการให้จะเท่ากันทุกการทดลอง (81 หน่วยการทดลอง) และจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตอนบ่าย ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำใหม่ให้ได้ระดับเดิม น้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จะกรองผ่านไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร ความเค็มที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะแตกต่างกันตามที่กำหนด คือ 10, 20 และ 30 ppt

2.2.2.6 เมื่อพบการแบ่งตัวหรือการแตกหน่อของไซฟิสโตมา และมีการเกิดเอพิรา จึงแยกออกจากหน่วยการทดลอง (Purcell et al., 1999; Purcell, 2007; Purcell, 2012)

2.2.3 การเก็บข้อมูลและการประเมินผลการทดลอง

ในระหว่างการทดลองจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลการทดลองทุกวัน และทำการบันทึกค่าคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 3-1)

2.2.3.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา ว่ามีลักษณะการมีการแบ่งตัว หรือแตกหน่อเป็นแบบใด เช่น ซีสต์, โฟโดซิสต์, การแตกหน่อ และการแตกหน่อแบบสโตลอน เป็นต้น และนับจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่พบในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชัน และระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมา

2.2.3.2 นับจำนวนเอพิราที่พบในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชัน

2.2.4 การวิเคราะห์และสรุปผล

จากการศึกษาปัจจัยร่วมกัน 2 ปัจจัย ระหว่างปัจจัยด้านอุณหภูมิ ที่ระดับ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส ร่วมกับปัจจัยด้านความเค็มที่ระดับ 10, 20 และ 30 ppt ด้วยการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ทำการสังเกตและบันทึกจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ

ไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน เช่น ซีสต์, โฟโคซิสต์, การแตกหน่อ และการแตกหน่อแบบสโตลอน เป็นต้น ระยะเวลาอยู่รอดของไซพิสโตมา และจำนวนเอพ็ีราทุกวัน เป็นระยะเวลา 30 วัน นำข้อมูลค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (\pm SE) ของจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซพิสโตมาที่เกิดขึ้นแต่ละรูปแบบ (ค่าเฉลี่ย \pm SE) ของระยะเวลาการอยู่รอดของไซพิสโตมา และ (ค่าเฉลี่ย \pm SE) ของจำนวนเอพ็ีราที่พบ มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วย Multiway ANOVA แบบ Fixed Factor และอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่ทำการศึกษา (Multiple comparisons test) ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์และวิจัยข้อมูลทางสถิติ Minitab License code 2ec6-9b37-1508-0264-2c55-c33

2.3 การทดลองที่ 3 การทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพ็ีราแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

2.3.1 การวางแผนการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองในการทดลองที่ 2 พบว่าไม่มีการเกิดสโตรบิล่า จึงไม่พบเอพ็ีราในระหว่างการทดลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดลองเพิ่มเติม โดยใช้ช่วงข้อมูลที่ดีที่สุดจากการเกิดจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนจากการทดลองที่ 2 นำมาวางแผนการทดลองโดยกำหนดระดับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมีช่วงความถี่มากขึ้น ดังนี้วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล มี 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ และความเค็ม โดยอุณหภูมิมี่ 4 ระดับ คือ 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส และความเค็มมี 10 ระดับ คือ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt จำนวน 40 ทริทเมนต์คอมบิเนชัน ในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 120 หน่วยทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลเฉพาะจำนวนเอพ็ีราที่พบในระหว่างการทดลอง ซึ่งมีลักษณะการวางแผนการทดลอง (ตารางที่ 3-3)

ตารางที่ 3-3 ลักษณะการวางแผนการทดลองที่ 3

ปัจจัย A อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปัจจัย B ความเค็ม (ppt)
26 (a1)	10 (b1)
	12 (b2)
	14 (b3)
	16 (b4)
	18 (b5)
	20 (b6)
	22 (b7)
	24 (b8)
	26 (b9)
	28 (b10)
27 (a2)	10 (b1)
	12 (2)
	14 (b3)
	16 (b4)
	18 (b5)
	20 (b6)
	22 (b7)
	24 (b8)
	26 (b9)
	28 (b10)

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ปัจจัย A อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปัจจัย B ความเค็ม (ppt)
28 (a3)	10 (b1)
	12 (b2)
	14 (b3)
	16 (b4)
	18 (b5)
	20 (b6)
	22 (b7)
	24 (b8)
	26 (b9)
	28 (b10)
29 (a4)	10 (b1)
	12 (2)
	14 (b3)
	16 (b4)
	18 (b5)
	20 (b6)
	22 (b7)
	24 (b8)
	26 (b9)
	28 (b10)

2.3.2 การเตรียมการทดลอง

2.3.2.1 การเตรียมตัวอย่างไซฟิสโตมา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

2.3.2.2 การเตรียมอุณหภูมิน้ำในแต่ละชุดการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

แต่มีการปรับระดับอุณหภูมิใหม่มีช่วงความถี่มากขึ้น คือ อุณหภูมิที่ระดับ 26, 27, 28 และ 29

องศาเซลเซียส นอกจากนี้ภายในกล่องโพนจะมีกระบอกพลาสติกบรรจุน้ำเค็มผ่านการกรอง และปรับระดับความเค็มตามที่กำหนดในการทดลอง คือ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt

2.3.2.3 เตรียมน้ำเค็มเพื่อใช้ในการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 แต่กำหนดระดับความเค็มตามที่กำหนดไว้ในในการทดลองนี้ (10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt)

2.3.2.4 นำไซฟิสโตมาที่ได้ (จากข้อ 2.3.2.1) มาแยกทดลองเลี้ยงในภาชนะพลาสติกใสมีฝาปิดขนาดขนาดกว้าง x ยาว x สูง (5x5x2) เซนติเมตร ความจุน้ำ 50 มิลลิลิตร ที่ความหนาแน่น 1 ไซฟิสโตมาต่อ 1 ภาชนะทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 120 หน่วยการทดลอง (120 ไซฟิสโตมา) และนำไซฟิสโตมาที่เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วมาปรับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายในกล่องโพนที่ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดอุณหภูมิ (จากข้อ 2.2.2.2) และความเค็ม 5 ppt ทุกวัน จนได้อุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนดในแต่ละชุดการทดลอง จากนั้นพักไซฟิสโตมาไว้ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มตามที่กำหนดไว้ 1 สัปดาห์ โดยไม่ให้อาหาร เพื่อให้ไซฟิสโตมามีการปรับตัวตามสภาพที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 และจึงเริ่มทำการทดลอง

2.3.2.5 การให้อาหาร เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 คือ จะให้อาหารเป็นอาร์ทีเมียแรกฟักโดยให้จนกว่าจะอิ่ม ความถี่ในการให้อาหาร จะให้ทุกเช้าเวลา 09.00 น. วันเว้นวัน ปริมาณการให้จะเท่ากันทุกการทดลอง (120 หน่วยการทดลอง) และจะทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำในตอนบ่าย ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำใหม่ให้ได้ระดับเดิม น้ำที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะกรองผ่านไส้กรองขนาด 5 ไมโครเมตร ความเค็มที่ใช้ในการเปลี่ยนถ่ายน้ำจะแตกต่างกันตามชุดการทดลอง คือ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt

2.3.2.6 เมื่อพบเอฟิรา จึงแยกออกจากการทดลอง

2.3.3 การเก็บข้อมูลและการประเมินผลการทดลอง

ในระหว่างการทดลองจะทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลการทดลองทุกวัน และทำการบันทึกค่าคุณภาพน้ำ (ตารางที่ 3-1) และนับจำนวนเอฟิราที่พบในแต่ละการทดลอง

2.3.4 การวิเคราะห์และสรุปผล

จากการศึกษาปัจจัยร่วมกัน 2 ปัจจัย ระหว่างปัจจัยด้านอุณหภูมิ ที่ระดับ 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับปัจจัยด้านความเค็มที่ระดับ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt ด้วยการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล บันทึกจำนวนเอฟิราที่พบ และนำข้อมูล (ค่าเฉลี่ย \pm SE) ของจำนวนเอฟิรามาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วย Multiway ANOVA แบบ Fixed factor และอิทธิพลร่วมของปัจจัยที่ทำการศึกษา (Multiple comparisons test) ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์และวิจัยข้อมูลทางสถิติ Minitab License code 2ec6-9b37-1508-0264-2c55-c33

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยง สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

4. ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

เดือนสิงหาคม 2559 – เดือนกุมภาพันธ์ 2560

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 วงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน

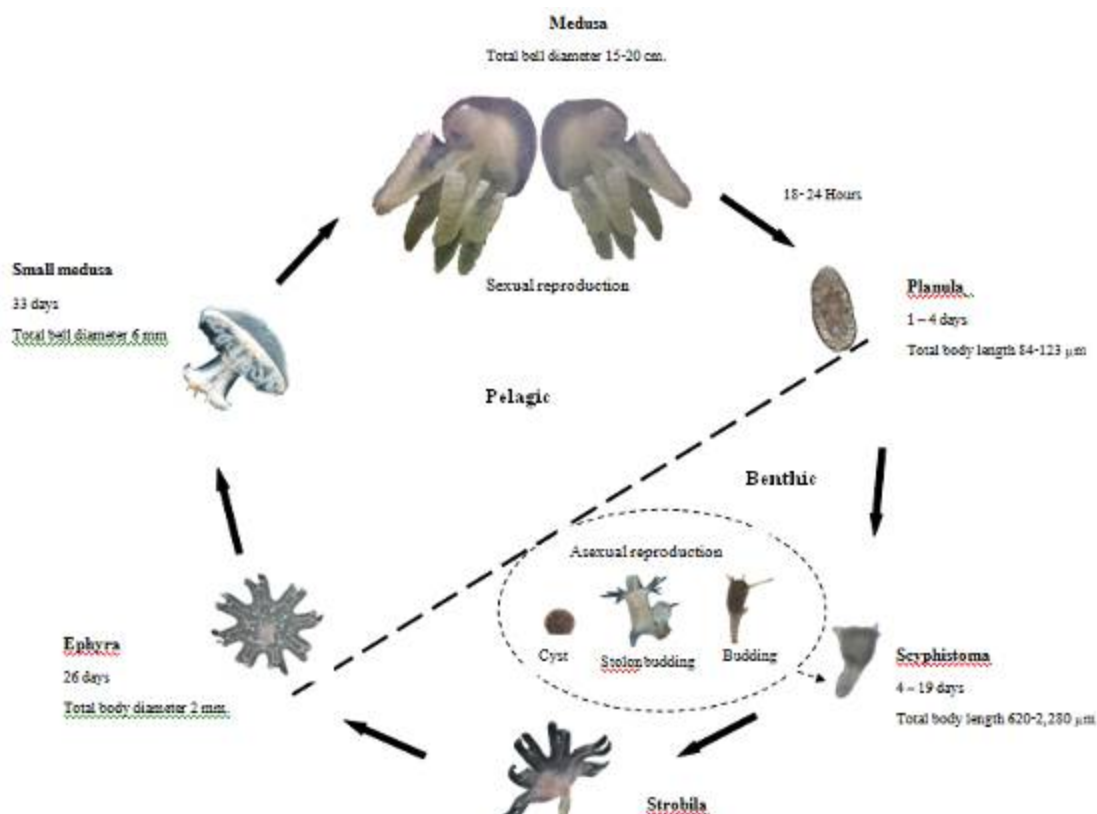
A. flagellatus (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

1. วงจรชีวิตแมงกะพรุนถ้วยหางขน

การศึกษาวงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขนภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ เริ่มตั้งแต่ นำพ่อแม่จากจากรธรรมชาติเข้ามาเลี้ยงในภาชนะกักขัง เพื่อให้ปล่อยไข่และเสปิร์ม และเกิดการปฏิสนธิกลายเป็น ไซโกต และพัฒนาเข้าสู่ระยะพลาเนลล่า จนถึงระยะที่มีลักษณะรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็กที่มีขนาดรัศมีผ่านศูนย์กลางรัศมีตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรเป็นต้นไป ภายใต้สภาวะแวดล้อมของการทดลอง ดังนี้ คือ ที่ระดับความเค็มอยู่ระหว่าง 20-30 ppt อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.30-8.00 ค่าแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.111-0.339 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ค่าไนโตรเจนไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.001-0.021 mg/L ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) อยู่ระหว่าง 90-100 mg/L และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ระหว่าง 3.40-4.55 mg/L (ดังตารางภาคผนวก ก-1) และทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงระยะพัฒนาการ ขนาด (ซึ่งในการทดลองนี้รายงานเป็นค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD)) และระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละระยะพัฒนาการ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมสเกลวัดขนาด และภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลที่บันทึกไว้ พร้อมสเกลวัดขนาด สามารถสรุปเป็นวงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยหางขนได้ดังนี้

พ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน ที่มีเซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์โดยมีขนาดรัศมีผ่านศูนย์กลางรัศมีตั้งแต่ 8 เซนติเมตรเป็นต้นไป เมื่อนำมาปล่อยรวมกันไว้ในถังเลี้ยง จะเกิดการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) ด้วยการปล่อยไข่และเสปิร์มออกมาในน้ำ ภายในระยะเวลา 18-24 ชั่วโมง การปฏิสนธิจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจะเกิดการแบ่งเซลล์ และพัฒนาเข้าสู่ระยะต่างๆ ดังนี้คือ ระยะพลาเนลล่า (Planula) ซึ่งเป็นระยะที่ตัวอ่อนสามารถว่ายน้ำได้ ระยะไซฟิสโตมา (Scyphistoma) หรือระยะโพลิป (Polyp) เป็นระยะที่ตัวอ่อนลงเกาะอยู่กับวัตถุใต้น้ำ ในระยะนี้แมงกะพรุนจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) ได้แก่ การแตกหน่อ (Budding) การแตกหน่อแบบสโตลอน (Stolon budding) และการสร้างซิสต์ (Cyst) หลังจากนั้นไซฟิสโตมาจะเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะสโตรอบิล่า (Strobila) สังเกตได้จากการเกิด

การแบ่งตัวตามขวางของลำตัวบริเวณแผ่นปาก และเป็นระยะสุดท้ายที่ตัวอ่อนจะใช้ชีวิตแบบเกาะ
 นิ่งอยู่กับที่ ระยะเอฟิรา (Ephyra) เป็นระยะที่ตัวอ่อนของแมงกะพรุนเริ่มใช้ชีวิตเป็นแพลงก์ตอน
 โดยเอฟิราจะหลุดออกมาจากสโตรบิล่า ซึ่งเอฟิราจะเจริญเติบโตไปสู่ระยะที่มีรูปร่างลักษณะแบบ
 เมดูซ่าขนาดเล็ก (Small medusa) ที่จะเจริญเติบโตต่อไปเป็นตัวเต็มวัยและเกิดการสืบพันธุ์แบบ
 อาศัยเพศอีกครึ่งหนึ่ง (ภาพที่ 4-1)



ภาพที่ 4-1 วงจรชีวิตแมงกะพรุนถ้วยหางขน

2. การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการในแต่ละระยะ ขนาด และระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง ของแต่ละระยะพัฒนาการ

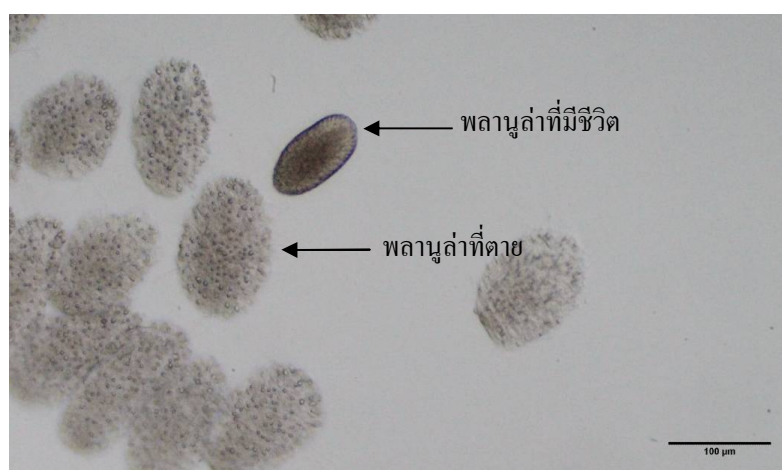
2.1 ระยะพลาเนลล่า

หลังจากพ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกันในน้ำ จะเกิดการแบ่ง
 เซลล์และพัฒนาเป็นตัวอ่อนพลาเนลล่าภายใน 18-24 ชั่วโมง พลาเนลล่าจะลอยอยู่ในน้ำเป็น
 ระยะเวลาประมาณ 4 วัน จึงจะเริ่มลงเกาะกับวัสดุและเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นระยะไซฟิสโตมา
 ต่อไป ลักษณะของพลาเนลล่ามีรูปร่างเป็นวงรี มีซิเลีย (Cilia) รอบตัว ทำให้พลาเนลล่าเคลื่อนที่ในมวล
 น้ำได้อย่างรวดเร็ว ในระยะนี้ยังไม่มีการพัฒนาอวัยวะต่าง ๆ พบเพียงลักษณะโครงสร้างเนื้อเยื่อที่

แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ เนื้อเยื่อชั้นนอก (Ectoderm) เนื้อเยื่อชั้นใน (Endoderm) ลักษณะใสไม่มีสี และเนื้อเยื่อตรงกลาง (Mesoglea) ที่มีลักษณะทึบแสง ขนาดของพลาเนลล่ามีความยาวอยู่ระหว่าง 84–123 ไมโครเมตร (ความยาวเฉลี่ย (\pm SD) เท่ากับ 97 ± 12 ไมโครเมตร ($n=10$)) และความกว้างอยู่ระหว่าง 49–63 ไมโครเมตร (ความกว้างเฉลี่ย (\pm SD) เท่ากับ 59 ± 5 ไมโครเมตร ($n=10$))(ภาพที่ 4-2) ซึ่งเมื่อพลาเนลล่าใกล้จะลงเกาะ จะพบว่าทั้งพลาเนลล่าที่มีชีวิตและตาย โดยพลาเนลล่าที่มีชีวิตจะสังเกตเห็นได้จากลักษณะการแบ่งชั้นเนื้อเยื่อ 3 ชั้นอย่างชัดเจน และมีการเคลื่อนไหวในมวลน้ำ แต่พลาเนลล่าที่ตาย เซลล์ภายในเนื้อเยื่อจะแตก ไม่มีการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ (ภาพที่ 4-3)

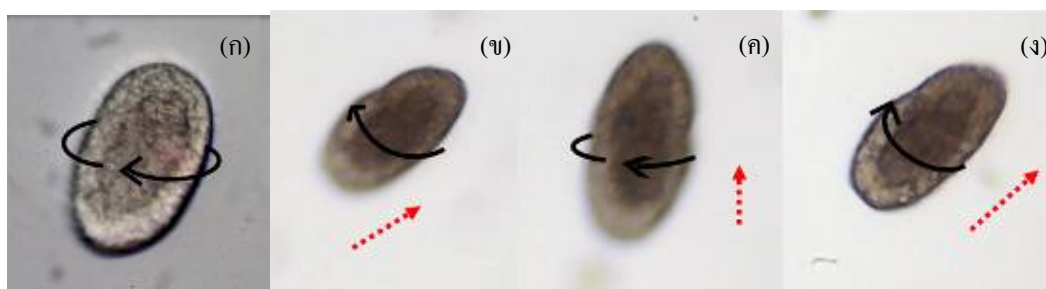


ภาพที่ 4-2 พลาเนลล่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขน



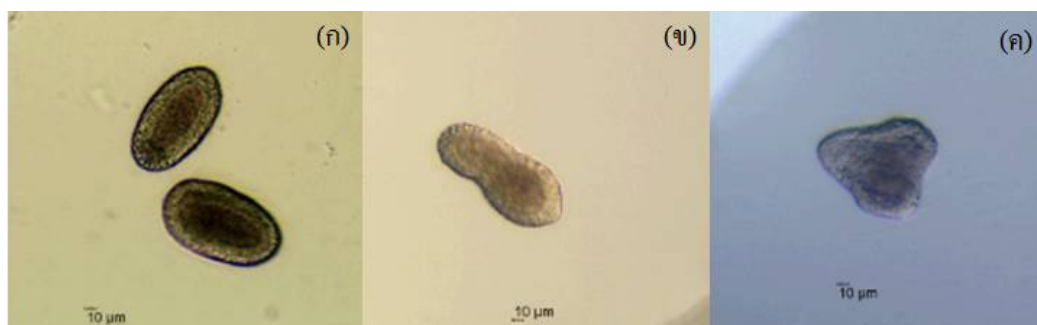
ภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบความแตกต่างพลาเนลล่าที่มีชีวิต และพลาเนลล่าที่ตายของแมงกะพรุนถ้วยหางขน

การเคลื่อนที่ พลาเนลล่าจะมีการเคลื่อนที่ไปในมวลน้ำอยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยซีเลียที่อยู่โดยรอบลำตัว ทิศทางการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าเมื่ออยู่บริเวณผิวน้ำ จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในลักษณะการหมุนรอบตัวเองตามแกนยาวของลำตัว (Longitudinal axis) ในแนวนอน ซึ่งแตกต่างจากการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ เพราะพลาเนลล่าจะหมุนรอบตัวเองตามแกนยาวของลำตัวในลักษณะลำตัวพลาเนลล่าตั้งตรงขึ้น หมุนขึ้นและเอียงตัวลง และหมุนขึ้นใหม่อีกครั้งเป็นจังหวะสม่ำเสมอ (ภาพที่ 4-4) และพลาเนลล่ายังไม่มีการพัฒนาอวัยวะต่าง ๆ จึงยังไม่สามารถกินอาหารได้



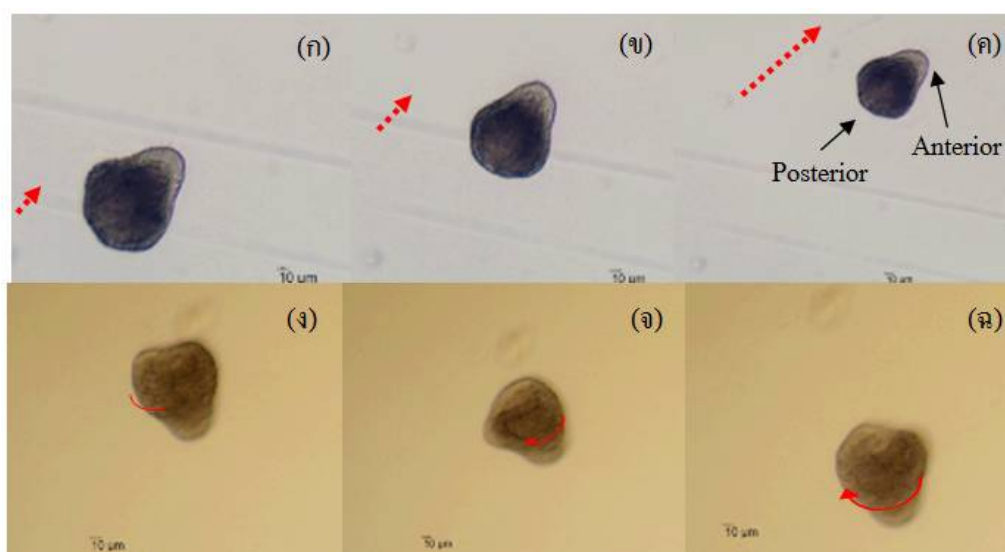
ภาพที่ 4-4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขนเมื่ออยู่บริเวณผิวน้ำ (ก) การเคลื่อนที่จากมวลน้ำขึ้นสู่บริเวณผิวน้ำ (ข-ง)

เมื่อพลาเนลล่ามีอายุได้ราว 4 วัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และพฤติกรรม โดยลงเกาะกับวัสดุหรือพื้นภาชนะทดลอง (Settlement) และเปลี่ยนแปลงรูปร่างเข้าสู่ระยะไซพิสโตมา กระบวนการนี้สามารถสังเกตจากลักษณะตัวอ่อนพลาเนลล่าเริ่มมีการคอดของเซลล์บริเวณกลางลำตัว ลักษณะลำตัวจึงยืดยาวขึ้นเล็กน้อย มีความยาวอยู่ระหว่าง 92-113 ไมโครเมตร ซึ่งมีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 100 ± 6 ไมโครเมตร ($n=10$) ความกว้างอยู่ระหว่าง 74-94 ไมโครเมตร ความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 85 ± 5 ไมโครเมตร ($n=10$) (ภาพที่ 4-5 ข) และเมื่ออายุ 3-4 วัน พลาเนลล่าจะมีการคอดของเซลล์มากขึ้น รูปร่างหดสั้นลง คล้ายลูกชมพู่ คือ บริเวณปลายด้านบน (Anterior) จะเรียวมน ส่วนท้าย (Posterior) จะป้านใหญ่ (ภาพที่ 4-5 ค) ขนาดความยาวอยู่ระหว่าง 80-111 ไมโครเมตร ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 98 ± 8 ไมโครเมตร ($n=10$) ความกว้างอยู่ระหว่าง 61-90 ไมโครเมตร ความกว้างเฉลี่ยเท่ากับ 76 ± 9 ไมโครเมตร ($n=10$)



ภาพที่ 4-5 พัฒนาการของพลาเนลล่าของแมงกะพรุนด้วยหางขนก่อนลงเกาะกับวัสดุพลาเนลล่ารูปร่างทรงรี (ก) พลาเนลล่าเริ่มมีการคอดเซลล์ (ข) พลาเนลล่าเริ่มเปลี่ยนรูปร่าง (ค)

พฤติกรรมเคลื่อนที่จะเปลี่ยนไป คือ เคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองในแนวตั้ง หมุนรอบตัวเองในแนวตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) อัตราการหมุนรอบตัวเองช้าลง (ภาพที่ 4-6 ง, จ, ฉ) เพื่อเตรียมลงเกาะและพัฒนาเป็นระยะไซฟิสโตมาต่อไป

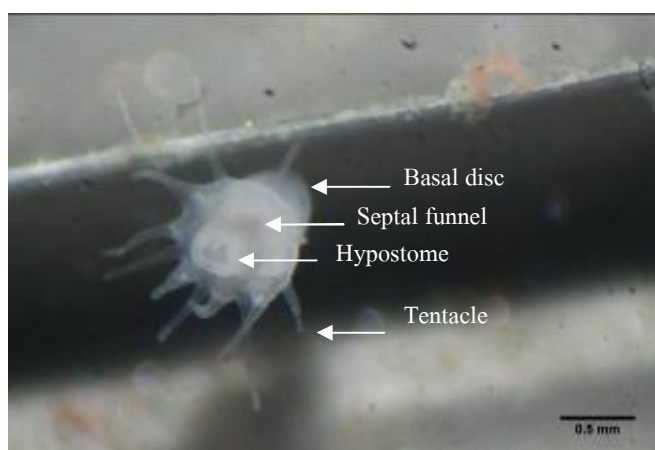


ภาพที่ 4-6 พลาเนลล่าเพิ่งเปลี่ยนรูปร่างและเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อหาที่ลงเกาะ (ก-ค) พลาเนลล่าที่กำลังลงเกาะจะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวเองบนวัสดุ (ง-ฉ)

2.2 ระยะไซฟิสโตมา และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

เมื่อพลาเนลล่าลงเกาะกับวัสดุแล้ว เมื่ออายุ 13-19 วัน จะพัฒนาเป็นเข้าสู่ระยะ

ไซฟิสโตมาที่สมบูรณ์ (Fully developed scyphistoma) โดยมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้ง ปลายด้านล่าง (Basal disc) จะยึดติดกับก้นภาชนะทดลองหรือวัสดุและปลายด้านบนขยายใหญ่เป็นแผ่นปาก (Disc) ลักษณะคล้ายกระเปาะ มีหนวด (Tentacle) รอบ ๆ แผ่นปาก จำนวน 12-24 เส้น สีขาวขุ่น (ภาพที่ 4-7) พบการลงเกาะบนวัสดุหลายชนิด ได้แก่ เปลือกหอยนางรม แผ่นเซรามิก แผ่นพลาสติก และแผ่นกระจก



ภาพที่ 4-7 ไซฟิสโตมาระยะสมบูรณ์ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน

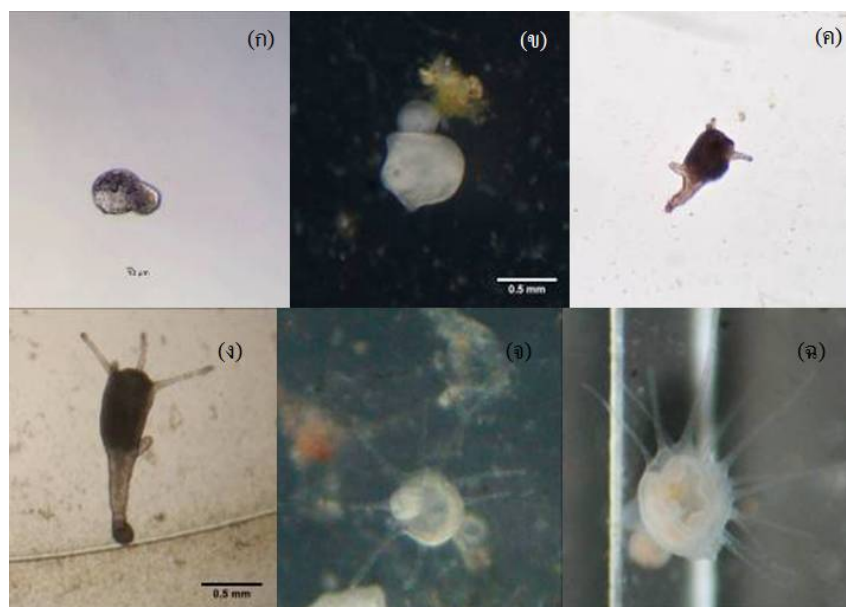
เนื่องจากรูปร่างของไซฟิสโตมา จะเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่เริ่มลงเกาะ จนถึงระยะไซฟิสโตมาระยะสมบูรณ์ จึงสามารถแบ่งระยะพัฒนาการของไซฟิสโตมาได้ 4 ระยะ ตามลักษณะของไซฟิสโตมา (ภาพที่ 4-8) ดังนี้

- ไซฟิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ (Newly metamorphosed scyphistoma) ในการทดลองนี้พบไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนถ้วยหางขนครั้งแรกเมื่ออายุ 4 วัน ไซฟิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ มีรูปร่างคล้ายกระบอก ที่บริเวณด้านตรงข้ามกับส่วนที่ยึดติดกับพื้นป่องออก (ภาพที่ 4-8 ก) หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยตัวเริ่มยืดออก จนเป็นก้านยาวคล้ายคอ (Stalk) ออกมาเชื่อมกับปลายด้านบนที่มีลักษณะคล้ายกระเปาะ (Calyx) บริเวณเซลล์รอบ ๆ แผ่นด้านบนกระเปาะ จะมีการยึดปูคของเซลล์ ลักษณะคล้ายตุ่มเซลล์ ออกมา 4 มุม ในลักษณะตั้งฉากกัน (ภาพที่ 4-8 ข, ค) ซึ่งเซลล์ที่ยึดปูคออกมาต่อไปนี้จะเจริญเติบโตไปเป็นหนวด (Tentacle) ในระยะนี้จะไม่มีการพัฒนาของปาก (Manubrium) จึงยังไม่กินอาหาร ระยะนี้ไซฟิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ จึงยังยึดเกาะกับวัสดุได้ไม่มั่นคงพอ สามารถหลุดออกจากที่ยึดเกาะได้ หากได้รับการกระทบกระเทือน จึงยังไม่มี การเปลี่ยนถ่ายน้ำในระยะนี้

- ไชฟิสโตมาหน้าขนาด 4 เส้น (Young scyphistoma or four-tentacled scyphistoma) พบเมื่ออายุ 5-6 วัน ไชฟิสโตมามีการพัฒนาหนวด และบริเวณคอยึดยาวขึ้นอย่างชัดเจน ทำให้ไชฟิสโตมามีขนาดยาวขึ้น (ภาพที่ 4-8 ง) และเริ่มมีการพัฒนาส่วนปาก และเริ่มกินอาหาร จึงมีการพัฒนาช่องว่างกลางตัว เพื่อใช้ในการขนส่งและดูดซึมอาหารไปยังเซลล์ต่าง ๆ ในระยะนี้ไชฟิสโตมาจะกินแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โรติเฟอร์ และอาร์ทีเมียแรกฟีก เป็นต้น

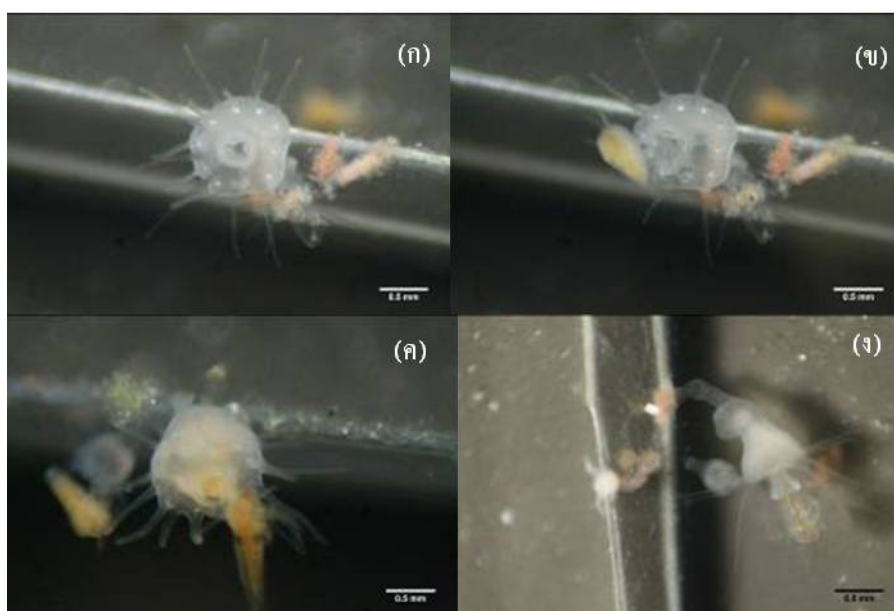
- ไชฟิสโตมาหน้าขนาด 8 เส้น (Intermediate scyphistoma or eight-tentacled scyphistoma) เมื่อไชฟิสโตมาอายุประมาณ 10 – 13 วัน ไชฟิสโตมามีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนหนวดมีการพัฒนาเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นหนึ่งเท่าจาก 4 เป็น 8 หนวด (ภาพที่ 4-8 จ)

- ไชฟิสโตมาระยะสมบูรณ์ (Fully developed scyphistoma) พบเมื่ออายุประมาณ 13 – 19 วัน ไชฟิสโตมาของแมงกะพรุนถ้วยหางขนในระยะนี้มีหนวดเพิ่มขึ้น โดยจำนวนหนวดอยู่ระหว่าง 12 – 24 เส้น และมีการพัฒนาอวัยวะต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ได้แก่ Hypostome และ Septal funnel (ภาพที่ 4-8 ฉ) ซึ่งเป็นระยะสุดท้ายของไชฟิสโตมา ที่รอพัฒนาเข้าสู่ระยะศตรอบีล่าต่อไป ขนาดของไชฟิสโตมาระยะสมบูรณ์วัดจากฐาน จนถึงปลายสุดของ Hypostome (ภาพที่ 4-7) มีความยาวอยู่ระหว่าง 620-2,280 ไมโครเมตร (ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ $1,081 \pm 541$ ไมโครเมตร (n=10)) และมีเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นปาก (Disc) อยู่ระหว่าง 290 -690 ไมโครเมตร (เฉลี่ยเท่ากับ 444 ± 148 ไมโครเมตร (n=10))



ภาพที่ 4-8 พัฒนาการในระยะไชฟิสโตมา (ก,ข,ค) ไชฟิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ (ง) ไชฟิสโตมาหน้าขนาด 4 เส้น (จ) ไชฟิสโตมาหน้าขนาด 8 เส้น (ฉ) ไชฟิสโตมาระยะสมบูรณ์

วิธีการจับกินอาหารของไซฟิสโตมา เมื่อมีขนาดตั้งแต่ 4 เส้นขึ้นไป จะเริ่มจากการยืดหดให้เหยียดยาวออกไปในมวลน้ำ เพื่อดักจับเหยื่อที่ผ่านเข้ามา เมื่อขนาดจับเหยื่อได้ ขนาดจะหดสั้นลงเพื่อนำเหยื่อเข้ามาใกล้ ๆ บริเวณปาก และปากจะเริ่มเปิดขยาย ขณะที่ขนาดค่อย ๆ ม้วนส่งเหยื่อเข้าปาก ปากจะยืดและหดตัว เพื่อส่งเหยื่อเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัว และเมื่อกินเหยื่อหมดแล้ว ไซฟิสโตมาจึงจะเริ่มยืดหดในมวลน้ำ เพื่อจับเหยื่อตัวใหม่อีกครั้ง (ภาพที่ 4-9 ก-ง)



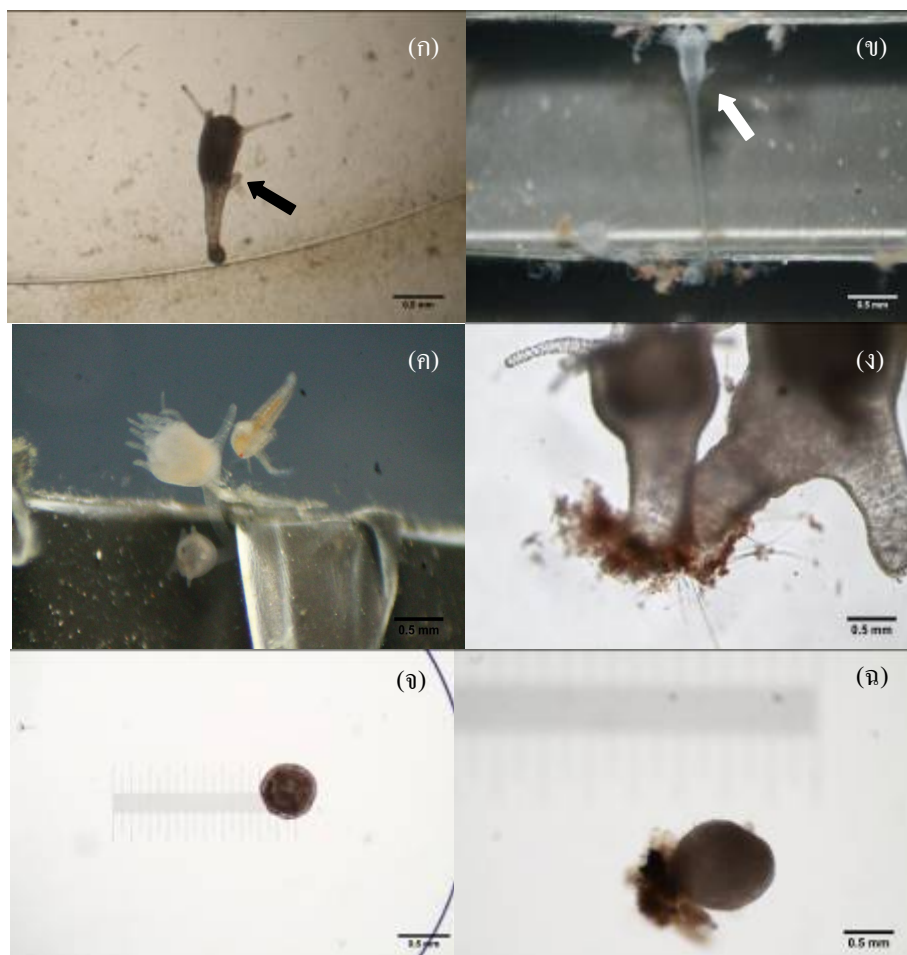
ภาพที่ 4-9 การกินอาหารของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน ไซฟิสโตมาเริ่มยืดหดให้เหยียดยาว (ก) เมื่อขนาดจับเหยื่อได้จึงหดขนาดมาใกล้ ๆ บริเวณปาก (ข) ปากจะเริ่มเปิดขยาย (ค) ปากจะยืดและหดตัว เพื่อให้อาหารลงสู่ช่องว่างกลางตัว (ง)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนถ้วยหางขน เกิดขึ้นในระยะไซฟิสโตมาที่พบในการศึกษาครั้งนี้ มี 3 แบบ คือ

1) การแตกหน่อ (Budding) โดยมีการงอกของไซฟิสโตมาใหม่บริเวณกระเปาะ (Calxy) ของไซฟิสโตมาเดิม จำนวน 1 หน่อต่อไซฟิสโตมา หน่อที่เกิดขึ้นจะหลุดออกและมีการลงเกาะในสถานะทดลองเจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาใหม่ต่อไป การแตกหน่อเป็นรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่เกิดขึ้นเป็นอันดับแรก โดยจะเกิดขึ้นกับไซฟิสโตมาที่มีขนาดตั้งแต่ 4 เส้นเป็นต้นไป ขนาดความยาวหน่อใหม่อยู่ระหว่าง 100-140 ไมโครเมตร ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 121 ± 14 ไมโครเมตร ($n=10$) (ภาพที่ 4-10 ก,ข)

2) การแตกหน่อแบบสโตน (Stolon budding) คือ การแตกหน่อจากบริเวณฐาน (Basal disc) หรือบริเวณคอ ยึดยาวออกจากไซฟิสโตมาเดิม และขาดออกจากกันเจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาใหม่ ระยะห่างจากฐานไซฟิสโตมาเดิม ถึงฐานไซฟิสโตมาใหม่อยู่ระหว่าง 460-680 ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 578 ± 97 ไมโครเมตร ($n=10$) (ภาพที่ 4-10 ค,ง)

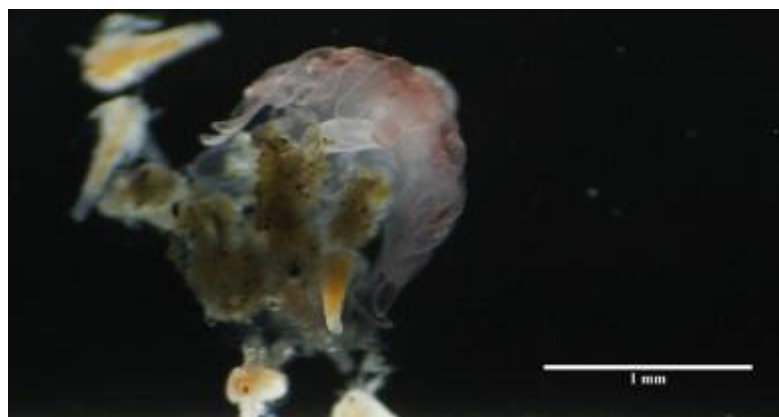
3) การสร้างซีสต์ (Cyst) ที่พบในการศึกษาครั้งนี้หลุดออกมาจากไซฟิสโตมาเดิม มีลักษณะกลม มันวาว จำนวนทั้งสิ้น 3 ซีสต์ สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยพบลอยอยู่ในมวลน้ำ คล้ายกับพลาณูล่า แต่เมื่อนำมาส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าไม่มีซิเลีย รอบเซลล์ และรูปร่างแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซีสต์ที่พบมีขนาดเส้นผ่านกลางเฉลี่ยเท่ากับ 1 ± 0 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4-10 จ, ฉ)



ภาพที่ 4-10 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน การแตกหน่อ (ก,ข) การแตกหน่อแบบสโตน (ค,ง) และการสร้างซีสต์ (จ, ฉ)

2.3 ระยะสโตรอบิล่า

สโตรอบิล่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขน (ภาพที่ 4-11) พบครั้งแรกเมื่ออายุ 20 วัน ลักษณะสำคัญ คือ จะพบการแบ่งตัวตามแนวขวางบริเวณแผ่นปาก ระยะเวลาจากเริ่มพบการแบ่งตัว (Strobilation) จนถึงการปล่อยเอพิวราออกมาในมวลน้ำ ประมาณ 5-6 วัน



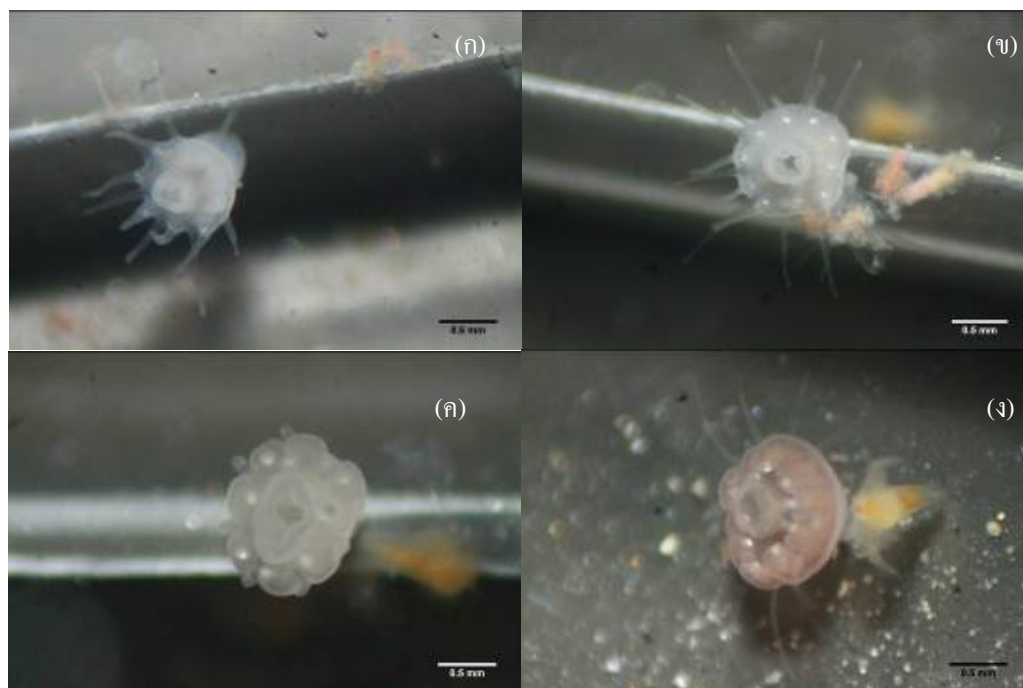
ภาพที่ 4-11 สโตรอบิล่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขน

รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเกิดสโตรอบิลิเลชัน อธิบายได้ ดังนี้

- 1) เมื่อไซฟิสโตมาอยู่ในระยะสมบูรณ จะเริ่มมีการพัฒนาเนื้อเยื่อบริเวณโคนหวด โดยเริ่มมีการสร้างแฉก (Tentacular lobes) ลักษณะคล้ายสามเหลี่ยม เนื้อเยื่อทุกโคนหวดขยายใหญ่ขึ้น (ภาพที่ 4-12 ก)
- 2) หลังจากนั้นหวดเริ่มหดตัวสั้นลง มีการพัฒนาของขอบวงแหวนเพื่อแบ่งชั้นแผ่นเอพิวราและเนื้อเยื่อบริเวณแฉกขยายขนาดมากขึ้น และเริ่มมีการแบ่งแยกออกจากกัน (Segments) (ภาพที่ 4-12 ข)
- 3) จากนั้นหวดจะหดสั้นลงมากขึ้น และเริ่มเห็นการพัฒนาของแต่ละเล็ปปะ (Lappet) ในระยะสโตรอบิล่ามากขึ้น (ภาพที่ 4-12 ค)
- 4) มีการพัฒนาเป็นเอพิวราเกือบสมบูรณ์ แต่เอพิวรายังไม่หลุดออกจากสโตรอบิล่า เอพิวราสามารถเคลื่อนไหวได้ และจะสังเกตเห็นหวดงอกออกมาใหม่ใต้เอพิวรา เมื่อพัฒนาจนถึงระยะสุดท้าย เอพิวราจะหลุดออกลอยอยู่ในมวลน้ำ และเจริญเติบโตไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าต่อไป ส่วนไซฟิสโตมาเดิมนั้นสามารถกินอาหารต่อได้ทันที (ภาพที่ 4-13)

สโตรอบิเลชันของแมงกะพรุนถ้วยหางขน เป็นแบบ Monodisk strobilation คือ มีแผ่นเอพิวรา 1 แผ่นต่อ 1 สโตรอบิล่าเท่านั้น (ภาพที่ 4-11) ขนาดความยาวของสโตรอบิล่าวัดจากจาก

ฐาน จนถึงปลายสุดของ Hypostome (ภาพที่ 4-6) อยู่ระหว่าง 190-1,330 ไมโครเมตร ความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 565 ± 381 ไมโครเมตร ($n=10$)



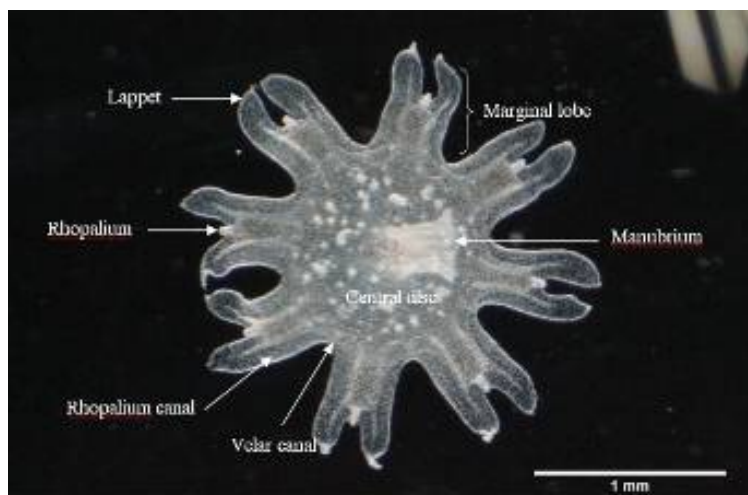
ภาพที่ 4-12 ระยะสโตรบิลาของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ไชพิสโตมาที่มีการพัฒนาเนื้อเยื่อบริเวณโคนหนดแบ่งเป็นแฉก (ก) ไชพิสโตมาที่มีการแบ่งชั้นบนเนื้อเยื่อแผ่นปากและเนื้อเยื่อแฉกขยายขนาดมากขึ้น (ข) หนดจะหดสั้นลง และเริ่มเห็นการพัฒนาเป็นแล็ปปะของระยะเอพิรามามากขึ้น (ค) ระยะที่มีการพัฒนาเป็นเอพิร่าเกือบสมบูรณ์ (ง)



ภาพที่ 4-13 ไชพิสโตมาที่เอพิร่าเพิ่งหลุดออก สามารถกินอาหารได้ทันที

2.4 ระยะเอพิรา

เริ่มพบเอพิราครั้งแรกในมวลน้ำเมื่ออายุ 26 วัน (ภาพที่ 4-14) และเอพิราแมงกะพรุนถ้วยทางขนจะพัฒนาเข้าสู่ระยะที่มีรูปร่างแบบเมคูซ่า คือ มีการเจริญของเนื้อเยื่อขอบรั้วสมบูรณ์เมื่ออายุ 7 วัน ซึ่งลักษณะพัฒนาการของเอพิรา (ภาพที่ 4-15) มีดังนี้



ภาพที่ 4-14 เอพิราของแมงกะพรุนถ้วยทางขน

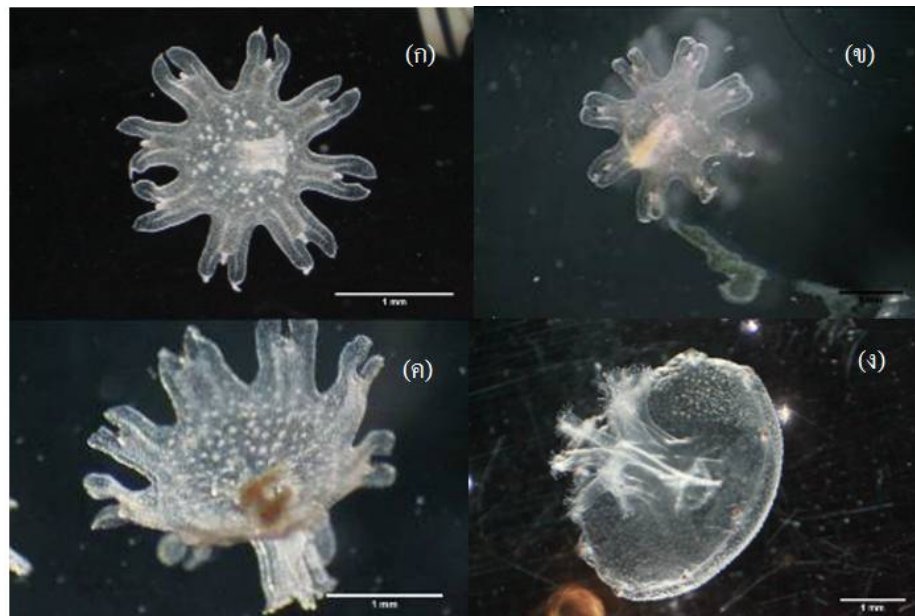
- อายุ 1 วัน เอพิรา มีลักษณะเป็นแผ่นแบน เป็นแฉก รูปร่างคล้ายดอกไม้ มีโครงสร้างสำคัญ คือ บริเวณกึ่งกลางลำตัว (Central disc) จะมีโครงสร้างลักษณะคล้ายแขนที่ยื่นออกมาจากกลางลำตัว (Marginal lappet) บริเวณปลายแขนจะแยกออกเป็นแฉกแต่ละแฉก เรียกว่า แฉกเปพ (Lappet) มีจำนวน 16 แฉกเปพ ตรงกลางระหว่างแฉกเปพทั้ง 2 แฉกเปพ เรียกว่า Rhopalium บริเวณปลายแฉกเปพจะมีรูปร่างโค้งมน เอพิราอายุ 1 วันจะยังไม่แข็งแรงมากพอ จึงไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เร็วและยังไม่สามารถกินอาหารได้ (แพลงก์ตอนสัตว์) เนื่องจากยังไม่มีการพัฒนาส่วนของปาก (ภาพที่ 4-15 ก)

- อายุ 2 วัน เอพิรา มีสีแดงปนเหลือง บริเวณปลายแฉกเปพจะมีรูปร่างโค้งมนมากขึ้น เริ่มมีการพัฒนารยางค์รอบปาก ปากจึงสามารถกินอาร์ทีเมียแรกพีกได้ (ภาพที่ 4-15 ข)

- อายุ 3-4 วัน เริ่มมีการพัฒนาเนื้อเยื่อภายนอกเป็นเจลลาตินหนาขึ้นและมีปุ่มสากนูนบริเวณแผ่นกลางตัว (Central disc) เคลื่อนที่ได้เร็ว (ภาพที่ 4-15 ค)

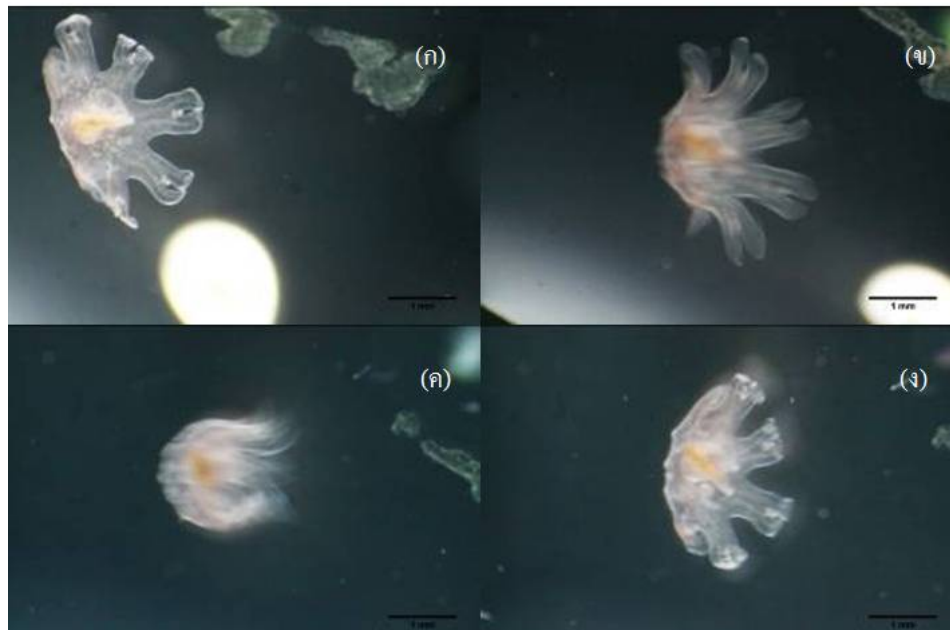
- อายุ 5-6 วัน เอพิรา มีการพัฒนารูปร่างคล้ายระยะที่มีรูปร่างแบบเมคูซ่า (Metephyra) คือ มีขนาดคร่อมใหญ่ขึ้น เริ่มมีการพัฒนารยางค์ แต่ยังไม่ทราบนับจำนวนได้ และยังไม่พบการพัฒนาของระบบท่อบริเวณแผ่นกลางตัว (ภาพที่ 4-15 ง)

ขนาดของเอพีราวดังกล่าวจากปลายของเส้นประสาทด้านหนึ่งไปยังปลายด้านตรงข้าม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2 ± 1 มิลลิเมตร ($n=3$)



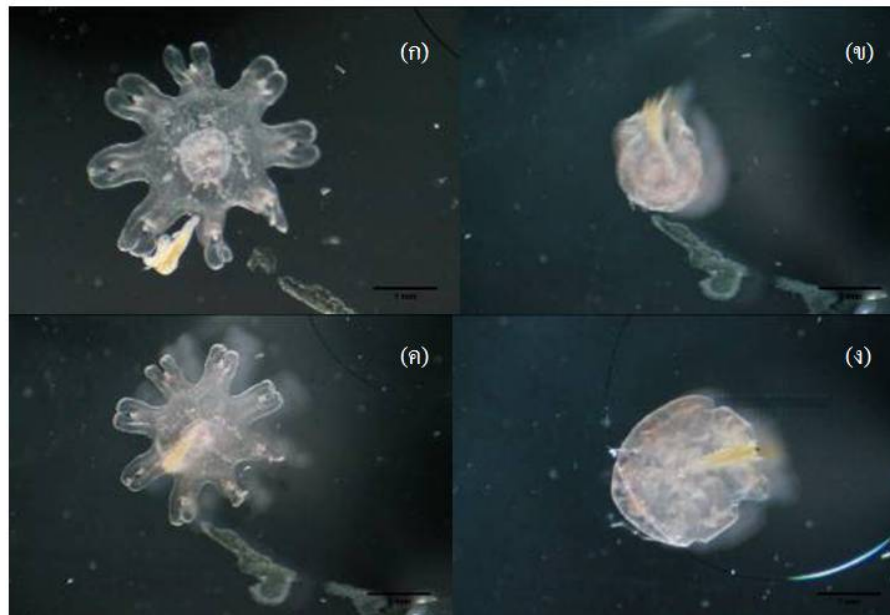
ภาพที่ 4-15 พัฒนาการเอพีราของแมงกะพรุนถ้วยหางขน เอพีราอายุ 1 วัน (ก,ข) เอพีราอายุ 2 วัน (ข) เอพีราอายุ 3-4 วัน (ค) เอพีราอายุ 5-6 วัน (ง)

การเคลื่อนที่ของเอพีรา เริ่มจากการขยับขึ้นลงของแผ่นกลางตัว ก้านเส้นประสาท และเส้นประสาท โดยแผ่นงอกและขยับ โครงสร้างทั้ง 3 พัดเข้าหาที่กลางลำตัวพร้อม ๆ กัน ทำให้มีการกวาดน้ำไปด้านหลัง และดันตัวเองไปด้านหน้า หลังจากนั้นจะเริ่มแผ่แผ่นกลางตัว ก้านเส้นประสาท และเส้นประสาท และพัดเข้าหาลำตัวอีกครั้งเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ (ภาพที่ 4-16)



ภาพที่ 4-16 การเคลื่อนที่ของเอพิฟิราแมงกะพรุนถ้วยหางขน แผ่นกลางตัว ก้านแล็ปเพท และแล็ปเพทแผ่กางออก (ก) เริ่มการการห่อตัว กวาดน้ำไปด้านหลัง และดันตัวเองไปด้านหน้า (ข,ค) แผ่แผ่นกลางตัว ก้านแล็ปเพท และแล็ปเพทอีกครั้ง (ง)

การกินอาหารระยะเอพิฟิราของแมงกะพรุนถ้วยหางขน เมื่อในมวลน้ำมีเหยื่อ เอพิฟิราจะมีการตอบสนองโดยการเคลื่อนที่เร็วขึ้นกว่าการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ เมื่อบริเวณปลายแล็ปเพท และก้านแล็ปเพท สัมผัสโดนเหยื่อ บริเวณก้านแล็ปเพทและแล็ปเพทจะโค้งเข้าหาตัวเอง มีการขยับบริเวณ เพื่อให้เหยื่อเคลื่อนที่มาบริเวณมานูเบรียม กล้ามเนื้อเกิดการขยายยืดและหดตัวเพื่อกินเหยื่อ เพื่อให้เหยื่อเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัว (ภาพที่ 4-17)



ภาพที่ 4-17 การกินอาหารของเอพีร่าแมงกะพรุนด้วยหางขน ปลายเส้นประสาท และก้านเส้นประสาท
สัมผัสโดนเหยื่อ (ก) ก้านเส้นประสาท และเส้นประสาทโค้งเข้าหาลำตัว (ข) เหยื่อเคลื่อนที่มา
บริเวณमानูเบรียม (ค,ง)

2.5 ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก

เป็นระยะที่แมงกะพรุนมีลักษณะรูปร่างและอวัยวะต่าง ๆ ครบสมบูรณ์ คล้ายกับ
แมงกะพรุนตัวเต็มวัย (ภาพที่ 4-18) พบเมื่ออายุ 33 วันนับจากระยะพลาเนูล่า



ภาพที่ 4-18 ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ของแมงกะพรุนด้วยหางขน

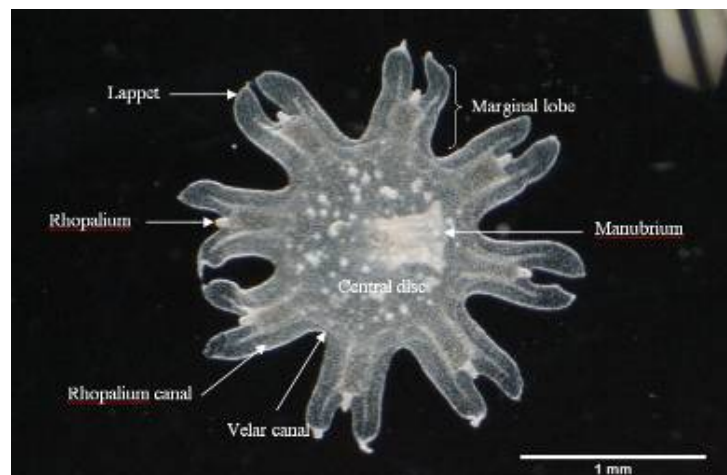
ลักษณะสำคัญของแมงกะพรุนในระยะนี้ คือ (ภาพที่ 4-19) ดังนี้

1) เนื้อเยื่อบริเวณขอบร่มมีการพัฒนาจนมีลักษณะกลม มีความหนาเพิ่มมากขึ้น ผิวร่มด้านบน (Exumbrella) ใส ขรุขระ ยึดหยุ่น และพบ Rhopalium ซึ่งเป็นอวัยวะรับสัมผัสทางเคมีรอบ ๆ ขอบร่ม

2) ด้านล่างของตัวร่ม (Subumbrella) จะเว้าเข้าบริเวณกึ่งกลางด้านล่างตัวร่มมีปาก ช่องกลางลำตัว รยางค์ (Oral arm) มีการแยกรยางค์ออกชัดเจน พบจำนวน 8 รยางค์ ซึ่งรยางค์พัฒนามาจากมานูเบรียมของระยะเอฟิรา และพบเส้น หรือขน (Filament) รอบ ๆ รยางค์เป็นจำนวนมากไม่สามารถนับได้ บริเวณปลายรยางค์พบเส้นยาว 1 เส้นต่อ 1 รยางค์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแมงกะพรุนถ้วยหางขนที่ไม่พบในแมงกะพรุนชนิดอื่น

3) มีการพัฒนาของระบบท่อ (Canal system) รอบ ๆ ตัวร่มอย่างชัดเจน ซึ่งพัฒนามาจากท่อบริเวณรอบ ๆ ตัวเอฟิรา ที่เรียกว่า Rhopalium canal และ Velar canal ทำหน้าที่ขนส่งน้ำและอาหารไปรอบ ๆ ตัวร่ม

เมดูซ่าขนาดเล็กที่พบมีเส้นผ่านศูนย์กลางร่มตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรเป็นต้นไป ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 ± 8 -มิลลิเมตร ($n=3$) เป็นต้นไป และมีความยาววัดจากปลายรยางค์ถึงขอบร่มด้านบนอยู่ระหว่าง 5 - 22 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16 ± 6 -มิลลิเมตร ($n=3$)



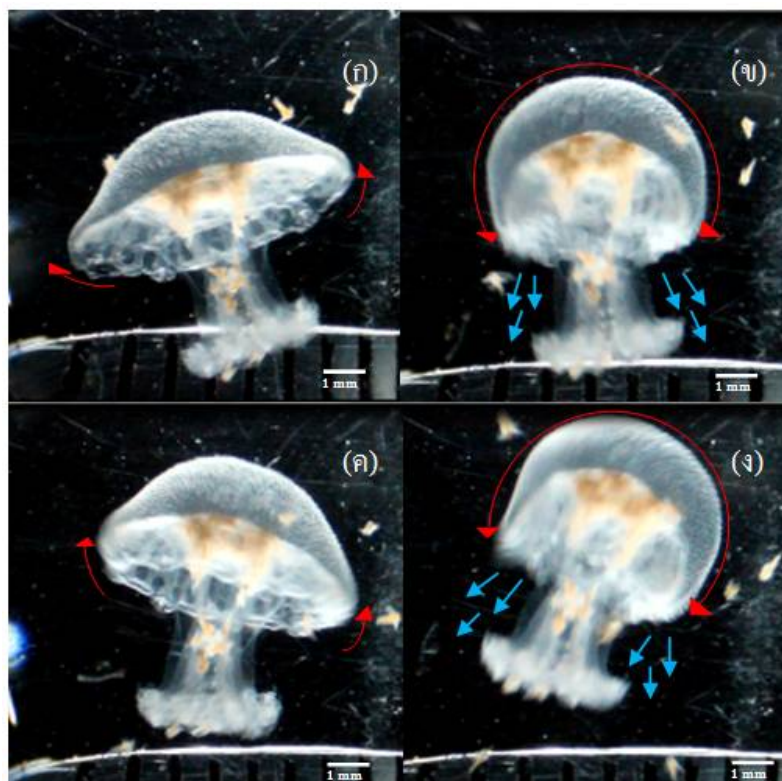
เอฟิรา (ก)



ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (ข)

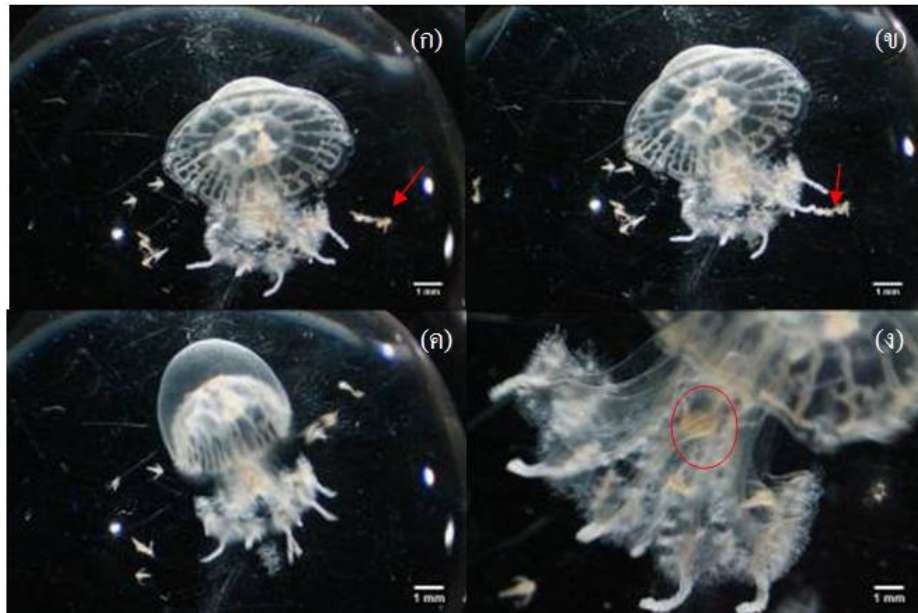
ภาพที่ 4-19 เปรียบเทียบการพัฒนาจากระยะเอพิวรา (ก) ไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (ข)
ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน

การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า จะอาศัยการขยับตัวของกล้ามเนื้อบริเวณขอบร่ม โดยมีการขยับขอบร่มขึ้นลงเป็นจังหวะ เมื่อแมงกะพรุนขยับขอบร่มเข้าหารยางค์ จะเกิดการดันมวลน้ำไปด้านหลัง และผลักลำตัวไปในทิศทางด้านหน้า หลังจากนั้นจะแผ่ขยายขอบร่มออกอีกครั้ง และขยับขึ้นลงเป็นจังหวะ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ (ภาพที่ 4-20 ก-ง)



ภาพที่ 4-20 การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุนถ้วย
หางขน (ก-ง)

การเลี้ยงแมงกะพรุนถ้วยหางขนในห้องปฏิบัติการ จะให้โรติเฟอร์ หรือ อาร์ทีเมีย แรกฟักเป็นอาหาร เมื่อในมวลน้ำมีเหยื่อ แมงกะพรุนจะมีพฤติกรรมตอบสนองโดยการเคลื่อนที่เร็วขึ้น บริเวณยางค์ และเส้นของแมงกะพรุนถ้วยหางขนจะขยายตัว และยืดยาวออก เมื่อสัมผัสโดนเหยื่อทั้งบริเวณผิวหนัง รยางค์ และเส้น เข็มพิษจะถูกปล่อยออกมาทำให้เหยื่อเป็นอัมพาตและตายในที่สุด แมงกะพรุนจะหดตัวในลักษณะห่อตัว และมีการขยับตัวของกล้ามเนื้อในลักษณะยืดและหดตัวเป็นจังหวะเร็วขึ้นกว่าการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ เพื่อให้อาหารเคลื่อนที่มาบริเวณยางค์ และปาก การยืดหดตัวยังช่วยให้อาหารเคลื่อนที่มาบริเวณช่องกลางตัว เกิดการย่อยอาหาร และมีการขนส่งสารอาหารไปรอบ ๆ ตัว โดยอาศัยท่อที่แตกแขนงรอบบริเวณร่ม (ภาพที่ 4-21ก-ง)



ภาพที่ 4-21 การกินอาหารของแมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุนถ้วย
ทางชน (ก-ง)

การทดลองที่ 2 ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพ ห้องปฏิบัติการ

1. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

ทำการทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็ม ต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ
ไซฟิสโตมา โดยใช้ 1 ไซฟิสโตมาต่อ 1 ภาชนะทดลอง วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล
มี 2 ปัจจัย (Factor) คือ อุณหภูมิ และความเค็ม แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ (Level) คือ อุณหภูมิ 20, 25
และ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งระหว่างการทดลองมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (\pm SD) เท่ากับ 20.4 ± 0.7 , 25.3 ± 0.6 ,
และ 30.4 ± 0.6 องศาเซลเซียส และความเค็ม 10, 20 และ 30 ppt รวม 9 ทริทเมนต์คอมบินเนชัน ในแต่ละ
ทริทเมนต์คอมบินเนชันมีจำนวน 9 ซ้ำ (Replicate) รวมทั้งหมด 81 หน่วยทดลอง ระยะเวลาทำการ
ทดลอง 30 วัน และระหว่างการทดลองมีค่าคุณภาพน้ำ ดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่
ระหว่าง 7.19-7.99 ค่าแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.132-0.299 มิลลิกรัม
ต่อลิตร (mg/L) ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.008-0.028 mg/L ความเป็น
ด่างของน้ำ (Alkalinity) อยู่ระหว่าง 90-100 mg/L และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ระหว่าง
3.45-4.02 mg/L (ดังตารางภาคผนวก ก-2) ภายในกล่องโฟมที่ปิดฝาสนิท เพื่อควบคุมอุณหภูมิตามที่
กำหนด มีค่าความเข้มแสงในรอบวันอยู่ระหว่าง 0.005 – 0.011 lux เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า
ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนมีรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศทั้ง 2 แบบ คือ การแตก
หน่อ (การแตกหน่อ และการแตกหน่อแบบสโตลอน ดังภาคผนวก ก-4) และการสร้างซีสต์ และ
ไม่พบการเกิดสโตรบิล่า จึงไม่พบเอพ็ราในระหว่างการทดลอง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึง
รายงานผลค่าเฉลี่ย (\pm SE) ของจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น ค่าเฉลี่ย (\pm SE) ของซีสต์ที่พบ ค่าเฉลี่ย
(\pm SE) ของระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา ซึ่งรายละเอียดของผลการทดลอง มีดังนี้

1.1 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และความเค็ม มีผลต่อ
จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p < 0.05$) พบว่ามีจำนวนหน่อใหม่เฉลี่ย
(\pm SE) ตั้งแต่ 0.0 ± 0.0 ถึง 4.2 ± 0.9 หน่อ (ภาพที่ 4-22 ก) โดยพบจำนวนหน่อใหม่สูงสุดที่ระดับ
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมความเค็ม 20, 10 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 ± 0.9^a , 3.8 ± 0.7^a หน่อ

ตามลำดับ และต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 20 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ± 0.0^b และ 0.2 ± 0.1^b น้อย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแยกแต่ละปัจจัย พบว่าทั้งอุณหภูมิ และความเค็มมีผลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p < 0.05$) โดยพบจำนวนหน่อใหม่สูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.9 ± 1.1^a น้อย และต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7 ± 0.3^b และ 0.2 ± 0.0^b น้อย ตามลำดับ

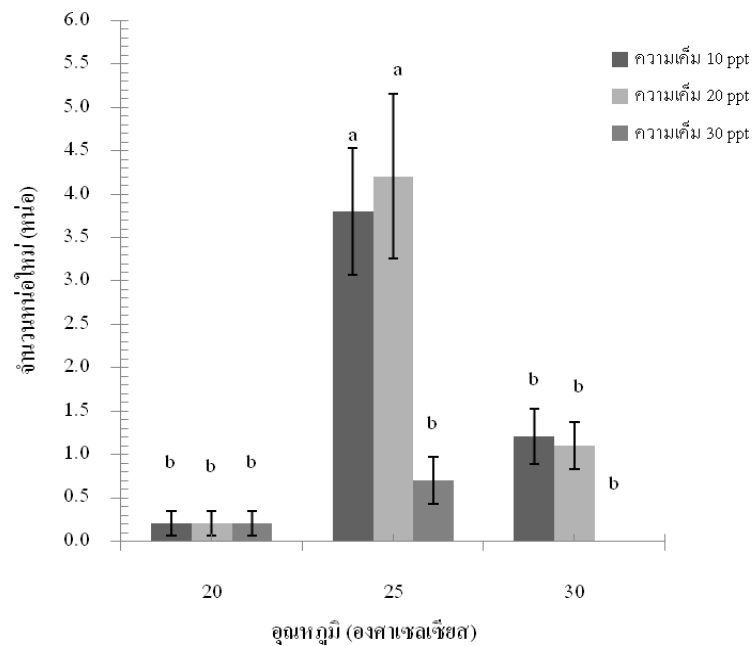
และปัจจัยความเค็มของน้ำมีผลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับอุณหภูมิ โดยจำนวนหน่อใหม่มีแนวโน้มเพิ่มจำนวนขึ้นตามระดับความเค็มที่ลดลง ซึ่งพบจำนวนหน่อใหม่สูงสุดที่ระดับความเค็ม 10, 20 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.7 ± 1.0^a , 1.8 ± 1.2^a น้อย ตามลำดับ และต่ำที่สุดที่ระดับความเค็ม 30 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 ± 0.2^b น้อย

1.2 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนชีสต์ที่พบ

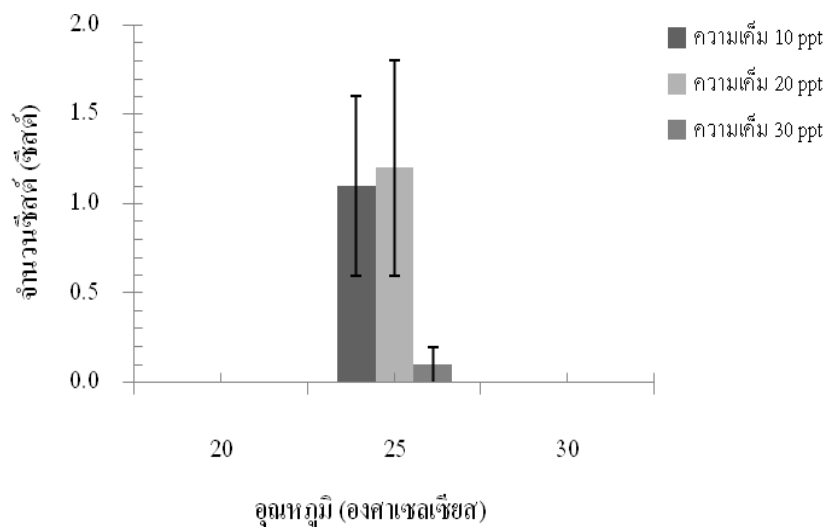
เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ กับความเค็ม พบว่าไม่มีผลต่อจำนวนชีสต์ที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p > 0.05$) โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบจำนวนชีสต์เฉลี่ย (\pm SE) ตั้งแต่ 0.0 ± 0.0 ถึง 1.2 ± 0.6 ชีสต์ (ภาพที่ 4-22 ข) และพบจำนวนชีสต์สูงที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20, 10 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.2 ± 0.6 , 1.1 ± 0.5 ชีสต์ ตามลำดับ และต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ของทุกระดับความเค็ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.5 ชีสต์

เมื่อทำการวิเคราะห์แยกแต่ละปัจจัย พบว่ามีเพียงอุณหภูมิเท่านั้นที่มีผลต่อจำนวนชีสต์ที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p < 0.05$) ซึ่งพบชีสต์สูงที่สุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30, 20 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 ± 0.3^a และ 0.0 ± 0.0^b , 0.0 ± 0.0^b ชีสต์ ตามลำดับ

ด้านความเค็มของน้ำ พบว่าไม่มีผลต่อการจำนวนชีสต์ที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p > 0.05$) โดยพบชีสต์ที่ระดับความเค็ม 10, 20 และ 30 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 ± 0.3 , 0.4 ± 0.4 และ 0.0 ± 0.0 ชีสต์ ตามลำดับ



จำนวนหน่อใหม่ (ก)



จำนวนชีสต์ (ข)

ภาพที่ 4-22 จำนวนหน่อใหม่ (ก) และจำนวนชีสต์ที่เกิดขึ้น (ข) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE)

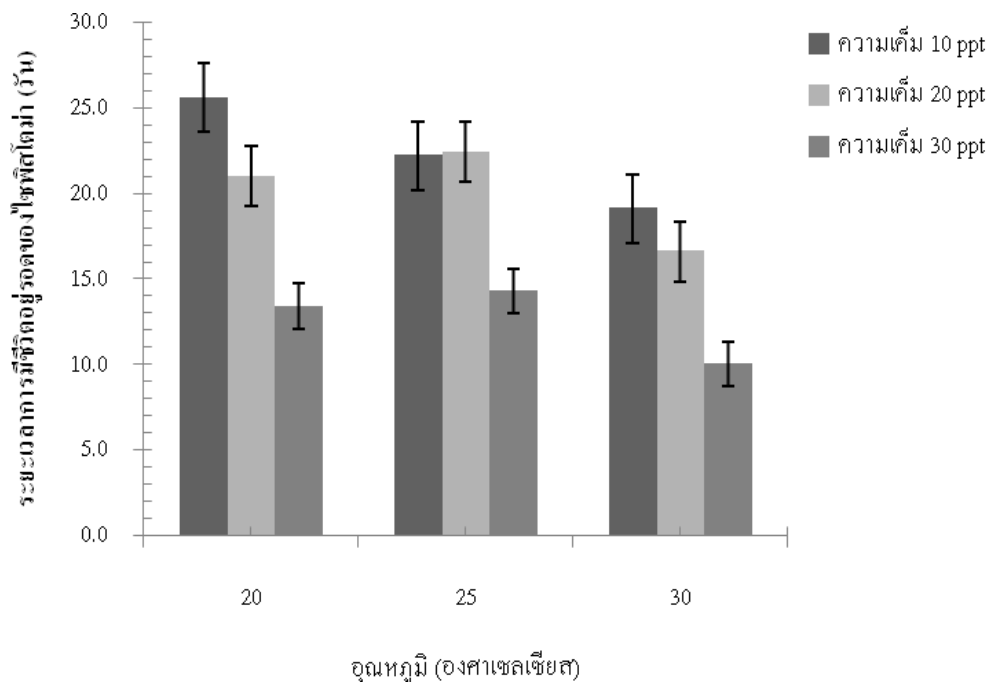
หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (Superscript) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา

การทดลองนี้ทำการบันทึกอายุของไซฟิสโตมาแต่ละตัวที่ตายลงในระหว่างการทดลองของแต่ละทรีทเมนต์คอมบิเนชัน เพื่อทดสอบผลกระทบของอุณหภูมิและความเค็มต่ออายุไขของไซฟิสโตมาเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบว่ามีอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิ และความเค็ม ต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p > 0.05$) โดยพบว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาเฉลี่ย (\pm SE) เท่ากับ 10.0 ± 1.0 ถึง 25.6 ± 1.7 วัน (ภาพที่ 4-23) ซึ่งระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมายาวนานที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความเค็ม 10 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.6 ± 1.7 วัน และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.4 ± 2.8 วัน ตามลำดับ และสั้นที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 30 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.0 ± 1.0 วัน

เมื่อพิจารณาแยกแต่ละปัจจัย พบว่าทั้งอุณหภูมิ หรือความเค็ม มีผลต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p < 0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมายาวนานขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง โดยพบว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมายาวนานที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 20, 25 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.0 ± 3.5^a , 20.3 ± 3.0^a วัน ตามลำดับ และต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.2 ± 2.7^b วัน

สำหรับระดับความเค็มพบว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเค็มลดลง จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมายาวนานที่สุดที่ระดับความเค็ม 10 และ 20 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.3 ± 1.8^a , 20.6 ± 2.2^a วัน ตามลำดับ และสั้นที่สุดที่ระดับความเค็ม 30 ppt โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.5 ± 1.3^b วัน



ภาพที่ 4-23 ระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน
ที่ระดับอุณหภูมิตดและ ความเค็มที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE)

การทดลองที่ 3 การทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพிர้าแมงกะพรุน ถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

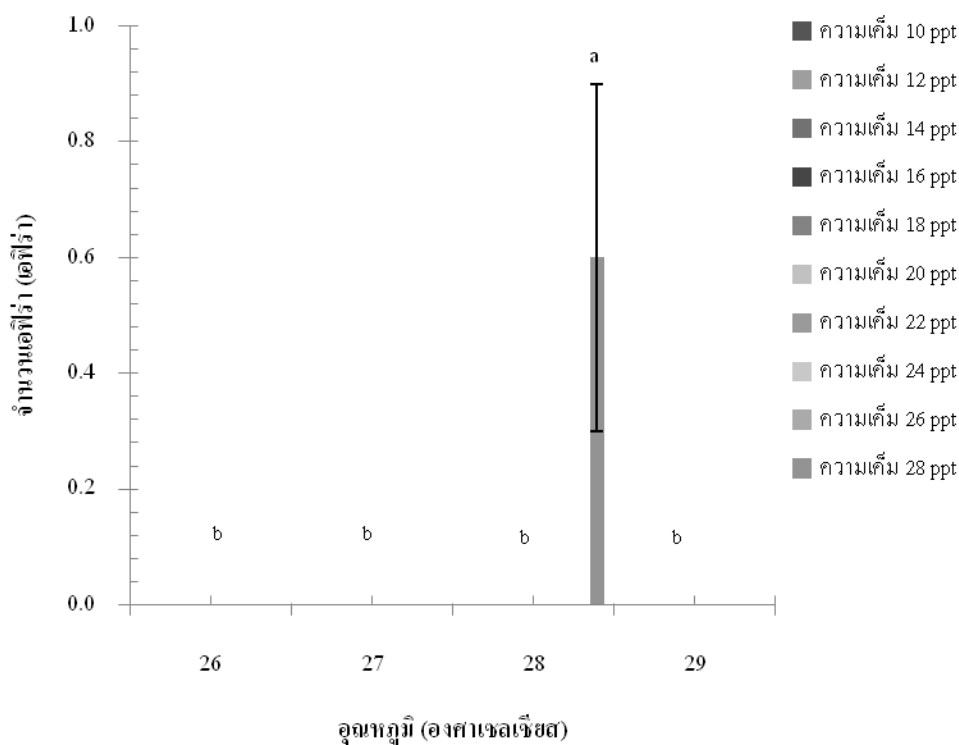
ทำการทดลองผลของอุณหภูมิและความเค็ม ต่อจำนวนเอพிர้าที่พบในระหว่างการทดลอง โดยใช้ช่วงข้อมูลอุณหภูมิที่ดีที่สุดจากการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน (การทดลองที่ 2) คือที่ระดับอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และระดับความเค็มเดิม คือ 10-30 ppt มาวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยกำหนดระดับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยให้มีช่วงความถี่มากขึ้น ดังนี้ อุณหภูมิมี 4 ระดับ คือ 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส และพบว่าในระหว่างการทดลองพบค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (\pm SD) เท่ากับ 26.2 ± 0.4 , 27.3 ± 0.6 , 28.3 ± 0.5 , 29.3 ± 0.6 องศาเซลเซียส และความเค็มมี 10 ระดับ คือ 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 และ 28 ppt รวม 40 ทริทเมนต์คอมบิเนชัน ในแต่ละทริทเมนต์คอมบิเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 120 หน่วยทดลอง และระหว่างการทดลองมีค่าคุณภาพน้ำ ดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.23-8.00 ค่าแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.111-0.287 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) อยู่ระหว่าง 0.001-0.021 mg/L ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity) อยู่ระหว่าง 95-120 mg/L และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ระหว่าง 3.44-4.21 mg/L (ดังตารางภาคผนวก ก-3) ภายในกล่องโฟมที่ปิดฝาสนิท เพื่อควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนด มีค่าความเข้มแสงในรอบวันอยู่ระหว่าง 0.005 – 0.011 lux เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบจำนวนเอพிர้าแตกต่างกัน ดังนี้

จากการทดลองพบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อจำนวนเอพிர้าแมงกะพรุนถ้วยหางขน ($p < 0.05$) โดยพบจำนวนเอพிர้าเฉลี่ย (\pm SE) เท่ากับ 0.0 ± 0.0 ถึง 0.6 ± 0.3 เอพிர้าต่อไซฟิสโตมา (ภาพที่ 4-24) ซึ่งพบเอพிர้าเมื่อมีแนวโน้มของระดับอุณหภูมิ และความเค็มสูงขึ้นกว่าระดับอุณหภูมิ และความเค็มในการทดลองที่ 2 คือ พบเอพிர้าที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 28 ppt มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6 ± 0.3^a เอพிர้าต่อไซฟิสโตมา เพียงทริทเมนต์คอมบิเนชันเดี่ยวนั้น และไม่พบเอพிர้าในทริทเมนต์คอมบิเนชันอื่น (0.0 ± 0.0^b เอพிர้าต่อไซฟิสโตมา)

เมื่อแยกแต่ละปัจจัยพบว่าอุณหภูมิ และความเค็มมีผลต่อจำนวนเอพிர้า ($p < 0.05$) ซึ่งพบเอพிர้าที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิจากการทดลองที่ 2 คือ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส มีจำนวนเอพிர้าสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 ± 0.0^a เอพிர้าต่อไซฟิสโตมา และไม่พบเอพிர้าที่ระดับอุณหภูมิอื่นเลย (0.0 ± 0.0^b เอพிர้าต่อไซฟิสโตมา)

และความเค็มของน้ำก็พบว่าแนวโน้มของระดับความเค็มที่พบเอพிர้าเช่นเดียว อุณหภูมิ คือ พบที่ระดับความเค็มสูงชันกว่าระดับความเค็มจากการทดลองที่ 2 โดยพบว่าที่ความเค็ม 28

ppt มีจำนวนเอพ็ร่าสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.1^a เอพ็ร่าต่อไซพิสโตมา และไม่พบเอพ็ร่าระดับความเค็มอื่นเลย (0.0 ± 0.0^b เอพ็ร่าต่อไซพิสโตมา)



ภาพที่ 4-24 จำนวนเอพ็ร่าที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน ที่ระดับอุณหภูมิและความเค็มแตกต่างกัน 3 ระดับ (ค่าเฉลี่ย \pm SE)

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (Superscript) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผลการวิจัย

วงจรชีวิตและระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

1. วงจรชีวิตแมงกะพรุนถ้วยหางขน

วงจรชีวิตของแมงกะพรุนทั่วไป เริ่มขึ้นหลังจากพ่อแม่พันธุ์มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และมีการปฏิสนธิของไข่และสเปิร์ม เกิดการแบ่งเซลล์แล้วพัฒนาเป็นระยะพลาเนูล่า ระยะไซฟิสโตมา หรือระยะโพลิป ในระยะนี้แมงกะพรุนจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การแตกหน่อ, การแตกหน่อแบบโมโตลัฟต์ (Motile bud), พาเชียลฟิสชัน (Partial fission), การแตกหน่อแบบสโตลอน, การสร้างซีสต์ และการสร้างโพโดซีสต์ และพัฒนาเข้าสู่ระยะสตโรบิลา ระยะเอพิรา และระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า (Calder, 1973, 1982; Ding & Chen, 1981; Kikinger, 1992; Arai, 1997; Pitt, 2000; Schiariti, Kawahara et al., 2008; Widmer, 2008a; 2008b; AZA Aquatic Invertebrate TAG, 2013) ซึ่งคล้ายกับของแมงกะพรุนถ้วยหางขนที่ทำการศึกษานี้ ที่พบว่ามี 5 ระยะเช่นเดียวกัน คือ หลังจากนำตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์ที่ได้จากธรรมชาติมาปล่อยเลี้ยงในที่กักขัง พ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกัน ซึ่งเป็นช่วงของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของแมงกะพรุนหลังจากนั้นจะเกิดการแบ่งเซลล์พัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะพลาเนูล่า ซึ่งใช้เวลา 18-24 ชั่วโมง และพลาเนูล่าจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นระยะไซฟิสโตมา ซึ่งในระยะไซฟิสโตมานี้จะพบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเพียง 3 รูปแบบ คือ การแตกหน่อ, การแตกหน่อแบบสโตลอน และการสร้างซีสต์ และหลังจากนี้ไซฟิสโตมาจะเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะสตโรบิลา ระยะเอพิรา และระยะที่มีรูปร่างลักษณะแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก ตามลำดับ

2. การเปลี่ยนแปลงพัฒนาการในแต่ละระยะ ขนาด และระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละระยะพัฒนาการ

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาพัฒนาการของแมงกะพรุนถ้วยหางขนกับแมงกะพรุนชนิด

C. mosaicus ซึ่งเป็นแมงกะพรุนอยู่ในวงศ์เดียวกัน (Pitt, 2000) และแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ ที่มีรายงานปรากฏอยู่ จะพบว่าแต่ละระยะพัฒนาการของแมงกะพรุนด้วยหางขนมีลักษณะสำคัญ ที่มีความคล้ายหรือแตกต่างกับแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ ดังนี้

1. ระยะพลาเนลล่า

หลังจากพ่อแม่พันธุ์ปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาปฏิสนธิกันจะเกิดการแบ่งเซลล์และพัฒนาเป็นตัวอ่อนพลาเนลล่าภายใน 18-24 ชั่วโมง พลาเนลล่าจะลอยอยู่ในน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 4 วัน จึงจะเริ่มลงเกาะกับวัสดุ และเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นระยะไซพิสโตมาต่อไป ลักษณะของพลาเนลล่ามีรูปร่างเป็นทรงรี (Oval) มีซิเลียรอบตัว ทำให้พลาเนลล่าเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจากลักษณะรูปร่างของพลาเนลล่า พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับแมงกะพรุนหลายชนิด เช่น *R. verrilli* ที่มีรูปร่างยาวเรียว (Elongate) หัวท้ายป้าน (Blunt ends) โดยบริเวณด้านหน้า (Anterior) จะกว้างกว่าส่วนด้านหลัง (Posterior) (Clader, 1973) , *S. meleagris* มีรูปร่างคล้ายรองเท้าแตะ (Slipper-shaped) หรือรูปไข่ (Clader, 1982) , *C. mosaicus* มีรูปร่างยาวเรียวหรือรูปไข่ (Pitt, 2000) , *C. lactea* ยาวเรียวคล้ายลูกแพร์ (Pear-shape and elongate) (Morandini, Silveira, & Jarms, 2004) ซึ่งทุกชนิดมีซิเลียรอบตัวและเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว

การเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าแมงกะพรุนด้วยหางขน มีการเคลื่อนที่ไปในมวลน้ำอยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยซิเลียที่อยู่โดยรอบลำตัว ทิศทางการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าเมื่ออยู่บริเวณผิวน้ำ จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในลักษณะการหมุนรอบตัวตามแกนยาวของลำตัวในแนวนอน ซึ่งแตกต่างจากการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ เพราะพลาเนลล่าจะหมุนรอบตัวเองตามแกนยาวของลำตัวในลักษณะลำตัวพลาเนลล่าตั้งตรงขึ้น หมุนขึ้นและเอียงตัวลง และหมุนขึ้นใหม่อีกครั้งเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ซึ่ง ลักษณะการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าดังกล่าวพบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของพลาเนลล่าแมงกะพรุนชนิด *C. capillata*, *A. aurita*, *C. quinquecirrha* และ *C. townsendi* คือมีการหมุนรอบตัวเองในแนวแกนยาว และมีทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นจังหวะสม่ำเสมอในมวลน้ำ (Brewer, 1976; 1984; Cargo, 1979; ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) แต่ก็พบว่าพลาเนลล่าแมงกะพรุนบางชนิด คือ *Manania disticta* ที่พบว่ามีเคลื่อนที่คืบคลานอยู่บริเวณพื้นน้ำเท่านั้น เนื่องจากพลาเนลล่าแมงกะพรุนชนิดนี้ไม่มีซิเลียรอบตัว จึงไม่สามารถเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ (Arai, 1997)

เมื่อเปรียบเทียบขนาดพลาเนลล่าแมงกะพรุนด้วยหางขนกับ พลาเนลล่าของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* พบว่ามีขนาดใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างด้านความยาวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะพลาเนลล่าของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* มีความยาว และความกว้างอยู่ระหว่าง 100-130 ไมโครเมตร และ 50-65 ไมโครเมตร ตามลำดับ (Pitt, 2000) ขณะที่พลาเนลล่าแมงกะพรุน

หางขนมาก มีความยาวอยู่ระหว่าง 84–123 ไมโครเมตร และ ความกว้างอยู่ระหว่าง 49–63 ไมโครเมตร นอกจากนี้ยังพบรายงานขนาดความยาวและความกว้างปลานูล่าแมงกะพรุนชนิด *N. nomurai* ที่มีขนาด 170 และ 130 ไมโครเมตร ตามลำดับ (Kawahara et al., 2006), *S. meleagris* ขนาด 120-390 และ 60-130 ไมโครเมตรตามลำดับ (Calder, 1982), *R. verrilli* ขนาด 165-310 และ 75-100 ไมโครเมตรตามลำดับ (Calder, 1973; Cargo, 1971), *C. tuberculata* ขนาด 270-330 และ 150-190 ไมโครเมตรตามลำดับ อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ชัดเจนว่าปลานูล่าของแมงกะพรุนดังกล่าว มีขนาดอยู่ในช่วงตั้งแต่ 100-390 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นขนาดปลานูล่าที่พบในอันดับ (Order) Semaestome และ Rhizostome (Arai, 1997)

การลงเกาะของปลานูล่า (Settlement of planula) ปลานูล่าของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus*, *C. capillata* และ *R. nomadica* จะเริ่มลงเกาะเมื่อมีอายุได้ 4-5 วัน เมื่อปลานูล่าเริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะไซพิสโตมา ปลานูล่ามีการเปลี่ยนรูปร่างและพฤติกรรมเคลื่อนที่ในมวลน้ำ โดยปลานูล่าจะเคลื่อนที่ช้าลง และวนเวียนอยู่บริเวณที่จะลงเกาะ (Brewer, 1976; Lotan, Ben-Hillel, & Loya, 1992, Pitt, 2000) เช่นเดียวกับแมงกะพรุนหางขน ที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกิดขึ้น คือ มีการคอดของเซลล์ และรูปร่างของปลานูล่าเปลี่ยนไป มีลักษณะคล้ายสามเหลี่ยมปลายมน พบการเคลื่อนที่รอบ ๆ บริเวณที่จะลงเกาะ และลงเกาะเมื่ออายุได้ 4 วัน (ความเค็มอยู่ระหว่าง 20 ppt และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27-29 องศาเซลเซียส) อย่างไรก็ตามการลงเกาะของปลานูล่าของแมงกะพรุนนั้น พบว่าใช้เวลาต่างกัน เร็วสุดที่พบว่ามีการรายงาน คือ 1-2 วัน เท่านั้น สำหรับแมงกะพรุนชนิด *C. lactea* (Morandini et al., 2004) และ 2-3 วันสำหรับแมงกะพรุนชนิด *C. fuscescens* (Widmer, 2008) ดังนั้นระยะเวลาการลงเกาะจะเร็วหรือช้ามีความแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของแมงกะพรุน จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าลักษณะรูปร่างพัฒนาการ ขนาด และการลงเกาะของปลานูล่าในแมงกะพรุนกลุ่มเดียวกัน จะมีความเป็นไปได้ที่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

2. ระยะไซพิสโตมา และการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

ไซพิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนจะพบการลงเกาะครั้งแรกเมื่ออายุ 4 วัน ซึ่งเร็วกว่าแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* ที่ใช้เวลาถึง 10 วัน (Pitt, 2000) ที่มีความแตกต่างกันเพราะแมงกะพรุนทั้ง 2 ชนิด เป็นสัตว์ที่ดำรงชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงอุณหภูมิต่างกัน คือ *C. mosaicus* จะอยู่ในเขตอุณหภูมิต่ำ (20 องศาเซลเซียส) แต่แมงกะพรุนถ้วยหางขนจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับแมงกะพรุนที่อยู่ในเขตอบอุ่นเหมือนกัน เช่น *C. townsendi* ก็พบว่ามีการลงเกาะครั้งแรกใกล้เคียงกัน คือ 5-6 วัน (ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559)

การลงเกาะของไซพิสโตมาเป็นารเปลี่ยนรูปร่างจากทรงรีที่ลอยอยู่ในน้ำ

ไปเป็นรูปทรงกระบอก แนวตั้ง ปลายด้านล่างจะยึดติดกับก้นภาชนะทดลองหรือวัสดุ และปลายด้านบนขยายใหญ่จะเป็นแผ่นปาก ลักษณะคล้ายกระเปาะ มีหนวกรอบ ๆ แผ่นปาก ซึ่งรูปร่างของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนมีลักษณะคล้ายกันกับ *C. mosaicus* (Pitt, 2000) และแมงกะพรุนชนิดอื่น คือ *C. tuberculata* (Claus, 1890; 1893), *C. andromeda* (Bigelow, 1900), *M. papua* (Uchida, 1926; Sugiura, 1965), *R. nomadic* (Lotan et al., 1992), *C. cephea* (Sugiura, 1966), *N. nomurai* (Kawahara et al., 2006) คือ มีลักษณะรูปทรงคล้ายแก้วทรงสูง (Goblet-shaped) ปลายด้านล่างของก้านยึดติดกับวัสดุ และปลายด้านบนเป็นบริเวณแผ่นปากคล้ายแผ่นจาน, มีรูปทรงกรวย (Cone-shaped) คือ *R. pulmo* (Paspale, 1938), *R. verrilli* (Cargo, 1971; Calder, 1973), *R. esculentum* (Ding & Cheng, 1981; Cheng & Ding, 1983; Cheng & Ding, 1984), *S. meleagris* (Calder, 1982), *L. lucerna* (Schiariti et al., 2008) และรูปร่างคล้ายถ้วย (Cup-shaped) คือ *R. octopus* (Holst et al., 2006) จะเห็นได้ว่ารูปทรงมีความคล้ายกัน มีหนวดบริเวณแผ่นปากเหมือนกัน แต่จำนวนหนวดมีมากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิด นอกจากนี้ลักษณะไฮฟิสโตมาดังกล่าวยังพบว่าสีของไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน มีลักษณะคล้ายกับสีของไฮฟิสโตมาของ *C. nozakii* คือ มีสีเหมือนน้ำนม (Milky) (Dong, Sun, Wang, & Liu, 2008)

ไฮฟิสโตมาที่เพิ่งลงเกาะ (Newly metamorphosed scyphistoma) ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน มีลักษณะคล้ายคลึงกันแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* (Pitt, 2000), *L. lucerna* (Schiariti et al., 2008) คือ เริ่มแรกบริเวณด้านบนกระเปาะจะมีหนวดปูดออกมา 4 เส้น แต่มีความแตกต่างกันกับไฮฟิสโตมาบางชนิดที่อยู่ในลำดับชั้นคูโบซัว (Class cubozoa) หรือแมงกะพรุนกล่องระยะที่เพิ่งลงเกาะมีหนวดเพียงเส้นเดียว คือชนิด *Morbakka virulent* (Toshino et al., 2013), *Copula sivickisi* (Toshino, Miyake, & Iwanaga, 2014), *Carukia barnesi* (Courtney, Browning, & Seymour, 2016)

ไฮฟิสโตมาระยะสมบูรณ์ (Fully developed scyphistoma) ของแมงกะพรุนถ้วยหางขนมีจำนวนหนวดอยู่ระหว่าง 12 – 24 เส้น ซึ่งมีความความแตกต่างกันกับจำนวนหนวดของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* ที่พบจำนวนหนวดเพียง 12 - 20 เส้น (Pitt, 2000) และนอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนหนวดของไฮฟิสโตมามีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละชนิด คือ ชนิดที่มีหนวด 16 เส้น คือ *C. tuberculata* (Claus, 1890; 1893), *C. cephea* (Sugiura, 1966), *S. meleagris* (Calder, 1982), *R. nomadic* (Lotan et al., 1992) และ *N. nomurai* (Kawahara et al., 2006) ชนิดที่มีหนวด 32 เส้น คือ *C. andromeda* (Bigelow, 1900)

ขนาดความยาวไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนที่พบ (680-2,280 ไมโครเมตร) มีความยาวมากกว่าไฮฟิสโตมาของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* ที่มีขนาดความยาวเพียง 250 ไมโครเมตร และมีขนาดอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับไฮฟิสโตมาแมงกะพรุนชนิด *M. papua* (Uchida,

1926; Sugiura, 1963), *S. meleagris* (Calder, 1982), *L. lucerna* (Kikinger, 1992), *R. nomadic* (Lotan et al., 1992) คือ 1.5-2.3 มิลลิเมตร และสั้นกว่าไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนชนิด *C. tuberculata* คือ 5 มิลลิเมตร (Claus, 1890; 1893)

วิธีการจับกินอาหารของไซฟิสโตมา ไม่พบการรายงานวิธีการจับกินอาหารของไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *C. mosaicus* พบเพียงรายงานชนิดอาหารที่ใช้เลี้ยงระหว่างการทดลอง คือ โรติเฟอร์ (*B. plicatilis*) และอาร์ทีเมียแรกฟัก (Pitt, 2000) แต่พบว่ามีรายงานวิธีการจับกินอาหารของไซฟิสโตมาในกลุ่ม Semaestome และ Rhizostome เช่น แมงกะพรุนชนิด *A. aurita*, *C. quinquecirrha* โดยจะใช้หนวดล่อเหยื่อ จับเหยื่อ และหนวดจะหดตัวเพื่อนำเหยื่อเข้าสู่ปาก ช่องปากเกิดการยืดหดตัวเพื่อเหยื่อเข้าสู่ช่องกลางตัว ปล่อยเมือกเพื่อดำเลียงอาหาร เกิดการย่อยและขนส่งอาหารเข้าสู่เซลล์ต่อไป (Southward, 1955; Chapman, 1965; Cargo, 1971; Lobe & Blanquet, 1973; Blanquet & Wetzel, 1975 อ้างโดย Arai, 1997) ซึ่งเหมือนกันกับที่พบในแมงกะพรุนถ้วยหางขน และพบว่าไซฟิสโตมาจะล่อเหยื่อโดยการยื่นหนวดไปในมวลน้ำ ซึ่งพบว่าลักษณะการล่อเหยื่อแตกต่างกันในแมงกะพรุนชนิด *Kishinouyea corbini* พบว่าพฤติกรรมการล่อเหยื่อจะทำการโค้งตัวลง บริเวณด้านแผ่นปากจะคว่ำลงกับพื้นเพื่อล่อเหยื่อ (Larson, 1980) เมื่อทำการสังเกตดูลักษณะของไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *K. corbini* ก็พบว่าไซฟิสโตมามีหนวดที่สั้น แต่บริเวณก้านของไซฟิสโตมายาว จึงมีความเป็นไปได้ที่มีการปรับตัวในการล่อเหยื่อ, แต่มีลักษณะการกินอาหารคล้ายกันกับแมงกะพรุนชนิดอื่น (Arai, 1997) รวมทั้งแมงกะพรุนถ้วยหางขนที่ทำการศึกษาด้วย การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในระยะไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนถ้วยหางขนนี้ พบเพียง 3 รูปแบบ คือ การแตกหน่อ, การแตกหน่อแบบสโตลอน และการสร้างซีสต์ (ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็ม 20 ppt) ซึ่งมีความเหมือนและแตกต่างกับรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนี้

1) การแตกหน่อ ของแมงกะพรุนถ้วยหางขนมีการงอกของไซฟิสโตมาใหม่ บริเวณกระเปาะของไซฟิสโตมาเดิม ซึ่งการแตกหน่อแบบนี้ยังพบเช่นเดียวกับในแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus*, *Aurera* sp., *A. aurita*, *S. malayensis*, *C. andromeda*, *C. xamachana* และ *C. tuberculata* (Calder, 1973; Kikinger, 1992; Arai, 1997; Pitt, 2000; Holst, 2012; Schiariti et al., 2014)

2) การแตกหน่อแบบสโตลอน ที่พบในแมงกะพรุนถ้วยหางขนนี้ ไม่พบในแมงกะพรุน *C. mosaicus* แต่พบในแมงกะพรุนชนิด *Aurera* sp., *A. aurita*, *S. malayensis*, *C. hysoscalla*, *C. quinquecirrha* และ *C. capillata* (Cargo & Rabenold, 1980; Arai, 1997; Holst, 2012; Schiariti et al., 2014)

3) การสร้างซีสต์ ซีสต์ที่พบมีลักษณะกลม มันวาว ซึ่งไม่พบว่ามีการสร้างซีสต์ในแมงกะพรุน *C. mosaicus* (Pitt, 2000) แต่พบในแมงกะพรุนชนิด *C. capillata* (Holst, 2012)

สรุปได้ว่าการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไฮฟิสโตมาในแมงกะพรุนถ้วยหางขน ในสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองนี้ เป็นรูปแบบการแตกหน่อ การแตกหน่อแบบสโตลอน และการสร้างซีสต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ จะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของแมงกะพรุน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของอาหาร อุณหภูมิระหว่างการเลี้ยง รวมถึงการจัดการระหว่างการเลี้ยงด้วย (Brewer & Feingold, 1991 อ้างถึงใน Arai, 1997) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการเพิ่มจำนวนของไฮฟิสโตมาได้

3. ระยะสโตรอบิล่า

พบการสร้างสโตรอบิล่าเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่ออายุ 20 วัน ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนถึงการสร้างสโตรอบิล่าที่สมบูรณ์ประมาณ 5-6 วัน (ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส) โดยอายุที่พบช้ากว่าที่พบในแมงกะพรุน *C. mosaicus* คือ พบการสร้างสโตรอบิล่าเมื่ออายุ 15 วัน และเป็นสโตรอบิล่าที่สมบูรณ์ประมาณ 4 วัน (Pitt, 2000) สำหรับระยะเวลาที่ใช้สร้างสโตรอบิล่าที่สมบูรณ์ของแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ มีความต่างกัน เช่นกระบวนการสร้างสโตรอบิล่าแมงกะพรุน *M. papua* ใช้เวลา 6-7 วัน ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (Sugiura, 1963; 1965), *C. cephea* ใช้เวลา 3-5 วัน ที่อุณหภูมิ 29-30 องศาเซลเซียส (Sugiura, 1966), *S. meleagris* ใช้เวลา 3-5 วัน ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (Sugiura, 1966) ระยะสโตรอบิล่าเกิดกระบวนการแบ่งชั้นเนื้อเยื่อบริเวณแผ่นปากไฮฟิสโตมาซึ่งกระบวนการเกิดสโตรอบิลักษณ์ มีกระบวนการแบ่งชั้น เริ่มจากสร้างแฉกบริเวณโคนหนวด (Tentacular lobes) การเกิดการแบ่งออกเป็นวง (Segments) แนวขวางรอบแผ่นปาก หนวดหดสั้น และเกิดการแยกชั้นอย่างชัดเจนบริเวณแผ่นปากของไฮฟิสโตมา ซึ่งมีความคล้ายกันกับกระบวนการเกิดสโตรอบิลักษณ์ของแมงกะพรุนถ้วยหางขน และแมงกะพรุนที่อยู่ในอันดับ (Order) Semaestomeae และ Rhizostomeae (Calder, 1982; Arai, 1997; Pitt, 2000; Widmer, 2008a; 2008b; AZA Aquatic Invertebrate TAG, 2013) เช่น แมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* (Pitt, 2000), *C. nozakii* (Dong et al., 2008), *L. lucerna* (Schiariti et al., 2008)

ลักษณะของสโตรอบิลักษณ์ ของแมงกะพรุนทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบ Monodisk strobilation และ Polydisk strobilation (Arai, 1997) สำหรับแมงกะพรุนถ้วยหางขนพบว่าเป็นแบบ Monodisk strobilation คือ ลักษณะแผ่นเอพิร่า 1 แผ่นต่อ 1 ไฮฟิสโตมาเท่านั้น เช่นเดียวกันกับที่พบในแมงกะพรุนชนิด *C. tuberculata* (Claus, 1890; 1893), *C. andromeda* (Bigelow, 1900),

M. papua (Uchida, 1926; Sugiura, 1963), *C. cephea* (Sugiura, 1966), *P. punctata* (Rippingale & Kelly, 1995; Lange & Kaiser, 1995), *C. nozakii* (Dong et al., 2008) และแตกต่างจากการเกิดสโตรอบิเลชันของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* (Pitt, 2000) และแมงกะพรุนชนิด *R. esculentum* (Ding & Cheng, 1981; Cheng & Ding, 1983; 1984; Guo, 1990), *R. nomadic* (Lotan et al., 1992), *A. aurita* (Arai, 1997), *N. nomurai* (Kawahara et al., 2006) *L. lucerna* (Schiariti et al., 2008) ที่มีการเกิดสโตรอบิเลชันแบบ Polydisk strobilation คือ การเกิดการซ้อนแผ่นของเอพ็ีร่าบนแผ่นปากไซฟิสโตมามากกว่า 1 เอพ็ีร่า อย่างไรก็ตามพบว่าแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* (Pitt, 2000) สามารถเกิดสโตรอบิเลชันได้ทั้ง 2 แบบ คือ ทั้งแบบ Monodisk strobilation และ Polydisk strobilation เช่นเดียวกับแมงกะพรุนชนิด *R. verrilli* (Cargo, 1971; Calder, 1973), *S. meleagris* (Calder, 1982), *R. octopus* (Holst et al., 2007) ซึ่งการเกิดสโตรอบิเลชันมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดของแมงกะพรุน และขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของไซฟิสโตมามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม เพราะถ้าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมไซฟิสโตมามีความอ่อนแอ ทำให้เกิดความเครียดและไม่สามารถพัฒนาระยะเข้าสู่กระบวนการแบ่งชั้น หรือระยะสโตรอบิเลชันได้ อย่างไรก็ตามการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม จึงมีผลต่อกระบวนการสร้างสโตรอบิลาได้อย่างสมบูรณ์ต่อไป (Arai, 1997)

ขนาดความยาวของสโตรอบิลาของแมงกะพรุนด้วยหางขน เมื่อวัดจากจากฐานจนถึง Hypostome มีความยาวอยู่ระหว่าง 190-1,330 ไมโครเมตร ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบกับแมงกะพรุนชนิดอื่นได้ เนื่องจากไม่พบการรายงานขนาดของสโตรอบิลาในแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ พบเพียงรายงานข้อมูลการระบุชนิดการเกิดสโตรอบิเลชัน และจำนวนเอพ็ีร่าต่อไซฟิสโตม่า (Chuin, 1930; Berrill, 1949; Spangenberg, 1965; Russell, 1970; Holst et al., 2007; Dong et al., 2008; Schiariti et al., 2008; Straehler-Pohl & Jarms, 2010; Straehler-Pohl, Widmer, & Morandini, 2011) เมื่อเปรียบเทียบขนาดของสโตรอบิลา กับขนาดของไซฟิสโตม่าก็พบว่าสโตรอบิลา มีขนาดสั้นกว่าไซฟิสโตม่า (680-2,280 ไมโครเมตร)

4. ระยะเอพ็ีร่า

พบเอพ็ีร่าในมวลน้ำเมื่ออายุ 26 วัน ซึ่งมีพัฒนาการเร็วกว่าแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* ที่พบเอพ็ีร่าในมวลน้ำเมื่ออายุ 1 เดือน (Pitt, 2000) อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการพัฒนาการของเอพ็ีร่าจะขึ้นอยู่กับการจัดการดูแลตั้งแต่ระยะไซฟิสโตม่า และอุณหภูมิระหว่างการทดลอง ซึ่งจากรายงานของ Pitt (2000) พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ทดลองเลี้ยงตัวอ่อนแมงกะพรุน *C. mosaicus* อยู่ที่ 20 องศาเซลเซียส จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การพัฒนาเข้าสู่ระยะเอพ็ีร่าช้ากว่าเอพ็ีร่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน ซึ่งมีค่าอุณหภูมิที่ระดับ 28 องศาเซลเซียส

โครงสร้างสำคัญของเอพิร่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน มีโครงสร้างที่สำคัญ คือ บริเวณกึ่งกลางลำตัว (Central disc) จะมีโครงสร้างลักษณะคล้ายแขนที่ยื่นออกมาจากกลางลำตัว (Marginal lobes) บริเวณปลายแขนจะแยกออกเป็นแฉกแต่ละแฉก เรียกว่า แล่ปเพท ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเช่นเดียวกันกับเอพิร่าแมงกะพรุนชนิดอื่น (Calder, 1973; Cargo & Rabenold, 1980; Kikinger, 1992; Arai, 1997; Pitt, 2000; Straehler-Pohl et al., 2011; Holst, 2012; Schiariti et al., 2014)

จำนวนแล่ปเพทเอพิร่าแมงกะพรุนถ้วยหางขนมี 16 แล่ปเพท เช่นเดียวกับเอพิร่าของแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* (Pitt, 2000) นอกจากนี้ยังพบจำนวนแล่ปเพทเท่ากันกับเอพิร่าแมงกะพรุนชนิด *C. cephea* (Sugiura, 1966), *A. aurita* (Arai, 1997; Straehler-Pohl & Jarms, 2010), *C. nozakii* (Dong et al., 2008), *A. limbata*, *C. tuberculata*, *C. hysoscella*, *C. lamarckii*, *C. capillata*, *N. setouchianum*, *M. papua*, *P. punctata*, *R. octopus*, *R. a pulmo*, *R. esculentum* (Straehler-Pohl & Jarms, 2010), *C. townsendi* (ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) แต่ก็มีจำนวนแล่ปเพทแตกต่างกัน ในแมงกะพรุนชนิด *S. malayensis* มีแล่ปเพท 30 แล่ปเพท (Straehler-Pohl & Jarms, 2010), *P. camtschatica* มีแล่ปเพท 34 แล่ปเพท (Straehler-Pohl et al., 2011) และ *C. andromeda* มีแล่ปเพทมากถึง 36-46 แล่ปเพท (Straehler-Pohl et al., 2011)

ลักษณะรูปทรงบริเวณปลายแล่ปเพท แมงกะพรุนถ้วยหางขนมีรูปทรงโค้งมนคล้ายกับชนิด *C. cephea*, *M. papua*, *N. weneri*, *N. setouchianum* และ *C. tuberculata* ที่มีบริเวณปลายแล่ปเพทรูปทรงคล้ายช้อน (Spoon-like) และมีความแตกต่างกันกับชนิด *C. mosaicus*, *C. townsendi* ที่มีรูปทรงเป็นแฉกคล้ายใบปาล์ม (Palm-like) (Pitt, 2000; Straehler-Pohl et al., 2011; ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) และ *C. hysoscella*, *R. pulmo*, *C. hysoscella* ที่มีรูปทรงคล้ายช้อนพาย (Spatula-like) *C. lamarckii* ที่มีรูปทรงคล้ายมีดดาบ (Sword-like) *C. capillata* และ *P. punctata* รูปทรงคล้ายใบมีดผ่าตัด (Lancet-like) *R. esculentum*, *P. camtschatica* รูปทรงคล้ายปลายธนู (Arrow-tip-like) *R. octopus* รูปทรงคล้ายมีด (Knife-shaped) *S. malayensis* (Straehler-Pohl et al., 2011) ที่มีรูปร่างเว้าคล้ายส้อม (Club-like and Forked) (Straehler-Pohl & Jarms, 2010)

สีของเอพิร่า อย่างไรก็ตามสีของเอพิร่ามีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดแมงกะพรุน แต่พบว่าจะถึงแม้จะเป็นแมงกะพรุนชนิดเดียวกัน แต่ก็พบว่ามีสีแตกต่างกันได้ เช่น *C. lamarckii* เอพิร่ามีสีขาว (White) (ที่อุณหภูมิ 6.6-10.2 องศาเซลเซียส) (Delap, 1905) และสีน้ำเงินอ่อน (Bluish) (ที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส) (Straehler-Pohl & Jarms, 2010), *S. malayensis* ที่มีสีน้ำตาลอ่อน (Brownish) (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) และสีน้ำตาลเข้มออกส้ม (Deep brown orange) (ที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส) (Adler, 2008) ซึ่งในเอพิร่าทั้ง 2 ชนิด

ไม่พบว่ามีสาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae) ในเอพีร่า (Adler, 2008; Straehler-Pohl & Jarms, 2010) ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่สีของเอพีร่าจะมีความแตกต่างกันตามสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ซึ่งไม่พบว่ามีสาหร่ายซูแซนเทลลีในเอพีร่า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสีของเอพีร่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน (28 องศาเซลเซียส) มีสีคล้ายกับสีของเอพีร่า *N. setouchianum* คือ มีเหลืองอมน้ำตาลจนถึงสีแดง (Reddish to yellowish brown) (ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส) (Straehler-Pohl & Jarms, 2010) ซึ่งมีความแตกต่างกับสีเอพีร่าของ *R. octopus*, *R. pulmo* มีสีคล้ายน้ำนมและโปร่งใส (Milky transparent) (ที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส) (Straehler-Pohl & Jarms, 2010), *C. mosaicus* มีสีคล้ายน้ำนมและโปร่งใส (Milky transparent) (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) (Straehler-Pohl & Jarms, 2010)

ขนาดเอพีร่าเมื่อวัดจากปลายเอพีร่าด้านหนึ่งไปยังปลายด้านตรงข้ามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร มีขนาดใกล้เคียงกันกับขนาดของเอพีร่าแมงกะพรุน *C. mosaicus* (2 มิลลิเมตร) และ *N. weneri* มีขนาดอยู่ระหว่าง 2.0-2.2 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส (Jarms, 1990) และพบว่ามีความแตกต่างกับเอพีร่าแมงกะพรุนบางชนิด เช่น *C. capillata* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.55 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 5-10 องศาเซลเซียส (Grondahl & Hernroth, 1987), *C. tuberculata* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.9 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส (Kikinger, 1992)

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระดับอุณหภูมิเปลี่ยนไป ส่งผลต่อขนาดเอพีร่าที่ลดลงด้วย เช่น *N. weneri* พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ระดับ 20-23 องศาเซลเซียส ขนาดเอพีร่าลดลงเหลือ 0.65-0.66 มิลลิเมตร (Jarms, 1990), *C. capillata* เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ระดับ 19 องศาเซลเซียส ขนาดเอพีร่าลดลงเหลือ 2.0-4.4 มิลลิเมตร (Grondahl & Hernroth, 1987), *C. tuberculata* เมื่ออุณหภูมิต่ำลงที่ระดับ 20-24 องศาเซลเซียส ขนาดเอพีร่าลดลงเหลือ 1.5-2.0 มิลลิเมตร (Kikinger, 1992) ซึ่งมีความแตกต่างกับการเกิดเอพีร่าของแมงกะพรุนถ้วยหางขน พบว่าเมื่อสภาพอุณหภูมิเปลี่ยนไป จะไม่พบการเกิดเอพีร่าในมวลน้ำเลย และพบว่าในระหว่างการศึกษาวิจัย (อุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส) พบเอพีร่าที่ไม่สมบูรณ์ 1 ตัว คือบริเวณก้านแฉก (Maginal lobes) มีเพียง 4 ก้าน เช่นเดียวกับรายงานของ Arai (1997) พบว่าลักษณะดังกล่าวหมายความว่า การพัฒนาของเอพีร่านั้นมีทั้งสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์แม้จะเป็นชนิดเดียวกันก็ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของเอพีร่า มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนของแมงกะพรุนแต่ละชนิด เช่นเดียวกับรายงานของ Russell (1970) พบว่าเอพีร่าในลำดับชั้น ไฮโปซัว มีลักษณะโครงสร้างที่สำคัญ ทั้งจำนวนของเกล็ดเพท ลักษณะปลายเกล็ดเพท สี ลักษณะรูปร่างของมานูเบรียม (Manubrium) และขนาดของเอพีร่า เช่นเดียวกับ Arai (1997); Straehler-Pohl et al. (2011);

Holst (2012) ที่พบว่าสามารถจำแนกชนิด และแยกความแตกต่างของเอพิร่าแต่ละชนิด ได้จาก ลักษณะโครงสร้างของเอพิร่า

การเคลื่อนที่และการกินอาหารของเอพิร่าแมงกะพรุนด้วยหางขน จะมีลักษณะ คล้ายกับเอพิร่าแมงกะพรุน *C. capillata* คือ การขยับขึ้นลงของแผ่นกลางตัว (Disc) ก้านแล็บเพท และแล็บเพท โดยแผ่นกางออกและขยับโครงสร้างทั้ง 3 พัดเข้าหาถึงกลางลำตัวพร้อม ๆ กัน ทำให้มีการกวาดน้ำไปด้านหลัง และดันตัวเองไปด้านหน้า และทำเป็นจังหวะสม่ำเสมอ จึงเกิดการเคลื่อนที่ ในมวลน้ำ (Higgins, Ford, & Costello, 2008) อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Arai (1997); Higgins et al. (2008) พบว่าการกินอาหารของเอพิร่าอาศัยจังหวะการเคลื่อนที่ที่เร็วกว่า ซึ่งตอบสนองต่อเหยื่อ เมื่อเหยื่อสัมผัสกับบริเวณแล็บเพท เอพิร่าจะขยับตัวขึ้นลงเร็วขึ้น เพื่อขยับให้อาหารเคลื่อนที่ มาบริเวณมานูเบรียม กล้ามเนื้อเกิดการยืดหดตัว เพื่อให้เหยื่อเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัวได้ เช่นเดียวกับการกินอาหารเอพิร่าแมงกะพรุน *A. aurita* พบว่าจะทำการจับเหยื่อโดยใช้บริเวณปลายแล็บเพท และก้านแล็บเพท เมื่อจับเหยื่อได้แล้วก้านแล็บเพทจะโค้งเข้าหาลำตัวพร้อม ๆ กัน เป็นจังหวะสม่ำเสมอ เพื่อให้อาหารเข้ามาบริเวณมานูเบรียม (Gemmill, 1921; Southward, 1955; Horridge, 1956; Sveshnikov, 1963 อ้างถึง โดย Arai, 1997)

5. ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก

พบระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าขนาดเล็กเมื่ออายุ 33 วัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ร่ม 6 มิลลิเมตร การพัฒนาจากระยะเอพิร่าไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าของแมงกะพรุนด้วยหางขน มีลักษณะที่สำคัญเช่นเดียวกับรายงานของ Arai (1997); Holst (2012) ที่พบว่าระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า จะมีการพัฒนาบริเวณร่มที่เป็นทรงระฆังคว่ำ มีรยางค์ ปาก ช่องกลางตัวบริเวณ กึ่งกลางด้านลำตัวร่วม และมีระบบท่อบริเวณร่ม แมงกะพรุนด้วยหางขนยังพบพบเส้ บริเวณปลายรยางค์ 1 เส้นต่อรยางค์ และพบเส้หรือขนรอบ ๆ รยางค์เป็นจำนวนมากไม่สามารถนับได้ ซึ่งเส้ที่พบปลายรยางค์จะยาวกว่าเส้รอบรยางค์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแมงกะพรุนด้วยหางขน

ขนาดของเมดูซ่าขนาดเล็กจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางร่ม 6 มิลลิเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดเริ่มต้นของการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าในแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* พบเพียงข้อมูลขนาดของเมดูซ่าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่ม ตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดเริ่มต้นของการพัฒนาเข้าสู่ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าในแมงกะพรุนชนิด *C. mosaicus* พบเพียงข้อมูลขนาดของเมดูซ่าที่เข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่มตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของเมดูซ่าของแมงกะพรุนชนิด *R. octopus* พบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่มตั้งแต่ขนาด 4 มิลลิเมตรที่อายุ

2 เดือน และขนาด 40 มิลลิเมตร เมื่ออายุ 7 เดือนขึ้นไป (Holst et al., 2006) สาเหตุที่แมงกะพรุนถ้วยหางขนพัฒนาเข้าสู่ระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าได้เร็วกว่าแมงกะพรุนชนิด *R. octopus* ที่อายุ 33 วัน และมีขนาดใหญ่กว่า (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางร่วม 6 มิลลิเมตร) ที่มีความแตกต่างกันก็อาจเป็นเพราะว่าแมงกะพรุนถ้วยหางขนเป็นชนิดที่อยู่อาศัยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสขึ้นไป แต่แมงกะพรุนชนิด *R. octopus* อยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำที่ระดับ 15 องศาเซลเซียส สัตว์ที่อาศัยอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าจะส่งผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงชีวเคมีในร่างกายสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น (ยนต์ มุสิก, 2539) ทำให้ระยะเวลาพัฒนาการในแต่ละระยะ และการเกิดสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเร็วขึ้น และชักนำให้เกิดการเจริญเติบโตเร็วกว่า (Widmer, 2008; Richardson, Bakun, Hay, & Gibbons, 2009; Dong, Liu, & Keesing, 2010)

การเคลื่อนที่ของระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าแมงกะพรุนถ้วยหางขน อาศัยการขยับตัวของกล้ามเนื้อบริเวณขอบร้อม โดยมีการขยับขอบร้อมขึ้นลงเป็นจังหวะ เมื่อแมงกะพรุนขยับขอบร้อมเข้าหารยางค์ จะเกิดการดันมวลน้ำไปด้านหลังลอดผ่านรยางค์ และผลักลำตัวไปในทิศทางด้านหน้า หลังจากนั้นจะแผ่ขยายขอบร้อมออกอีกครั้ง และขยับขึ้นลงเป็นจังหวะ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ คล้ายกับลักษณะการเคลื่อนที่ของระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าแมงกะพรุน *S. meleagris* พบว่าระหว่างการขยับกล้ามเนื้อขอบร้อมเข้าหาลำตัว น้ำที่ถูกพัดไปด้านหลังลำตัว จะผ่านรยางค์และเข้าสู่ช่องว่างระหว่างรยางค์ แต่มีความแตกต่างกันกับชนิด *C. capillata* ที่พบว่าเมื่อจังหวะที่ขอบร้อมคลายตัว (Relaxation) เพื่อเตรียมตัวขยับขอบร้อมพัดเข้าหาลำตัว บริเวณร้อมจะเปิดหายใจตัวขึ้นไปในมวลน้ำ ก่อนจะพัดขอบร้อมลง ที่มีลักษณะต่างกันเนื่องมาจากลักษณะร้อมของแมงกะพรุน *C. capillata* มีลักษณะร้อมบาง สักส่วนของร้อมมีขนาดสั้นกว่ารยางค์ และหนวด ดังนั้นจึงต้องเปิดหายใจขึ้นไปในมวลน้ำ เพื่อให้มีแรงผลักดันน้ำ และเคลื่อนที่ในมวลน้ำได้ต่อไป (Costello & Colin, 1995)

จากรายงานของ Arai (1997); Costello and Colin (1995) ที่พบว่าเมื่อมีอาหารในมวลน้ำ การเคลื่อนที่ของเมดูซ่าจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อเหยื่อ และพบว่ามีการกินอาหารของระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าในแมงกะพรุนชนิด *P. noctiluca*, *C. quinquecirrha* เมื่อในน้ำมีเหยื่อ แมงกะพรุนจะขยายรยางค์ และหนวด และจับเหยื่อโดยใช้รยางค์ และหนวดรอบ ๆ ขอบร้อม เข็มพิษถูกปล่อยออกมาทำให้เหยื่อเป็นอัมพาต หนวดจะหัดตัวม้วนเหยื่อ ขณะเดียวกันแมงกะพรุนยึดหัดตัวเร็วขึ้น เพื่อให้อาหารเคลื่อนที่มาบริเวณรยางค์ กล้ามเนื้อบริเวณปากยึดหัดตัวเพื่อให้อาหารเข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัว เกิดการย่อย และขนส่งอาหารไปตามระบบท่อรอบ ๆ ร้อม (Rottini-Sandrini & Avian, 1989 อ้างโดย Arai, 1997; Perkins, -

Ramsey, & Street, 1989) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับลักษณะการกินอาหารของระยะที่มีรูปร่างแบบแมดดูซ่าในแมงกะพรุนถ้วยหางขน พบว่าเมื่อในมวลน้ำมีเหยื่อ แมงกะพรุนระยะที่มีรูปร่างแบบแมดดูซ่าเคลื่อนที่เร็วขึ้น บริเวณยางค์ และแฉัก (ลักษณะเฉพาะของแมงกะพรุนถ้วยหางขน) จะขยายตัวและยืดยาวออก เมื่อสัมผัสโดนเหยื่อ เข็มพิษจะถูกปล่อยออกมาทำให้เหยื่อเป็นอัมพาตและตายในที่สุด แมงกะพรุนจะหดตัวในลักษณะห่อตัว และมีการขยับตัวของกล้ามเนื้อในลักษณะยืดและหดตัวเป็นจังหวะเร็วขึ้นกว่าการเคลื่อนที่ในมวลน้ำ เพื่อให้อาหารเคลื่อนที่มาบริเวณยางค์ และปาก การยืดหดตัวยังช่วยให้อาหารเคลื่อนที่มาบริเวณช่องกลางตัว เกิดการย่อยอาหาร และมีการขนส่งสารอาหารไปตามระบบท่อต่อไป

ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิโตมา

แมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

1. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

1.1. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิโตมาแมงกะพรุน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม แสงสว่าง และอาหาร (Arai, 1997; Larson, 1999; Purcell et al., 1999; Tronolone et al., 2002; Purcell, 2007; Willcox et al., 2007; Widmer, 2008a; 2008b; Dong et al., 2010; Holst & Jarms, 2010; Purcell et al., 2012) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนอกจากส่งผลต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนแล้ว ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น ๆ เช่นกัน (Purcell, 2007) อย่างไรก็ตามในด้านการกระตุ้นเพื่อให้ได้ตัวอ่อนแมงกะพรุนภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะได้ตัวอ่อนมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่เข้ามากระทบควบคุมการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยพบว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิและความเค็มเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนไซฟิโตมา และการสร้างสตรอบิลาเพื่อเพิ่มจำนวนเอพีร่าได้ (Plamen, 1953; Kinne & Paffenhofer, 1966; Kakinuma, 1975; Keen & Gong, 1989; Arai, 1997; Purcell et al., 1999; Watanabe & Ishii, 2001; Purcell, 2007; Holst & Jarms, 2010; Strachler-Pohl & Jarms, 2011)

จากผลการทดลองอิทธิพลร่วมกันของอุณหภูมิ และความเค็มในครั้งนี้ พบว่ามีผลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นของไซฟิโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน ซึ่งพบจำนวนหน่อใหม่สูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 10, 20 ppt และต่ำสุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 30 ppt ซึ่งจำนวนหน่อใหม่ที่พบสูงที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 10, 20 ppt นั้น ระดับอุณหภูมิและความเค็มดังกล่าวมี

ความใกล้เคียงกับค่าคุณภาพน้ำที่พบแมงกะพรุนถ้วยหางขน บริเวณปากแม่น้ำ ป่าชายเลน และ ชายฝั่งทะเล ของอ่าวไทย ซึ่งจากรายงานของ สถาบันวิจัยและทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และ ป่าชายเลน (2558); สุภาพร องค์กรา และคณะ (2555); ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ (2559) พบว่าในปี พ.ศ. 2555 และปี พ.ศ. 2558-2559 พบค่าอุณหภูมิน้ำบริเวณอ่าวไทยอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส และความเค็มอยู่ระหว่าง 9-20 ppt และเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการสำรวจการ แพร่กระจายแมงกะพรุนถ้วยหางขน นอกจากพบบริเวณอ่าวไทยแล้ว ยังพบว่ามีการแพร่กระจาย บริเวณประเทศมาเลเซีย (Ramachandram, 2007) จะเห็นได้ว่าเป็นชนิดที่มีการแพร่กระจายในเขตร้อนชื้น (Tropical zone) เช่นเดียวกับรายงานของ AZA Aquatic Invertebrate TAG (2013) พบว่า แมงกะพรุนในเขตร้อนชื้น พบการเพิ่มจำนวนและแพร่กระจายมากที่ระดับอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส และช่วงความเค็มที่พบแมงกะพรุนชนิดนั้นในธรรมชาติ (Tronolone et al., 2002; Willcox et al., 2007) เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาการเพิ่มจำนวนไซฟิสโตมาแมงกะพรุนในเขตร้อนชื้น ของ Hartwick (1991) ที่ทำการเลี้ยงแมงกะพรุน *Chironex fleckeri* ที่ระดับอุณหภูมิ 22.8, 25.3 และ 27.5 องศาเซลเซียส ความเค็ม 32 ppt พบว่าไซฟิสโตมาสามารถเจริญเติบโตและเกิดการสืบพันธุ์ แบบไม่อาศัยเพศได้ที่อุณหภูมิ 25.3±0.5 องศาเซลเซียส ความเค็ม 32 ppt และ Carrette, Straehler-Pohl, and Seymour (2014) พบว่าแมงกะพรุน *Alatina moseri* พบการรวมตัวในธรรมชาติที่ระดับ อุณหภูมิ 23-28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 34 ppt แต่พบว่าไซฟิสโตมาสามารถเพิ่มจำนวนหน่อใหม่ ที่ระดับอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 34 ppt เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Courtney, Browning, and Seymour (2016) พบว่าแมงกะพรุน *Carakia barnesi* พบการแพร่กระจายใน ธรรมชาติที่อุณหภูมิระหว่าง 27.5-30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 34- 35 ppt พบว่าไซฟิสโตมา สามารถเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 34- 35 ppt จาก ผลการทดลองครั้งนี้และรายงานดังที่กล่าวมาข้างต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ Peel et al. (2007); Richardson et al. (2009); Dong et al. (2010) พบว่าบริเวณเขตร้อนชื้นมีความ หลากหลายและจำนวนของพืชและสัตว์มาก เพราะบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ มากที่สุด พบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่ 18 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป ระดับอุณหภูมิน้ำบริเวณเขตร้อน ชื้นได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (Primary producers) ที่อาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อแปลงเป็นพลังงาน จึงมีเจริญเติบโตและเพิ่ม จำนวนมากขึ้น ส่งผลให้แพลงก์ตอนสัตว์ซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นทุติยภูมิ (Secondary producers) ก็มีการ เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามไปด้วย และแมงกะพรุนเป็นสัตว์ที่กินแพลงก์ตอนสัตว์ ลูกปลา และตัวอ่อน สัตว์น้ำเป็นอาหาร (Russell, 1970; Arai, 1997; Larson, 1999; Widmer, 2008a; 2008b) เมื่อปริมาณ อาหารมีความอุดมสมบูรณ์ แมงกะพรุนมีการเจริญเติบโต และการเจริญพันธุ์เพิ่มจำนวนมากขึ้น

เช่นกัน ทำให้บริเวณดังกล่าวมีการแพร่กระจายชนิดและจำนวนแมงกะพรุนมากกว่าในเขตหนาว ซึ่งได้รับแสงน้อยมากในรอบปี (Dong et al., 2010) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ไซฟิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขนจะสามารถเพิ่มจำนวนหน่อใหม่ได้สูงที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 10, 20 ppt ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่พบได้ในเขตร้อนชื้น และเมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิร่วมกับความเค็มต่อจำนวนการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนในเขตหนาว ก็พบว่ามีความใกล้เคียงกับการทดลองครั้งนี้ในด้านของการมีอิทธิพลร่วมกันของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แต่พบว่าระดับอุณหภูมิและความเค็มที่ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนและการแพร่กระจายไซฟิสโตมามีความแตกต่างกันกับแมงกะพรุนที่แพร่กระจายบริเวณเขตร้อนชื้น ซึ่ง AZA Aquatic Invertebrate TAG (2013) พบว่าแมงกะพรุนในเขตหนาว จะพบการเพิ่มจำนวนและการแพร่กระจายมากที่ระดับอุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส ดังเช่นรายงานของ Kinne and Paffenhofer (1966) ทำการทดลองอุณหภูมิ (12, 17 (ควบคุม), 22 องศาเซลเซียส) ร่วมกับความเค็ม (16, 24, 32 (ควบคุม), 40 ppt) ต่อการเพิ่มจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุน *Clara muhicornis* พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น โดยจำนวนหน่อใหม่เพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิที่ลดลง ซึ่งพบมากที่สุดที่ระดับความเค็ม 32 ppt ซึ่งเป็นช่วงความเค็มที่พบแมงกะพรุนชนิดนี้ในธรรมชาติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Purcell (2007) ที่ทำการทดลองปัจจัยด้านอุณหภูมิ (7, 10 (ควบคุม), 15 องศาเซลเซียส) ร่วมกับความเค็ม (20, 27 (ควบคุม), 34 ppt) ต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *A. labiata* พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเกิดสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา มากถึง 91 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 34 ppt รองลงมาคือ 81 เปอร์เซ็นต์ ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27 ppt

และจากการทดลองครั้งนี้พบจำนวนหน่อใหม่ต่ำที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 20 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 30 ppt เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพน้ำในธรรมชาติบริเวณที่พบแมงกะพรุนด้วยหางขน พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสนั้น เป็นระดับอุณหภูมิที่พบบริเวณผิวน้ำ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรง ทำให้มีอุณหภูมิสูง ถึงแม้ว่าจะเป็นช่วงอุณหภูมิที่พบได้ในอ่าวไทยก็ตาม แต่จากรายงานของ Hartwick (1991); Carrette et al. (2014); Courtney et al. (2016) พบว่าไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนบางชนิดในธรรมชาติ จะเกาะอยู่กับวัสดุบริเวณพื้นที่ตื้นน้ำ ที่ระดับความลึกประมาณ 1-6 เมตร เช่นเดียวกับผลการศึกษาวงจรชีวิตแมงกะพรุนด้วยหางขนที่พบว่าไซฟิสโตมา จะเกาะติดกับวัสดุบริเวณพื้นที่ตื้นน้ำ ไม่ได้เกาะติดกับวัสดุบริเวณผิวน้ำ ในลักษณะที่ห้อยหัวลงมา เช่นเดียวกับรายงานของ Mihursky and Kennedy (1967); Blanquer (1972); Purcell (1999) พบว่าการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาของแมงกะพรุน

บางชนิด ถ้าอุณหภูมิที่สูงเกินไป นอกจากจะไม่เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแล้ว ไชฟิสโตมา จะเกิดความเครียด และอาจจะตายได้ นอกจากนี้ยังพบว่าระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบ จำนวนหน่อใหม่ต่ำที่สุดเช่นกัน ซึ่งระดับอุณหภูมิดังกล่าวเป็นช่วงอุณหภูมิต่ำเกินไป ไม่พบบริเวณ อ่าวไทย ซึ่งอุณหภูมิมิบริเวณอ่าวไทยพบระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส (Nontivich, 2001; สถาบันวิจัยและทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2558; สุภาพร อสงาราด และคณะ, 2555; ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) จึงมีความเป็นไปได้เช่นกันที่จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นมี จำนวนต่ำที่สุด และยังพบว่าระดับความเค็ม 30 ppt ยังเป็นระดับความเค็มที่สูงเกินไปเมื่อ เปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจพบการรวมตัวของแมงกะพรุนถ้วย-หางขนในธรรมชาติ ซึ่งพบการ รวมตัวบริเวณป่าชายเลน ปากแม่น้ำ ที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ พบระดับความเค็มอยู่ ระหว่าง 9-20 ppt (ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) เช่นเดียวกับรายงานของ Tronolone et al. (2002); Willcox et al. (2007) ที่พบว่าไชฟิสโตมาจะมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ในช่วงความเค็ม ใกล้เคียงกับที่พบแมงกะพรุนชนิดนั้นในธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากระดับอุณหภูมิ และความ เค็มดังกล่าว จึงมีความเป็นไปได้ว่าจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นมีจำนวนต่ำที่สุด เพราะไม่ใช่ค่าที่ เหมาะสมที่พบในธรรมชาติที่พบแมงกะพรุนถ้วยหางขน

จากผลการทดลองและงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าอิทธิพลของอุณหภูมิ และความเค็มมีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุน แต่พบว่าระดับอุณหภูมิ และความ เค็มที่ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะแตกต่างกันในแมงกะพรุนแต่ละ ชนิด เช่นเดียวกับรายงานของ Blanquet (1972) พบว่าระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ส่งผลให้เกิด การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในแมงกะพรุน ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของแมงกะพรุน ซึ่งพบว่าในแต่ละ ชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มจำนวนตามระดับอุณหภูมิในช่วงแคบ และระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับ ธรรมชาติที่พบแมงกะพรุนชนิดนั้น ๆ เช่นเดียวกับรายงานของ Arai (1997); Purcell et al. (1999); Purcell (2007); Purcell et al. (2012) ที่พบว่าปัจจัยอุณหภูมิร่วมกับความเค็มเป็นปัจจัยกระตุ้นให้ เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และเพิ่มจำนวนไชฟิสโตมาใหม่ ซึ่งระดับอุณหภูมิและความเค็ม ดังกล่าว จะส่งผลต่อการแพร่กระจายของแมงกะพรุนในธรรมชาติได้

เมื่อทำการพิจารณาแยกแต่ละปัจจัย ก็พบว่าอุณหภูมิ หรือความเค็มก็มีผลต่อ จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นของไชฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนเช่นกัน ซึ่งพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีจำนวนหน่อใหม่สูงที่สุด โดยพบว่าระดับอุณหภูมิดังกล่าวเป็นระดับอุณหภูมิ ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิในธรรมชาติ ที่พบการแพร่กระจายในเขตร้อนชื้น คือ ชายฝั่งทะเลอ่าว ไทย และประเทศมาเลเซีย (Nontivich, 2001; Ramachandram, 2007; สถาบันวิจัยและทรัพยากรทาง ทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2558; สุภาพร อสงาราด และคณะ, 2555; ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ,

2559) เช่นเดียวกับรายงานของ Hartwick (1991); Carrette et al. (2014); Courtney et al. (2016) ที่พบว่าแมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายในเขตร้อนชื้น จะพบการเพิ่มจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และการเจริญเติบโตของไซฟิสโตมาไตที่อุณหภูมิตั้งแต่ 25-28 องศาเซลเซียส เช่น แมงกะพรุน *C. fleckeri*, *A. moseri*, *C. barnesi* เช่นเดียวกับการศึกษาของ Miyake et al., (2002) อ้างถึงใน Arai (1997) พบว่าในช่วงต้นฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ทำให้เพิ่มจำนวนไซฟิสโตมาไตใหม่ของแมงกะพรุนได้ ซึ่ง Elliott and Legett (1996) พบว่าอุณหภูมิสูง ส่งผลต่อเมแทบอลิซึมภายในร่างกายของไซฟิสโตมาไตเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการกินอาหารและย่อยอาหารของไซฟิสโตมาไตเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นไซฟิสโตมาไตมีการสะสมอาหารเพื่อเป็นพลังงานสำรองนำไปใช้ในกระบวนการสร้างโคลอนีของเนื้อเยื่อได้มากขึ้น จึงเกิดการสร้างหน่อใหม่ได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Richardson et al. (2009) ที่พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแมงกะพรุนในธรรมชาติ โดยการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของตัวอ่อนแมงกะพรุน และเจริญเติบโตไปเป็นระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่าได้ต่อไป

และจากพบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบจำนวนหน่อใหม่ต่ำที่สุด แต่ไซฟิสโตมาไตมีระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมาไตมากที่สุด ก็มีความเป็นไปได้ เพราะเป็นระดับอุณหภูมิที่ไม่พบในทะเลอ่าวไทย เช่นเดียวกับรายงานของ Kakinuma (1975) พบว่าอุณหภูมิปกติที่เลี้ยงไซฟิสโตมาไต *A. aurita* อยู่ระหว่าง 10-15 องศาเซลเซียส แต่ถ้าลดอุณหภูมิลงมาเหลือ 5-8 องศาเซลเซียส ไซฟิสโตมาไตจะหยุดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และ Sokolowski, Brulinska, Cienycz, and Wolowice (2016) พบว่าไซฟิสโตมาไตแมงกะพรุน *A. aurita* พบจำนวนหน่อใหม่สูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (ควบคุม) และไม่พบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเลยที่ระดับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับ Liu, Lu, and Chang (2000) พบว่าระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ไซฟิสโตมาไตแมงกะพรุน *A. aurita* ไม่เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่นเดียวกับรายงานของ Willcox et al. (2007) พบว่าระดับอุณหภูมิที่ลดต่ำกว่าระดับอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนแต่ละชนิด ส่งผลต่อเมแทบอลิซึมในร่างกายลดลง กระบวนการกินอาหารและย่อยอาหารของไซฟิสโตมาไตลดลงตามไปด้วย ทำให้ไม่มีพลังงานเพียงพอต่อการสร้างเซลล์ใหม่ จึงไม่เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ดังนั้นที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปไม่เหมาะสมต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาไตแมงกะพรุนด้วยทางชน

และที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นอกจากจะพบจำนวนหน่อใหม่ต่ำที่สุดแล้ว ยังพบว่าไซฟิสโตมาไตมีระยะเวลาการอยู่รอดต่ำที่สุดด้วย อาจเป็นเพราะเป็นระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไป เช่นเดียวกับรายงานของ Blanquer (1972); Purcell (1999) พบว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไป

ไซพิสโตมาจะเกิดความเครียด และอาจจะตายได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Mihursky and Kennedy (1967) ทำการเลี้ยงไซพิสโตมาแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* ที่ระดับอุณหภูมิปกติ 10.5 องศาเซลเซียส และทำการทดลองเลี้ยงไซพิสโตมาหลายระดับอุณหภูมิ พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ส่งผลเสียต่อไซพิสโตมาถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อความร้อน แสดงออกมาในรูปของความเครียดแทน

เมื่อพิจารณาระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซพิสโตมาแมงกะพรุนแต่ละชนิดก็พบว่าบางชนิดถูกกระตุ้นด้วยระดับอุณหภูมิที่ลดลง บางชนิดต้องเพิ่มระดับอุณหภูมิ เช่นเดียวกับรายงานของ Blanquer (1972) พบว่าระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะกระตุ้นให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของแมงกะพรุน

และปัจจัยความเค็มของน้ำพบว่าที่ระดับ 10, 20 ppt มีจำนวนหน่อใหม่ของไซพิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขนสูงที่สุด และต่ำสุดที่ระดับความเค็ม 30 ppt ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจำนวนหน่อใหม่เพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่ลดลง เช่นเดียวกับระดับความเค็มที่พบแมงกะพรุนด้วยหางขนในธรรมชาติบริเวณปากแม่น้ำ ป่าชายเลน และบริเวณชายทะเลอ่าวไทย ซึ่งพบระดับความเค็มอยู่ระหว่าง 9-20 ppt (ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) ซึ่งบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจึงมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในรอบวันสูง เช่นเดียวกับรายงานของ Kirschner (1991) อ้างโดย Arai (1997); ยนต์ มุสิก (2539); บุญรัตน์ ประทุมชาติ, พิชาญ สุว่างวงศ์ และมาฮาโค (2546) พบว่าสิ่งมีชีวิตบริเวณดังกล่าวมีการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดได้ในช่วงความเค็มที่แตกต่างกัน เช่น กุ้งก้ามกรามจะอาศัยอยู่ในน้ำจืด แต่บางช่วงของวงจรชีวิต เช่น ช่วงวางไข่จะมีการอพยพเพื่อวางไข่บริเวณน้ำกร่อย เป็นต้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเค็มจึงมีอิทธิพลต่อสัตว์น้ำ เกี่ยวกับกลไกการควบคุมของเหลวในร่างกาย 2 รูปแบบ คือ Hyperregulation สภาวะที่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด ของเหลวภายในเนื้อเยื่อจะมีความเข้มข้นของเกลืออยู่ในระดับ 10-12 ppt ซึ่งสูงกว่าระดับเกลือในน้ำจืด (0.5 ppt) น้ำจากภายนอกจะแพร่เข้าสู่เซลล์ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดจึงต้องกำจัดน้ำออกตลอดเวลา เพื่อคงความเข้มข้นของเหลวในร่างกาย (Osmoregulation) เกิดการสูญเสียไอออนสู่สิ่งแวดล้อม (ยนต์ มุสิก, 2539) แต่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในช่วงความเค็มสูงของเหลวในร่างกายมีความเข้มข้นต่ำกว่าน้ำภายนอก ร่างกาย สัตว์ที่อาศัยในน้ำทะเลจะมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายตลอดเวลา จึงมีการปรับสมดุลโดยการดื่มน้ำเข้าไปปริมาณมาก และขับถ่ายเกลือแร่ออกปริมาณมากเช่นกัน เพื่อไม่ให้เนื้อเยื่อมีการสะสมเกลือแร่มากเกินไปและเพื่อรักษาระดับเกลือแร่ในร่างกาย เรียกว่า Hyporegulation (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และคณะ, 2546) ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณปากแม่น้ำ มีสภาวะความเข้มข้นของของเหลวในร่างกายกับนอกร่างกายอยู่ในระดับเดียวกัน สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

บริเวณนี้จึงมีการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี และจากรายงานของ Willcox et al. (2007) พบว่าระดับความเค็มที่มีผลต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนที่ทำทดลองในห้องปฏิบัติการ มีความใกล้เคียงกับระดับความเค็มที่พบแมงกะพรุนชนิดนั้น ๆ ในธรรมชาติ ไซฟิสโตมาจะมีความทนทาน และสามารถปรับตัวและเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ เช่นเดียวกับไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *C. muhicormis* และ *Cordylophora caspia* สามารถเพิ่มจำนวนหน่อใหม่ได้มากขึ้นเมื่อระดับความเค็มลดลง เช่นเดียวกับแมงกะพรุน *A. aurita* ไซฟิสโตมาสามารถปรับตัวให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและเจริญเติบโตเป็นไซฟิสโตมาใหม่ได้ที่หลายระดับความเค็ม คือ 1, 8 และ 10 ppt (Plamen, 1953; Watanabe & Ishii, 2001; Holst & Jarms, 2010) เช่นเดียวกับการศึกษาระดับความเค็มต่อการอยู่รอดของแมงกะพรุน *R. esculenta* ซึ่งในธรรมชาติพบแมงกะพรุนชนิดนี้อยู่ระหว่าง 2-31 ppt ผลการทดลองพบว่าที่ระดับความเค็ม 12 ppt ไซฟิสโตมาจะสามารถอยู่รอดและสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ เช่นเดียวกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าที่ระดับความเค็ม 10, 20 ppt ที่พบจำนวนหน่อใหม่สูงสุด ซึ่งเป็นระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับระดับความเค็มในธรรมชาติที่พบแมงกะพรุนถ้วยหางขน ซึ่งก็มีความเป็นไปได้ เพราะจากรายงานของ Halisch (1933) พบว่าระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับระดับความเค็มพบแมงกะพรุนในธรรมชาติ ไซฟิสโตมาจะเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้

แต่ก็พบว่าแมงกะพรุนบางชนิดที่เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่ระดับความเค็มสูง เช่น ไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* สามารถเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและสร้างสตรอบิล่าได้หลายระดับความเค็ม คือ 20-35 ppt (Cargo & King 1990; Purcell & Decker 2005; Xian, Kang, & Liu, 2005) ซึ่ง Purcell et al. (1999) พบว่าระดับความเค็ม ที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนไซฟิสโตมา และเกิดการสร้างสตรอบิล่าของแมงกะพรุนแต่ละชนิด จะสามารถเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ในช่วงกว้าง ขึ้นอยู่กับชนิดของแมงกะพรุน

1.2 ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนซิสต์ที่พบ

จากผลการทดลองอุณหภูมิ ร่วมกับความเค็ม พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนซิสต์ที่พบของแมงกะพรุนถ้วยหางขน แต่พบว่ามีเพียงอุณหภูมิเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้นที่มีผลต่อการสร้างซิสต์ ซึ่งพบว่ามีจำนวนซิสต์สูงสุดที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการสร้างซิสต์ในแมงกะพรุนถ้วย *C. townsendi* พบว่ารูปแบบการสร้างซิสต์เป็นแบบโพโดซิสต์ พบบริเวณรอบ ๆ ไซฟิสโตมาเดิม โดยพบการสร้างโพโดซิสต์ที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ซึ่งความเค็มระดับปกติที่พบแมงกะพรุนชนิดนี้ในธรรมชาติ (ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559)

บริเวณอ่าวไทย ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส (สถาบันวิจัยและทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2558; สุภาพร อังคารา และคณะ, 2555; ศิริวรรณ ชูศรี และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังพบการสร้างซีสต์ในแมงกะพรุนชนิดอื่นเช่นเดียวกับแมงกะพรุนถ้วยหางขน ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความเค็ม ไม่มีผลต่อการสร้างซีสต์ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างซีสต์ของแมงกะพรุนขึ้นอยู่กับปัจจัยอุณหภูมิเป็นหลัก เช่น แมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายในเขตร้อนชื้นชนิด *A. moseri*, *T. cystophora*, *C. fleckeri* (Werner, 1971; Hartwick, 1991; Arai, 1997; Purcell et al., 1999; Purcell, 2007; Straehler-Pohl & Jarms, 2011; Purcell et al., 2012) เช่นเดียวกับรายงานของ Arai (1997) พบว่าแมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายในเขตร้อน จะมีการปรับตัวให้เกิดการสร้างซีสต์ได้ทั้งระดับอุณหภูมิสูงขึ้น และอุณหภูมิลดต่ำลงได้ เพื่อการปรับตัวให้ทนต่อสภาพความเครียดและสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้มากขึ้น

นอกจากนี้ยังพบการสร้างซีสต์ในแมงกะพรุนที่พบบริเวณเขตหนาว ซึ่ง Carrette et al. (2014) พบว่าการสร้างซีสต์จะพบเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ ซึ่งพบว่าซีสต์สามารถอยู่ได้นานถึง 3 ปี เช่น ซีสต์ของแมงกะพรุนชนิด *A. labiata* และ *M. papua* (Chapman, 1968) และซีสต์ของแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* สามารถอยู่ได้นานถึง 25 เดือน (Arai, 1997) ซึ่งจากรายงานของ Werner (1975); Hartwick (1991) พบว่าการเกิดซีสต์ลักษณะดังกล่าว เป็นการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของแมงกะพรุน เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ไชฟิสโตมาจะเกิดการหดตัว และเข้าสู่ระยะซีสต์ (Encystment) คล้ายกับที่พบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และแพลงก์ตอนบางชนิด ซึ่งซีสต์ดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตเป็น ไชฟิสโตมาได้เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งนอกจากการสร้างซีสต์ในแมงกะพรุนที่แพร่กระจายในทะเลเขตหนาวแล้ว ยังพบว่าแมงกะพรุนน้ำจืดที่แพร่กระจายในเขตนานายังมีการสร้างซีสต์เพื่อความอยู่รอดเช่นกัน โดยจะมีการสร้างซีสต์เมื่ออุณหภูมิลดลงและมีหิมะปกคลุมแม่น้ำ และซีสต์จะเจริญเติบโตเป็น ไชฟิสโตมาเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้นจากเดิม ซึ่งพบในแมงกะพรุน *Craspedacusta sowerbii* และ *C. sinensis* (Aquatic Invasive Species Monitoring Manual, 2014)

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นและซีสต์ที่พบในระหว่างการทดลองอุณหภูมิ และความเค็มต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของ ไชฟิสโตมา แมงกะพรุนถ้วยหางขน พบจำนวนหน่อใหม่และซีสต์สูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 10, 20 ppt เช่นเดียวกับรายงานของ Kakinuma (1975); Keen and Gong (1989) ทำการศึกษา การเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุนภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อการเพิ่มจำนวน ไชฟิสโตมาใหม่แมงกะพรุนหลายชนิด เช่นเดียวกับ AZA Aquatic Invertebrate TAG. (2013) พบว่าแมงกะพรุนที่มีการแพร่กระจายในเขตร้อนชื้น

จะสามารถเพิ่มจำนวนและแพร่กระจายได้ในช่วงอุณหภูมิ 22-28 องศาเซลเซียส และความเค็มปกติ เช่นเดียวกับที่พบการแพร่กระจายในธรรมชาติของแมงกะพรุนชนิดนั้น ๆ (Willcox et al., 2007) อย่างไรก็ตาม Courtney et al. (2016) พบว่าถึงแม้ว่าอุณหภูมิและความเค็มจะมีความสำคัญต่อการกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศแมงกะพรุน แต่ก็ควรมีการทดสอบถึงระดับอุณหภูมิ และความเค็ม ที่มีความจำเพาะต่อแมงกะพรุนแต่ละชนิดด้วย

2. ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา

จากผลการทดลองอุณหภูมิ ร่วมกับความเค็ม โดยทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา แต่เมื่อพิจารณาแยกแต่ละปัจจัย พบว่าทั้งอุณหภูมิและความเค็มมีผลต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา โดยที่ระดับอุณหภูมิ 20, 25 องศาเซลเซียส พบระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมา นานที่สุด และสั้นที่สุดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าระดับอุณหภูมิที่พบระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมา สูงสุดที่ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งระดับอุณหภูมิดังกล่าว เป็นระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าบริเวณที่พบแมงกะพรุนด้วยหางขนในธรรมชาติก็ตาม แต่จากการทดลองไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *A. aurita* ที่ทำการเลี้ยงไซฟิสโตมาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อทำการทดลองระดับอุณหภูมิจนถึงระดับหนึ่งคือ 10 องศาเซลเซียส ไซฟิสโตมา จะเกิดสภาวะพักตัว คือ เกิดการแตกหน่อลดลง และไซฟิสโตมามีอัตราการตายสูง สามารถเก็บไซฟิสโตมาได้ระยะเวลานาน (Kakinuma, 1975; Silverstone, Tosteson, & Cutress, 1997; Keen & Gong, 1989; Willcox et al., 2007) เช่นเดียวกับรายงานของ Miyake, Terazaki, and Kakinuma (2002) ที่พบว่าในระยะไซฟิสโตมาของแมงกะพรุนจะมีช่วงอุณหภูมิที่เป็นจุดพักตัวของไซฟิสโตมา ในระหว่างการพักตัวไซฟิสโตมาจะมีการเตรียมความพร้อมของเนื้อเยื่อให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการสร้างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และการสร้างสโตรบิลาได้ต่อไป สอดคล้องกับงานเพาะเลี้ยงสัตว์และพืชทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ในปี พ.ศ. 2558-2559 ที่พบว่าในระหว่างการเพาะเลี้ยงไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *A. aurita* พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ไซฟิสโตมามีขนาดใหญ่กว่าที่เลี้ยงไว้ที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึง 2 เท่า และไซฟิสโตมาดังกล่าวเก็บไว้เป็นระยะเวลานานกว่า 2 ปีแล้ว จากข้อมูลดังกล่าวแสดงว่าไซฟิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขน ก็มีสภาวะจุดพักตัวเช่นเดียวกัน โดยพบที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่ระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขนก็ตาม แต่พบว่าจากระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมาที่ยาวนาน จะเป็นประโยชน์ในด้านการเป็นจุดพักตัวของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนด้วยหางขน และสามารถเก็บได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถนำไซฟิสโตมา มากระตุ้นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามที่ระดับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะพบว่าระยะเวลาการอยู่รอดของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขนน้อยที่สุด ซึ่งระดับอุณหภูมิดังกล่าวยังส่งผลให้เกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศต่ำที่สุดด้วย ซึ่งก็อาจมีความเป็นไปได้ เพราะจากรายงานของ Mihursky and Kennedy (1967); Blanquer (1972); Purcell (1999) ทำการศึกษาแมงกะพรุน *C. quinquecirrha* เลี้ยงที่อุณหภูมิ 10.5 องศาเซลเซียส ทำการทดลองเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 35 องศาเซลเซียส พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากเกินไป จะส่งผลให้ไซฟิสโตมาเกิดความเครียด และตายในที่สุด เช่นเดียวกับรายงานของ Moncrief and Jones (1977) อ้างถึงใน ยนต์ มุสิก (2539) พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในตัวสัตว์น้ำ และเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในตัวสัตว์น้ำเป็น 2 เท่า จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมภายในร่างกายสัตว์น้ำ (ยนต์ มุสิก, 2539) ซึ่งตอบสนองออกมาในรูปของความเครียด และตายในที่สุด

สำหรับความเค็มพบว่าที่ระดับความเค็ม 10 และ 20 ppt มีผลต่อระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมานานที่สุด และน้อยที่สุดที่ระดับความเค็ม 30 ppt จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการมีชีวิตอยู่รอดของไซฟิสโตมานานขึ้น เมื่อระดับความเค็มลดลง ซึ่งก็มีความใกล้เคียงกันกับระดับความเค็มที่พบระยะที่มีรูปร่างแบบแมงกะพรุนถ้วยหางขน บริเวณป่าชายเลน และบริเวณชายฝั่งทะเลพบความเค็มตั้งแต่ 9-20 ppt เช่นเดียวกับการสำรวจพบแมงกะพรุนในธรรมชาติ จะพบการรวมตัวบริเวณปากแม่น้ำและน้ำกร่อยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในรอบวันที่กว้าง (Euryhaline) แมงกะพรุนจึงต้องมีความสามารถในการปรับตัวและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมติกได้ดี (Tronolone et al., 2002) เช่นเดียวกับรายงานของ Lu et al. (1989) พบว่าไซฟิสโตมาแมงกะพรุน *R. esculenta* สามารถอยู่รอดได้ที่ความเค็ม 10 ppt จากระดับความเค็มที่ตั้งแต่ 2-31 ppt เช่นเดียวกับแมงกะพรุน *A. aurita* พบว่าไซฟิสโตมามีความทนทานและสามารถปรับตัวอยู่รอดได้ดีในช่วงระดับความเค็ม ตั้งแต่ 1-15 ppt (Halisch, 1933; Watanabe & Ishii, 2001; Holst & Jarms, 2010) เช่นเดียวกับรายงานของ Willcox et al. (2007) ที่พบว่าไซฟิสโตมาที่นำมาทดลองในห้องปฏิบัติการ จะสามารถปรับตัวให้อยู่รอดและเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ที่ระดับความเค็มที่ใกล้เคียงกับระดับความเค็มที่พบธรรมชาติ

ผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อจำนวนเอพิราแมงกะพรุนถ้วยหางขน *A. flagellatus* (Maas, 1903) ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองปัจจัยอุณหภูมิ ร่วมกับความเค็ม ที่ระดับอุณหภูมิ 20, 25 , 30 องศาเซลเซียส และความเค็ม 10, 20 และ 30 ppt ไม่พบเอพิราระหว่างการทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวอาจมีความเป็นไปได้ว่าระดับอุณหภูมิ และระดับความเค็มดังกล่าว ไม่ใช่ระดับที่ทำให้เกิดการสร้างสตรอบิลา เพื่อพัฒนาเป็นเอพิราได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Kakinuma (1975); Arai (1997); Silverstone et al. (1997); Keen and Gong (1989); Willcox et al. (2007) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดสตรอบิลา ถึงแม้ว่าจะพบระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมา แต่ก็ไม่ใช่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำให้เกิดสตรอบิลาได้เสมอไป และจากรายงานของ Pucell et al. (1999); Tronolone et al. (2002); Holst and Jarms (2010) พบว่านอกจากอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดสตรอบิลา จนพัฒนาไปเป็นเอพิราที่หลุดออกไปในมวลน้ำแล้ว ระดับความเค็มยังมีผลต่อการเกิดเอพิราด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงทำการทดลองเพิ่ม โดยใช้ช่วงข้อมูลที่ดีที่สุดที่สุด (อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และช่วงความเค็มเดิม คือ 10-30 ppt) จากข้อมูลการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาจากการทดลองที่ 2 โดยกำหนดระดับการทดลองทั้ง 2 ปัจจัยที่มีช่วงระดับแต่ละปัจจัยดีขึ้น

ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิและความเค็ม มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนเอพิราแมงกะพรุนถ้วยหางขน ซึ่งพบเอพิราสูงที่สุดที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 28 ppt แสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิ และความเค็มที่สูงขึ้นกว่าชุดการทดลองที่ 2 ทำให้เกิดการสร้างสตรอบิลา และพัฒนาไปเป็นเอพิราแมงกะพรุนถ้วยหางขนได้ เช่นเดียวกับรายงานของ Hofmann et al. (1978); Rahat and Adar (1980) ทำการศึกษาระดับอุณหภูมิต่อการสร้างสตรอบิลาของแมงกะพรุน *C. andromeda* พบว่าอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมา 18-20 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปทีระดับ 30 องศาเซลเซียส จะเกิดการสร้างสตรอบิลาได้ เช่นเดียวกับแมงกะพรุน *P. punctata* พบว่าอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมา 16 องศาเซลเซียส เกิดการสร้างสตรอบิลาได้ที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทีระดับ 24 องศาเซลเซียส (Hofmann & Crow, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าแมงกะพรุนในเขตหนาว ก็มีแนวโน้มการเกิดสตรอบิลา ทำให้เพิ่มจำนวนเอพิราได้เช่นกันเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เช่นแมงกะพรุน *C. tuberculata* พบว่าอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมา 20 องศาเซลเซียส และเกิดการสร้างสตรอบิลาเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทีระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (Sugiura, 1965) เช่นเดียวกับแมงกะพรุน *M. papua* พบว่าอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงไซฟิสโตมา 20 องศาเซลเซียส และเกิดการสร้างสตรอบิลา เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทีระดับอุณหภูมิ 25, 28-29 องศาเซลเซียส (Sugiura, 1964) ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Purcell (2007) ที่ทำการทดลองปัจจัยด้านอุณหภูมิ

ร่วมกับความเค็ม คือ ระดับอุณหภูมิ 7, 10, 15 องศาเซลเซียส และระดับความเค็ม คือ 20, 27, 34 ppt ตามลำดับ ต่อการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และจำนวนเอพิวราของแมงกะพรุนชนิด *A. labiata* พบว่ามีการแบ่งตัวของไซพิสโตมาสูงที่สุด (91 เปอร์เซ็นต์) ที่ระดับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความเค็ม 34 ppt และพบเอพิวราที่ระดับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และความเค็ม 27 ppt มีจำนวนเอพิวรามากที่สุดถึง 41 เอพิวราต่อไซพิสโตมา และไม่พบเอพิวราเลยที่ระดับอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

จากการเกิดสโตรอบิลา ส่งผลให้เพิ่มจำนวนเอพิวราของแมงกะพรุนหลายชนิด ดังรายงานข้างต้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าระดับอุณหภูมิ และความเค็มที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มจำนวนเอพิวราได้ในแมงกะพรุนหลายชนิด ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับระดับอุณหภูมิและความเค็มที่ส่งผลให้เกิดเอพิวราในแมงกะพรุนด้วยทางขนในการทดลองครั้งนี้ด้วย แสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิ และความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสโตรอบิลาของแมงกะพรุน ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิและความเค็มที่สูงขึ้นกว่าระดับที่ทำให้เกิดการสร้างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่นเดียวกับรายงานของ Kakinuma (1975); Keen and Gong (1989); Arai (1997); Silverstone et al. (1997); Pucell et al. (1999); Tronolone et al. (2002); Willcox et al. (2007); Holst and Jarms (2010) พบว่าระดับอุณหภูมิและความเค็มที่ส่งผลต่อการเกิดการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแมงกะพรุน อาจจะไม่ใช่ระดับอุณหภูมิและความเค็มที่เหมาะสมต่อการเกิดสโตรอบิลาได้

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยเพิ่มเติมที่กระตุ้นการสร้างสโตรอบิลา นั่นคือ ความสมบูรณ์ของอาหาร ดังข้อมูลของงานเพาะเลี้ยงสัตว์และพืชทะเล สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ทำการเลี้ยงแมงกะพรุนด้วย *C. townsendi* ที่พบว่านอกจากการควบคุมระดับอุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส และความเค็ม 32 ppt ความสมบูรณ์ของอาหาร ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสร้างสโตรอบิลาแมงกะพรุนด้วย *C. townsendi* ด้วย โดยพบว่าอาร์ทีเมียแรกฟักเป็นชนิดอาหารที่มีความเหมาะสม หนวดของไซพิสโตมาสามารถจับอาร์ทีเมียแรกฟักกินเป็นอาหารได้ โดยให้กินจนกว่าจะอิ่ม ความถี่ในการให้อาหารที่เหมาะสมคือ วันเว้นวัน ทำให้เกิดการสร้างสโตรอบิลาแบบ Polydisk strobilation มากถึง 8-10 เอพิวราต่อไซพิสโตมา แต่เมื่อให้อาร์ทีเมียแรกฟักในปริมาณเท่ากัน แต่ให้ความถี่สัปดาห์ละ 1 ครั้ง พบการสร้างสโตรอบิลาเพียง 2-3 เอพิวราต่อไซพิสโตมาเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

วงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยหางขน จะมีพัฒนาการจากระยะพลาเนลล่า ถึงระยะที่มีรูปร่างลักษณะแบบเมดูซ่าขนาดเล็กประมาณ 33 วัน (ขนาด 6 มิลลิเมตร) และมีการสืบพันธุ์ 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในระยะที่มีรูปร่างแบบเมดูซ่า และพัฒนาเป็นตัวอ่อนในวงจรชีวิตมีระยะพัฒนาการ 5 ระยะ ได้แก่

1) ระยะพลาเนลล่า พบต้องลอยอยู่ในน้ำ 4 วัน รูปร่างเป็นวงรี มีซิเลียรอบตัว ขนาดความยาวอยู่ระหว่าง 84 – 123 ไมโครเมตร ความกว้างอยู่ระหว่าง 49 – 63 ไมโครเมตร

2) ระยะไซฟิสโตมา เริ่มลงเกาะกับวัสดุเมื่ออายุ 4 วัน และพัฒนาเป็นไซฟิสโตมาที่สมบูรณ์ตั้งแต่อายุ 19 วัน (นับจากระยะพลาเนลล่า) ความยาวอยู่ระหว่าง 620-2,280 ไมโครเมตร ความกว้างบริเวณแผ่นปากอยู่ระหว่าง 290-690 ไมโครเมตร และมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเป็นแบบการแตกหน่อ, การแตกหน่อแบบสโตโลน และการสร้างซิสต์

3) ระยะสตรอบิลล่า เริ่มพบเมื่ออายุ 20 วัน (นับจากระยะพลาเนลล่า) ชนิดของสตรอบิลิชั่นจะเป็นแบบ Monodisk strobilation คือ 1 เอพิราต่อไซฟิสโตมา ความยาวอยู่ระหว่าง 190-1,330 ไมโครเมตร ความกว้างบริเวณแผ่นปากประมาณ 290-690 ไมโครเมตร

4) ระยะเอพิรา พบเอพิราในมวลน้ำหลังจากระยะสตรอบิลิชั่นเมื่ออายุ 26 วัน (นับจากระยะพลาเนลล่า) มีจำนวนแฉีกเพท 16 แฉีกเพท บริเวณปลายแฉีกเพทจะมีรูปร่างโค้งมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

5) ระยะที่มีรูปร่างลักษณะแบบเมดูซ่าขนาดเล็ก พบเมื่ออายุ 33 วัน (นับจากระยะพลาเนลล่า) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมทั้งตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรขึ้นไป

ผลของอุณหภูมิ และความเค็มต่อจำนวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน พบว่าจำนวนหน่อใหม่และซิสต์สูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 10, 20 ppt ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของไซฟิสโตมาสูงที่สุดที่อุณหภูมิ 20, 25 องศาเซลเซียส และความเค็ม 10, 20 ppt และพบเอพิราที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเค็ม 28 ppt

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวงจรชีวิตของแมงกะพรุนด้วยหางขน การเลี้ยงกักขังพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนด้วยหางขนในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ตัวอ่อนที่จะนำมาศึกษา และทดลองในด้านต่าง ๆ ค่าคุณภาพน้ำเบื้องต้นด้านอุณหภูมิ และความเค็มจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนด้วยหางขนในธรรมชาติเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเลี้ยง อัตรารอดของตัวอ่อนแมงกะพรุนด้วยหางขนได้ และในการศึกษาลักษณะทางชีววิทยา (วงจรชีวิต) การสังเกตลักษณะทั่วไป การวัดขนาด และสังเกตการเปลี่ยนแปลง มีการสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็นหลัก ซึ่งอิทธิพลของแสงจากหลอดไฟ จะส่งผลกระทบต่อตัวอ่อนแมงกะพรุน อาจจะทำให้หยุดการพัฒนาและตายได้ จึงเป็นข้อควรระวังในการศึกษาตัวอ่อนแมงกะพรุน ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ระยะเวลาในการศึกษาตัวอ่อนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไม่เกิน 10 นาทีต่อครั้ง และตัวอ่อนต้องจมอยู่ในน้ำเค็มตลอดเวลาในระหว่างการศึกษภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และเอพิราแมงกะพรุนด้วยหางขน พบว่ามีทั้งเอพิราที่สมบูรณ์ (Maginal lobes 8 Maginal lobes) และไม่สมบูรณ์ (Maginal lobes มีเพียง 4 Maginal lobes) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของเอพิราแมงกะพรุนด้วยหางขน ที่พบว่าสตروبิล่าสามารถผลิตได้ทั้งเอพิราที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์

บรรณานุกรม

- ถนอมพงศ์ บัวบรรจง, สุภาพร ่องสารา และโสฬิศ แก้วนพรัตน์. (2554). *คู่มือจำแนกชนิดแมงกะพรุนกล่อง*. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน. กรุงเทพฯ:กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ทิพย์สุดา ชงัดเวช, รังสรรค์ สร้อยสม และศิริณา เกตุแก้ว. (2554). สถานการณ์การทำประมงกะพรุนบริเวณตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. ใน *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 8* (หน้า 312–317). นครพนม: มหาวิทยาลัยนครพนม.
- บพิช จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. (2545). *สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง I โพรโทซัวถึงทาร์ดิกราดา*. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บพิช จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. (2547). *สัตววิทยา*. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญรัตน์ ประทุมชาติ, พิชาญ สุว่างวงศ์ และจอร์จ มาชาโด. (2546). *ผลของความเค็มน้ำต่อขบวนการลอกคราบและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรเคมีของปูทะเล (Scylla serrata)*. รายงานวิจัย. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พจมาน ศิริอารยาภรณ์. (2553). *พิษจากแมงกะพรุน การรักษาเบื้องต้นและการป้องกัน*. เอกสารสำนักกระบาดวิทยากรมควบคุมโรค เรื่องการเฝ้าระวังและสอบสวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากแมงกะพรุนพิษ. (หน้า 21-34). นนทบุรี: สำนักกระบาดวิทยากรมควบคุมโรค.
- พิสิฐ วงศ์สง่าศรี, พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. (2551). การศึกษากระบวนการผลิตแมงกะพรุนดองเค็มเชิงพาณิชย์. ใน *รายงานการประชุมวิชาการประมงประจำปี 2551 วันที่ 18-20 สิงหาคม 2551* (หน้า 284-297). กรุงเทพฯ: กรมประมง.
- ยนต์ มุสิก. (2539). *คุณภาพน้ำกับกำลังการผลิตของบ่อปลา*. กรุงเทพฯ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รจนา วัฒนรังสรรค์. (2553). ผลการศึกษาเบื้องต้นปัญหาแมงกะพรุนพิษในจังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ ภูเก็ต สตูล พ.ศ. 2546–2552. ใน *การประชุมการเฝ้าระวังและสอบสวนการ*

- บาดเจ็บและเสียชีวิตจากแมงกะพรุนพิษ (หน้า 41-44). นนทบุรี: สำนักกระบาดวิทยากรมควบคุมโรค.
- สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย. (2537). แมงกะพรุนมีพิษแต่มีประโยชน์. *สูรรอบตัวสาระพินยุกเพื่อคนทันสมัย*, 95(8), 49-60.
- สุภาพร องสารา, ถนอมพงศ์ บัวบรรจง และธนัญญา ไทยกลาง. (2555). ชนิดและการแพร่กระจายของแมงกะพรุนบริเวณชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา และปัตตานี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2555. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง .
- สถาบันวิจัยและทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2558). *คู่มือการศึกษาความหลากหลายของแมงกะพรุนในน่านน้ำไทย*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- ศิริวรรณ ชุศรี, ณัฐวุฒิ เหลืองอ่อน, วิรชา เจริญดี, สมรัฐ ทวีเดช และวิไลวรรณ พวงสันเทียะ. (2559). ศึกษาวงจรชีวิตของแมงกะพรุนถ้วยบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดตราด ในบทความคัดย่อ และรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการสำหรับและเพลงก่ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 8 สำหรับและเพลงก่ตอน: วิจัยและพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ยั่งยืน วันที่ 27-28 มีนาคม พ.ศ. 2560 (หน้า 37). ชลบุรี: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. (2553). แมงกะพรุนอาหารใหม่สำหรับประเทศตะวันตก. *วารสารอาหาร*, 34(2547), 225-228.
- American Public Health Association (APHA). (1980). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (15th ed.). New York, N.Y: APFA.
- Aquatic Invasive Species Monitoring Manual (2014). *Freshwater jellyfish monitoring protocol*. Retrieved from <https://www.uwsp.edu/cnr-ap/UWEXLakes/Documents/programs/CLMN/publications/Ch9-Jellyfish.pdf>
- Arai, M.N. (1997). *A functional biology of scyphozoa*. New York: Chapman & Hall.
- AZA Aquatic Invertebrate TAG.(2013). *Jellyfish care manual*. Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD.
- Berrill, N.J. (1949). Developmental analysis of scyphomedusae. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 24(4), 393-410.
- Bigelow, R.P. (1900). The anatomy and development of *Cassiopea xamachana*. *Publication info Boston, Pub Boston Society of Natural History*, 5, 191-236.

- Black, R.E., Rosemary, J., Enright, T., & Sung, L.P. (1976). Activation of the dormant podocysts of *Chrysaora quinquecirrha* (Scyphozoa) by removal of the cyst covering. *Journal of Experimental Zoology*, 197, 403-414.
- Blanquet, R.S. (1972). Structural and chemical aspects of the podocysts cuticle of the scyphozoan medusa, *Chrysaora quinquecirrha*. *Journal of Biological Bulletin (Woods Hole)*, 142, 1-10.
- Brewer, R.H. (1976). Larval settling behavior in *Cyanea capillata* (Cnidaria: Scyphozoa). *Journal of Biological Bulletin*, 150, 183-199.
- Brewer, R.H. (1984). The influence of the orientation, roughness, and wettability of solid surfaces on the behavior and attachment of planulae of *Cyanea* (Cnidaria: Scyphozoa). *Journal of Biological Bulletin*, 166, 11-21.
- Brewer, R.H., & Feingold, J.S. (1991). The effect of temperature on the benthic stages of *Cyanea* (Cnidaria: Scyphozoa), and their seasonal distribution in the Niantic River Estuary, Connecticut. *Journal of Marine Biology*, 152, 49-60. doi:10.1016/0022-0981(91)90134-I
- Calder, D.R. (1973). Laboratory observations on the life history of *Rhopilema verrilli* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *Journal of Marine Biology (Berlin)*, 21(1973), 109-114.
- Calder, D.R. (1982). Life history of the cannonball jellyfish, *Stomolophus meleagris* L. Agassiz, 1860 (Scyphozoa, Rhizostomida). *Journal of Biological Bulletin (Woods Hole)*, 162, 149-162.
- Cargo, D.G. (1971). The sessile stages of a scyphozoan identified as *Rhopilema verrilli*. *Journal of Tulane Studies in Zoology and Botany*, 17, 31-34.
- Cargo, D.G. (1979). Observations on the settling behavior of planular larvae of *Chrysaora quinquecirrha*. *International Journal of Invertebrate Reproduction*, 1, 279-287.
- Cargo, D.G., & Rabenold, G.E. (1980). Observations on the asexual reproductive activities of the sessile stages of the sea nettle *Chrysaora quinquecirrha* (Scyphozoa). *Journal of Estuaries*, 3(1), 20-27.
- Cargo, D.G., & King, D.R. (1990). Forecasting the abundance of the sea nettle, *Chrysaora quinquecirrha*, in the Chesapeake Bay. *Journal of the Coastal and Estuarine Research Federation*, 13(4), 486-491.

- Carrette, T., Straehler-Pohl, I., & Seymour, J. (2014). Early life history of *Alatina* cf. *Moseri* populations from Australia and Hawaii with implications for taxonomy (Cubozoa: Carybdeida, Alatinidae). *Journal of Public Library of Science*, 9(1), 84377.
- Chapman, D.M. (1978). Microanatomy of the cubopolyp, *Tripedalia cystophora* (Class Cubozoa). *Journal of Helgolander wiss Meeresunters*, 31, 128–168.
- Chen, J., & Ding, G. (1983). Effect of temperature on strobilation of jellyfish (*Rhopilema esculenta* Kishinouye-Scyphozoa, Rhizostomeae). *Journal of Acta Zoologica Sin*, 29, 195–206.
- Chen, J., & Ding, G. (1984). Effect of light on the strobilation of edible medusa, *Rhopilema esculenta* Kishinouye (Cnidaria, Scyphozoa). *Journal of Oceanologia Limnol sin*, 15, 310–316.
- Chuin, T.T. (1930). Le cycle evolutif du scyphistome de *Chrysaora*. In R. Finistère. (2002). *Travaux de la station*. France. 'Université Pierre et Marie Curie et du CNRS Biologique de Roscoff, 8, 1-179.
- Claus, C. (1890). Über die entwicklung des scyphostoma von *Cotylorhiza*, *Aurelia* und *Chrysaora*, sowie ueber die systematische stellung der scyphomedusen. I. *Journal of Arbeiten aus dem Zoologischen Instituten der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest*, 9, 85–128.
- Claus, C. (1893). Über die entwicklung des scyphostoma von *Cotylorhiza*, *Aurelia*, und *Chrysaora*, sowie ueber die systematische stellung der scyphomedusen. II. *Journal of Arbeiten aus dem Zoologischen Instituten der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest*, 10, 1–70.
- Colin, S.P., & Costello, J.H. (2002). Morphology, swimming performance and propulsive mode of six co-occurring hydromedusae. *Journal of Experimental Biology*, 205, 427–437.
- Colin, S.P., & Kremer, P. (2002). Population maintenance of the scyphozoan *Cyanea* sp. settled planulae and the distribution of medusae in the Niantic River, Connecticut, USA. *Journal of Estuaries*, 25, 70–75.
- Courtney, R., Browning, S., & Seymour, J. (2016). Early life history of the 'Irukandji' jellyfish *Carukia barnesi*. *Research Article Plos One*. DOI:10.1371/journal.pone.0151197
- Curtis, S.K., & Cowden, R.R. (1971). Normal and experimentally modified development of

- buds in *Cassiopea* (Phylum Coelenterata; Class Scyphozoa). *Journal of Acta Embryologiae Experimentalis*, 3, 239-259.
- Delap, M. J. (1905). Notes on the rearing, in an aquarium, of *Cyanea lamarcki*, Pe'ron & Lesueur. Report of Sea and Fisheries Ireland (1902–3), pt II. *Scientific Investigations*, 20–22, pl. I–II.
- Ding, G-W., & Chen, J-K. (1981). The life history of *Rhopilema esculenta* Kishinouye. *Journal of Fisheries of Chin*, 5, 93-102.
- Dong, J., Sun, M., Wang, B., & Liu, H. (2008). Comparison of life cycles and morphology of *Cyanea nozakii* and other scyphozoans. *Journal of Plankton Benthos Research*, 3, 118-124.
- Dong, ZD., Liu, D., & Keesing, J K. (2010). Jellyfish blooms in China: Dominant species, causes and consequences. *Journal of Marine Pollution Bulletin*, 60(7), 954–963.
- Gemmill, J. F. (1921). Notes on food-capture and ciliation in the ephyra of *Aurelia*. In *Proceedings of the Royal Physical Society for the Promotion of Zoology and other branches of Natural History, Edinburgh* (pp. 222-225).
- Edward, H., & Breazeale, C. (2012). *The basics anatomy and Physiology*. The Institute for Marine Mammal Studies (IMMS). Retrieved from https://www.imms.org/downloads/brochure/IMMS_Jellies_Brochure_quadfold-final.pdf.
- Gilchrist, F.G. (1937). Budding and locomotion in the scyphistomas of *Aurelia*. *Journal of Biological Bulletin (Woods Hole)*, 72(1), 99-124.
- Grondahl, F., & Hernroth, L. (1987). Release and growth of *Cyanea capillata* (L.) ephyrae in the Gullmar Fjord, Western Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 106, 91–101.
- Guo, P. (1990). Effect of nutritional condition on the formation and germination of the podocyst of scyphistomae of *Rhopilema esculenta* Kishinouye. *Journal of Fish China*, 14, 206–211.
- Hale, G. (1999). *The classification and distribution of the class scyphozoa*. Retrieved from <http://gladstone.uoregon.edu/~ghale/pdf/scyphozoa.pdf>.
- Halisch, W. (1933). Brobachtungen and scypho polypen. *Journal of Zoologischer Anzeiger*, 104, 206–304.

- Harper, J. (1985). Modules, branches and capture of resources. In J. Jackson, W. Buss, & R. Cook (Eds.), *Population biology and evolution of clonal organisms* (pp. 1–33). Yale University Press.
- Hartwick, R.F. (1991). Observations on the anatomy, behaviour, reproduction and life cycle of the cubozoan *Carybdea sivickisi*. *Journal of Hydrobiologia*, *1*, 171-199.
- Hartwick, R.F. (1991). Distributional ecology and behaviour of the early life stages of the box-jellyfish *Chironex fleckeri*. *Coelenterate Biology: Recent Research on Cnidaria and Ctenophora*, *66*, 181–188.
- Hernroth, L., & Gröndahl, F. (1985). On the biology of *Aurelia aurita* (L.): Release and growth of *Aurelia aurita* (L.) ephyrae in the Gullmar Fjorden, Western Sweden. *Journal of Ophelia*, *22*, 189–199.
- Hernroth, L. (1986). On the reproduction and occurrence of *Aurelia aurita* in Gullmar Fjord, Western Sweden. *Journal of Nova Thalassia*, *2*, 35-44.
- Hernroth, L., & Gröndahl, F. (1983). On the biology of *Aurelia aurita* (L.). Release and growth of *Aurelia aurita* (L.) ephyrae in the Gullmar Fjord, Western Sweden 1982-1983. *Journal of Ophelia*, *22*(2), 189-199.
- Higgins, J. E., Ford, M. D., & Costello, J. H. (2008). Transitions in morphology, nematocyst distribution, fluid motions, and prey capture during development of the scyphomedusa *Cyanea capillata*. *Journal of Biological Bulletin*, *214*, 29–41.
- Hofmann, D.K., Neumann, R., & Henne, K. (1978). Strobilation, budding and initiation of scyphistoma morphogenesis in the rhizostome *Cassiopea andromeda* (Cnidaria: Scyphozoa). *Journal of Marine Biology (Berlin)*, *47*(2), 161-176.
- Hofmann, D.K., Manitz, B., & Reckenfelderbaumer, B. (1993). Metamorphosis in the scyphozoan *Cassiopea andromeda*: Cellular and morphogenetic responses to exogenous inducers. In *Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium* (pp. 463-470). Guam: University of Guam.
- Hofmann, D. K., & Crow, G. (2002). Induction of larval metamorphosis in the tropical scyphozoan *Mastigias papua*: Striking similarity with upside down-jellyfish *Cassiopea* spp. (with notes on related species). *Journal of Vie et Milieu Life and Environment*, *52*, 141-147.

- Holst, S., Sotji, I., & Tiemann, H. (2006). Life cycle of the rhizostome jellyfish *Rhizostoma octopus* (L.) (Scyphozoa, Rhizostomeae), with studies on cnidocysts and statoliths. *Journal of Marine Biology*, 158, 2247-2266.
- Holst, S., & Jarm, G. (2007). Substrate choice and settlement preferences of planula larvae of five scyphozoa (Cnidaria) from German Bight, North Sea. *Journal of Marine Biology*, 151, 863-871.
- Holst, S., & Jarm, G. (2010). Effects of low salinity on settlement and strobilation of scyphozoa (Cnidaria): Is the lion's mane *Cyanea capillata*(L.) able to reproduce in the brackish Baltic Sea?. *Journal of Hydrobiologia*, 645(1), 53-68.
- Holst, S. (2012). Morphology and development of benthic and pelagic life stages of North Sea jellyfish (Scyphozoa, Cnidaria) with special emphasis on the identification of ephyra stages. *Journal of Marine Biology*, 159(12), 2707-2722.
- Horridge, G.A. (1956). The nervous system of the ephyra larva of *Aurelia aurita*. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 97, 59-74.
- Jarms, G. (1990). Neubeschreibung dreier Arten der Gattung Nausithoe (Coronata, Scyphozoa) sowie Wiederbeschreibung der Art *Nausithoe marginata* Koelliker, 1853. *Journal of Mitteilungen des Hamburger Zoologischen Museums und Instituts*, 87, 7-39.
- Kakinuma, Y. (1975). An experimental study of the life cycle and organ differentiation of *Aurelia aurita* (Lamarck). *Journal of Marine Biology*, 15, 101-116.
- Kawahara, M., Uye, S., Ohtsu, K., & Iizumi, H. (2006). Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian Waters. *Journal of Marine Biological*, 307, 161-173.
- Keen, O., & Paffenhofer, G. A. (1966). Growth and reproduction as a function of temperature and salinity in *Clara muhicornis* (Cnidaria, Hydrozoa). *Biologische Anstalt Helgoland, Meeresstation, Helgoland*.
- Keen, S., & Gong, A. (1989). Genotype and feeding frequency affect clone formation in a marine cnidarian (*Aurelia aurita*, Lamarck 1816). *Journal of Marine Ecology*, 3, 735-745.
- Keen, S. (1991). *Clonal dynamics and life history evolution in the jellyfish Aurelia aurita*. Doctoral dissertation, University of California.
- Kikinger, R. (1992). *Cotylorhiza tuberculata* (Cnidaria: Scyphozoa) life history of a stationary

- population. *Journal of Marine Ecology*, 13(4), 333-362.
- Kroiher, M., Siefker, B., & Berking, S. (2000). Induction of segmentation in polyps of *Aurelia aurita* (Scyphozoz, Cnidaria) into medusa and formation of mirror-image medusaanlagen. *International Journal of Developmental Biology*, 44, 485-490.
- Kuhl, H. (1972). Hydrography and biology of the Elbe Estuary. *Journal of Oceanography and Marine Biology; Annual Review*, 10, 225-309.
- Lange, J., & Kaiser, R. (1995). The maintenance of pelagic jellyfish in the Zoo-Aquarium Berlin. *International Zoo Yearbook*, 34, 59-64. doi:10.1111/j.1748-1090.1995.tb00658.
- Larson, R.J. (1987). A note on the feeding, growth and reproduction of the epipelagic scyphomedusa *Pelagia noctiluca* (Forsk.) *Journal of Biological Oceanography*, 4(4), 447-454.
- Larson, R.J. (1999). Diet, prey selection and daily ration of *Stomolophus meleagris*; A filter-feeding scyphomedusa from the NE Gulf of Mexico. *Journal of Estuarine Coastal Shelf Science*, 32(5), 511-525.
- Liu, W-C., & Lo, W-T. (2009). Effects of temperature and light intensity on asexual reproduction of the scyphozoan, *Aurelia aurita* (L.) in Taiwan. *Journal of Hydrobiologia*, 616(1), 247-258.
- Lotan, A., Ben-Hillel, R., & Loya, Y. (1992). Life cycle of *Rhopilema nomadica*: A new immigrant scyphomedusan in the Mediterranean. *Journal of Marine Biology (Berl)*, 112, 237-242. doi:10.1007/BF00702467
- Low, J.W. (1921). Variation in ephyrae of *Aurelia aurita*. In *Proceedings Royal Physical Society of Edinburgh* (pp. 226-235). Edinburgh Scotland.
- Lu, N., Liu, C., & Guo, P. (1989). Effect of salinity on larva of edible medusa (*Rhopilema esculenta* Kishinouye) at different developmental phases and a review on the cause of jellyfish resources falling greatly in Liaodong Bay. *Journal of Acta Ecologica Sinica*, 9, 304-309.
- Magnusen, J.E. (1980). Epidermal cell movement during podocyst formation in *Chrysaora quinquecirrha*. In P. Tardent & R. Tardent (Eds.), *Developmental and Cellular Biology of Coelenterates* (pp. 435-440). Natherland: Elsevier/North-Hollang Biomedical Press.

- Mihursky, J.A., & Kennedy, V.S. (1967). Water temperature criteria to protect aquatic life. *American Fish Society Publication*, 4, 20-32.
- Miyake, H., Terazaki, M., & Kakinuma, Y. (2002). On the polyps of the common jellyfish *Aurelia aurita* in Kagoshima Bay. *Journal of Oceanography*, 58, 451–459.
- Moller, H. (1980). Population dynamics of *Aurelia aurita* medusa in Kiel Bight, Germany (FRG). *Journal of Marine Biology*, 60(2), 123-128.
- Morandini, A. C., Silveira F. L., & Jarms, G. (2004). The life cycle of *Chrysaora lactea* Eschscholtz, 1829 (Cnidaria, Scyphozoa, Discomedusae, Semaestomeae, Pelagiidae) with notes on the scyphistoma stage of three other species. *Journal of Hydrobiologia*, 530(531), 347–354.
- Nontivich, T. (2001). *Species diversity and abundance of rhizostome scyphozoans (Phylum Cnidaria) along the coasts of Chon Buri and Phetchaburi Province*. Master's thesis, Department of Marine Science, Chulalongkorn University.
- Omori, M., Ishii, H., & Fujinaga, A. (1995). Life history strategy of *Aurelia aurita* (Cnidaria, Scyphomedusae) and its impact on the zooplankton community of Tokyo Bay. *ICES Journal of Marine Biology Science*, 52, 597–603.
- Omori, M., & Nakano, E. (2001). Jelly fisheries in South East Asia. *Journal of Hydrobiologia*, 451(1), 19-26.
- Osman, R.W., & Whitlatch, R.B. (2004). The control of the development of a marine benthic community by predation on recruits. *Journal of Marine Biology*, 311, 117–145.
- Palmen, E. (1953). Seasonal occurrence of ephyrae and subsequentin stars of *Aurelia aurita* (L.) in the shallow waters of Tvärminne, S. Finland. *Publications of Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae "Vanamo"*, 8, 122–131.
- Peel, M.C., Finlayson, B. L., & McMahon, T.A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Journal of Hydrology and Earth System Science*, 11 (5), 1633-1644.
- Perkins, F.O., Ramsey, R.W., & Street, S. F. (1989). The ultrastructure of fishing tentacle muscle in the jellyfish *Chrysaora quinquecirrha*: A comparison of contracted and relaxed states. *Journal of Ultrastructure Research*, 35, 431-450.
- Pitt, K.A. (2000). Life history and settlement preferences of the edible jellyfish *Catostylus*

- mosaicus* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *Journal of Marine Biology*, 136(2), 269-279.
- Purcell, J.E., White, J.R., Nemazie, D.A., & Wright, D.A. (1999). Temperature, salinity and food effects on asexual reproduction and abundance of the scyphozoan *Chrysaora quinquecirrha*. *Journal of Marine Ecology Progress Series*, 180, 187-196.
- Purcell, J.E., & Decker, M.B. (2005). Effects of climate on relative predation by ctenophores and scyphomedusae on copepods in Chesapeake Bay during 1987–2000. *Journal of Limnology and Oceanography*, 50, 376–387.
- Purcell, J. E. (2007). Environmental effects on asexual reproduction rates of the scyphozoan, *Aurelia labiata*. *Journal of Marine Ecology Progress Series*, 348, 183–196.
- Purcell, J.E., Uye, S.I., & Lo, W.T. (2007). Anthropogenic causes of jellyfish blooms and direct consequences for humans; a review. *Journal of Marine Ecology Progress Series*, 350, 153-174.
- Purcell, J. E., Atienza, D., Fuentes, V., Olariaga, A., Tilves, U., Colahan, C., & Gili, J.M. (2012). Temperature effects on asexual reproduction rates of scyphozoan species from the Northwest Mediterranean Sea. *Journal of Hydrobiologia*, 690(1), 169–180.
- Rahat, M., & Adar, O. (1980). Effect of symbiotic zooxanthellae and temperature on budding and strobilation in *Cassiopeia andromeda* (Eschscholz). *Journal of Biological Bulletin*, 159(2), 394-401.
- Ramachandram, R.T. (2007). *Biodiversity of Scyphozoan and Cubozoan Jellyfish in Kota Kinabalu waters, Sabah, Malaysia*. Bachelor of Science, Marine Science, University Malaysia Sabah.
- Richardson, A.J., Bakun, A., Hay, G.C., & Gibbons, M.S. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Journal of Trends in Ecology and Evolution*, 24(6), 312-322.
- Rippingale, R.J., & Kelly, S.J. (1995). Reproduction and survival of *Phyllorhiza punctata* (Cnidaria: Rhizostomeae) in a seasonally fluctuating regime in Western Australia. *Journal of Marine and Freshwater Research*, 46, 1145–1151. doi:10.1071/MF9951145
- Russell, F.S. (1970). The medusae of the British Isles II Pelagic scyphozoa with a supplement to the first volume on hydromedusae. *Journal of Hydrobiology*, 56(4), 686-1971.
- Salvini-Plawen, L. (1978). On the origin and evolution of the lower metazoa. *Journal of*

- Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 16(1), 40-88.
- Schiariti, A., Kawahara, M., Uye, S., & Mianzan, H.M. (2008). Life cycle of the jellyfish *Lychnorhiza lucerna* (Scyphozoa: Rhizostomeae). *Journal of Marine Biology*, 156, 1-12.
- Schiariti, A., Morandini, A. C., Jarms, G., Von Glehn Paes, R., Franke, S., & Mianzan, H. (2014). Asexual reproduction strategies and blooming potential in scyphozoa. *Journal of Marine Ecology Progress Series*, 510, 241-253.
- Silverstone, M., Tosteson, T.R., & Cutress, C.E. (1997). The effect of iodide and various iodocompounds on initiation of strobilation in *Aurelia*, Gen. Camp. *Journal of Endocrinol*, 32, 108–113.
- Southward, A.J. (1955). Observations on the ciliary currents of the jellyfish *Aurelia aurita*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 34(2), 201-216.
- Spangenberg, D.B. (1965). A study of strobilation in *Aurelia aurita* under controlled conditions. *Journal of Experimental Zoology*, 160(1), 1-9.
- Spangenberg, D.B. (1965). Cultivation of the life stages of *Aurelia aurita* under controlled conditions. *Journal of Experimental Zoology*, 159, 303–318.
- Spangenberg, D.B. (1986). Statolith formation in Cnidaria: Effects of cadmium on *Aurelia* statoliths. *Journal of Scanning Electron Microscopy*, 4, 1609-1618.
- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167. Ottawa.
- Straehler-Pohl, I., & Jarms, G. (2010). Identification key for young ephyrae: a first step for early detection of jellyfish blooms. *Journal of Hydrobiologia*, 645, 3–21.
- Straehler-Pohl, I., & Jarms, G. (2011). Morphology and life cycle of *Carybdea morandinii*, sp. nov. (Cnidaria), a cubozoan with zooxanthellae and peculiar polyp anatomy. *Journal of Zootaxa*, 2755, 36–56.
- Straehler-Pohl, I., Widmer, C.L., & Morandini, A.C. (2011). Characterizations of juvenile stages of some semaeostome scyphozoa (Cnidaria), with recognition of a new family (Phacellophoridae). *Journal of Zootaxa*, 2741, 1–37.
- Sugiura, Y. (1963). On the life-history of rhizostome medusae.I. *Mastigias papua* L. Agassiz. *Annotationes Zoologicae Japonenses*, 36, 194–202.

- Sugiura, Y. (1964). On the life-history of rhizostome medusae. II. Indispensability of zooxanthellae for strobilation in *Mastigias papua*. *Journal of Embryologia*, 8, 223-233.
- Sugiura, Y. (1965). On the life-history of rhizostome medusa III. On the effects of temperature on the strobilation of *Mastigias papua*. *Journal of Biological Bulletin*, 128(3), 493-496.
- Sugiura, Y. (1966). On the life-history of rhizostome medusae IV. *Cephea cephea*. *Journal of Embryologia* (Nagoya), 9, 105–122.
- Thein, H., & Uye, S. (2010). Effect of environmental factors on podocyst production and excystment of the common jellyfish *Aurelia aurita* s.l. *International Symposium on Integrated Coastal Management for Marine Biodiversity in Asia, 2010*, 14-15.
- Thein, H., Ikeda, H., & Uye, S. (2010). The potential role of podocysts in perpetuation of the common jellyfish *Aurelia aurita* s.l. (Cnidaria: Scyphozoa) in anthropogenically perturbed coastal waters. *Journal of Hydrobiologia*, 690(1), 157-167.
- Toshino, S., Miyake, H., Ohtsuka, S., Okuizumi, K., Adachi, A., Hamatsu, Y., Urata, M., Nakaguchi, K., & Yamaguchi, S. (2013). Development and polyp formation of the giant box jellyfish *Morbakka virulenta* (Kishinouye, 1910) (Cnidaria: Cubozoa) collected from the Seto Inland Sea, Western Japan. *Journal of Plankton Benthos Research*, 8, 1–8.
- Toshino, S., Miyake, H., & Iwanaga, S. (2014). Development of *Copula sivickisi* (Stiasny, 1926) (Cnidaria: Cubozoa: Carybdeidae: Tripedaliidae) collected from the Ryukyu Archipelago, Southern Japan. *Journal of Plankton Benthos Research*, 9(1), 32–41.
- Tronolone, V. B., Morandini, A.E., & Migotto, A.E. (2002). *On the occurrence of scyphozoan ephyrae (Cnidaria, Scyphozoa, Semaestomeae and Rhizostomeae) in the Southeastern Brazilian coast. Biota Neotropica*. Retrieved from <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/en/fullpaper?bn02102022002+en>.
- Uchida, T., & Sugiura, Y. (1978). On the polyp of the scyphomedusa, *Sanderia malayensis* and its reproduction. *Journal of Faculty of Science Hokkaido University Series VI Zoology*, 21(2), 279-286.
- Uye, S. (2008). Blooms of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*: A threat to the fisheries sustainability of the East Asian Marginal Seas. *Journal of Plankton Benthos Research* 3 (Suppl.), 2008, 125-131.

- Van Lieshout, J.S., & Martin, V.J. (1992). Development of planuloid buds of *Cassiopea xamachana* (Cnidaria: Scyphozoa). *Journal of American Microscopical Society*, 111(2), 89-110.
- Watanabe, T., & Ishii, H. (2001). In situ estimation of ephyrae liberated from polyps of *Aurelia aurita* using settling plates in Tokyo Bay, Japan. *Journal of Hydrobiologia*, 451, 247–258.
- Webster, C.N., & Lucas, C.H. (2012). The effects of food and temperature on settlement of *Aurelia aurita* planula larvae and subsequent somatic growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 436-437, 50-55.
- Werner, B., Cutress, C.E., & Studebaker, J.P. (1971). Life cycle of *Tripedalia cystophora* Conant (Cubomedusae). *Journal of Nature*, 232 (5312), 582–583.
- Werner, B. (1975). Bau and lebensgeschichte des polypen von *Tripedalia cystophora* (Cubozoa, class. nov., Carybdeidae) und seine bedeutund fur die evolution der cnidaria. *Journal of Helgolander wiss Meeresunters*, 27, 461–504.
- Widmer, C.L. (2008a). Life cycle of *Phacellophora camtschatica* (Cnidaria: Scyphozoa). *Journal of Invertebrate Biology*, 125(2), 83-90.
- Widmer, C.L. (2008b). Life cycle of *Chrysaora fuscescens* (Cnidaria: Scyphozoa) and a key to sympatric ephyrae. *Journal of Pacific Science*, 62(1), 71-82.
- Willcox, S., Moltschaniwskyj, N.A., & Crawford, C. (2007). Asexual reproduction in scyphistomae of *Aurelia* sp.: Effects of temperature and salinity in an experimental study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 353(1), 107-114.
- Xian, W., Kang, B., & Liu, R. (2005). Jellyfish blooms in the Yangtze Estuary. *Journal of Science*, 307(5706), 41-41.
- Yasuda, T. (1983). Biology of the common jellyfish, *Aurelia aurita* III Notes of the metamorphosis from ephyra to young medusa and survival rate. *Journal of Aquabiology (Tokyo)*, 5, 302-306.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. การวิเคราะห์แอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen)

1.1 การเตรียมสาร

สารละลาย Phenol solution

- Phenol	20.0	กรัม
- ethyl alcohol (95%)	200	มิลลิลิตร

สารละลาย Sodium nitroprusside solution

- Sodium nitroprusside	1.0	กรัม
- น้ำกลั่น	200	มิลลิลิตร

สารละลาย Alkaline reagent

-Sodium citrate	100	กรัม
-Sodium hydroxide	5	กรัม
-น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร

สารละลาย Sodium hypochlorite solution

-Sodium hypochlorite

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 เตรียมน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

1.2.2 ใส่น้ำ Phenol solution 0.4 มิลลิลิตร กับ Sodium nitroprusside solution 0.4 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง

1.2.3 ใส่น้ำสารละลายผสม Alkaline reagent กับ Sodium hypochlorite solution (ผสมให้เข้ากันก่อนในอัตราส่วน 4:1 เติมน้ำปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง

1.2.4 ปิดฝาและเขย่าทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Hach Dr 4100

1.2.5 แปลผลที่ได้จากเครื่องให้เป็นหน่วย ppm

2. การวิเคราะห์ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen)

2.1 การเตรียมสาร

สารละลาย Sulphanilamide solution

-Sulphanilamide	5	กรัม
-Hydrochloric acid	50	มิลลิลิตร
-น้ำกลั่น	50	มิลลิลิตร

สารละลาย N - (1-Naphthyl) - Ethylenediamine dihydrochloride solution

-N-(1-Naphthyl) - Ethylenediamine dihydrochloride Iodine	0.50	กรัม
-น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 เตรียมน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

2.2.2 ใส Sulphanilamide solution 0.2 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง

2.2.3 ใส N - (1-Naphthyl) - Ethylenediamine dihydrochloride solution 0.2 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง

2.3.4 ปิดฝาและเขย่า ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Hach Dr 4100

2.3.5 แปลผลที่ได้จากเครื่องให้เป็นหน่วย ppm

3. ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity)

3.1 การเตรียมสาร

สารเมทิลออเรนจ์

-เมทิลออเรนจ์	0.05	กรัม
-น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐาน Sodium carbonate 0.02 N

- Na ₂ CO ₃ (อบที่ 145 °C นาน 4 ชั่วโมง)	1.0600	กรัม
-น้ำกลั่นต้ม (เพื่อกำจัด CO ₂ แล้วรอให้เย็น)	1,000	มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐาน Sulfuric acid 0.02 N

- conc.H ₂ SO ₄	3	มิลลิลิตร
- น้ำกลั่นต้ม (เพื่อกำจัด CO ₂ แล้วรอให้เย็น)	1,000	มิลลิลิตร

หมายเหตุ เมื่อต้องการใช้สารละลายมาตรฐาน Sulfuric acid 0.02 N (ดูดมา 350 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร)

3.2 การเทียบสารละลายมาตรฐาน

4.2.1 ดูดสารละลายมาตรฐาน Na₂CO₃ มา 10 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่นต้ม 90 มิลลิลิตร ใส่ flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

4.2.2 หยดเมทิลออเรนจ์ 5 หยด

4.2.3 นำ Na₂CO₃ 0.02 N มาไทเทรต โดยตัวอย่างจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม

4.2.4 จดบันทึกปริมาตรกรด H_2SO_4 ที่ใช้ในการไทเทรต

4.2.5 กำหนดหาความเข้มข้นของกรด H_2SO_4

3.3 วิธีวิเคราะห์

4.3.1 เตรียมน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ (flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

4.3.2 หยดเมทิลออเรนจ์ 5 หยด ลงในน้ำตัวอย่าง จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

4.3.3 ไทเทรต โดยใช้กรด H_2SO_4 0.02 N เป็นตัวไทเทรต ใส่ลงในบิวเรต

4.3.4 ทำการไทเทรตน้ำตัวอย่างจนน้ำตัวอย่างเปลี่ยนจากสีเหลืองไปเป็นสีส้ม

4.3.5 จดบันทึกปริมาตรน้ำที่ใช้ไป และนำไปคูณ 20 จะได้ค่าสภาพต่างของน้ำ

(มิลลิกรัมต่อลิตร)

ค่าคุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง

ตารางภาคผนวก ก- 1 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 1

อุณหภูมิ (Temperature) องศาเซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	ความเป็น กรดเป็น ด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ออกซิเจน ที่ละลาย ในน้ำ (Dissolve d Oxygen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
26	20	7.30	0.144	0.002	3.40	90
28	20	7.43	0.230	0.014	4.21	100
29	30	8.00	0.182	0.015	4.02	100
27	22	7.44	0.194	0.009	4.55	90
25	24	7.34	0.339	0.009	4.08	90
25	22	7.38	0.245	0.002	4.47	90
28	20	7.49	0.287	0.021	4.25	100
27	20	8.00	0.120	0.017	3.80	100
29	20	7.36	0.136	0.006	4.21	100
28	25	7.42	0.111	0.001	4.23	100

ตารางภาคผนวก ก -2 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 2

อุณหภูมิ (Temperature) องศาเซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ออกซิเจนที่ ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
20.4	10	7.99	0.144	0.021	3.80	90
	20	7.44	0.182	0.002	3.45	90
	30	7.19	0.222	0.017	4.02	95
25.3	10	7.49	0.231	0.008	4.00	90
	20	7.38	0.299	0.012	3.56	95
	30	7.43	0.190	0.006	3.92	90
30.4	10	7.38	0.189	0.028	4.02	100
	20	7.34	0.132	0.017	3.89	95
	30	7.36	0.192	0.011	4.02	90

ตารางภาคผนวก ก -3 ค่าคุณภาพน้ำในระหว่างการทดลองที่ 3

อุณหภูมิ (Temperature)	ความ เค็ม (Salinity) ppt	ความเป็น กรดเป็น ด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ออกซิเจน ที่ละลาย ในน้ำ (Dissolved Oxygen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
	10	7.23	0.230	0.015	4.47	90
	12	7.46	0.287	0.014	4.08	95
	14	7.53	0.194	0.009	4.55	90
	16	7.75	0.154	0.012	4.02	100
26.2	18	7.53	0.210	0.013	3.98	115
	20	7.57	0.134	0.004	4.10	120
	22	7.81	0.114	0.011	3.87	110
	24	7.47	0.210	0.007	3.78	100
	26	7.67	0.224	0.001	4.05	95
	28	7.98	0.277	0.006	4.25	100

ตารางภาคผนวก ก -3 (ต่อ)

อุณหภูมิ (Temperature) องศาเซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ออกซิเจนที่ ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
27.3	10	7.80	0.139	0.010	3.44	95
	12	7.32	0.144	0.002	3.45	90
	14	7.43	0.230	0.014	4.21	100
	16	8.00	0.182	0.015	4.02	100
	18	7.44	0.194	0.009	4.55	90
	20	7.34	0.109	0.009	4.08	90
	22	7.38	0.245	0.002	4.47	90
	24	7.49	0.287	0.021	4.25	100
	26	8.00	0.120	0.017	3.80	100
	28	7.36	0.136	0.006	4.21	100

ตารางภาคผนวก ก -3 (ต่อ)

อุณหภูมิ (Temperature) องศาเซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ออกซิเจนที่ ละลายใน น้ำ (Dissolved Oxygen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
28.3	10	7.42	0.111	0.001	4.23	100
	12	7.32	0.190	0.010	3.68	96
	14	7.68	0.127	0.017	4.02	110
	16	7.87	0.133	0.007	3.98	105
	18	7.95	0.143	0.021	4.32	95
	20	7.53	0.145	0.017	4.21	100
	22	7.88	0.157	0.010	3.99	105
	24	8.00	0.132	0.004	3.76	100
	26	7.68	0.120	0.002	3.86	100
	28	7.54	0.113	0.010	4.00	100

ตารางภาคผนวก ก -3 (ต่อ)

อุณหภูมิ (Temperature) องศา เซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH)	แอมโมเนีย รวม (Total ammonia nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ไนไตรท์ (Nitrite nitrogen) มิลลิกรัม ต่อลิตร	ออกซิเจนที่ ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) มิลลิกรัมต่อ ลิตร	ความเป็น ด่างของน้ำ (Alkalinity) มิลลิกรัมต่อ ลิตร
29.3	10	7.80	0.151	0.002	3.57	100
	12	7.57	0.190	0.006	4.08	105
	14	7.96	0.134	0.021	4.00	95
	16	7.36	0.120	0.015	4.02	95
	18	7.53	0.146	0.008	4.12	95
	20	7.62	0.190	0.012	4.21	100
	22	7.75	0.121	0.010	4.11	100
	24	8.00	0.137	0.015	3.70	100
	26	7.89	0.142	0.011	3.56	100
	28	8.00	0.134	0.014	3.78	96

ตารางภาคผนวก ก-4 จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นจากการแตกหน่อ และจำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นจากการแตกหน่อแบบสโตลอน ที่พบในระหว่างการทดลองที่ 2

อุณหภูมิ (Temperature) องศาเซลเซียส	ความเค็ม (Salinity) ppt	จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้น จากการแตกหน่อ (หน่อ)	จำนวนหน่อใหม่ที่เกิดขึ้นจาก การแตกหน่อแบบสโตลอน (หน่อ)
20	10	1	1
	20	1	1
	30	0	2
25	10	11	23
	20	14	24
	30	3	4
30	10	4	7
	20	3	7
	30	0	0

ภาคผนวก ข

ภาพถ่ายเพิ่มเติมระหว่างการทดลอง

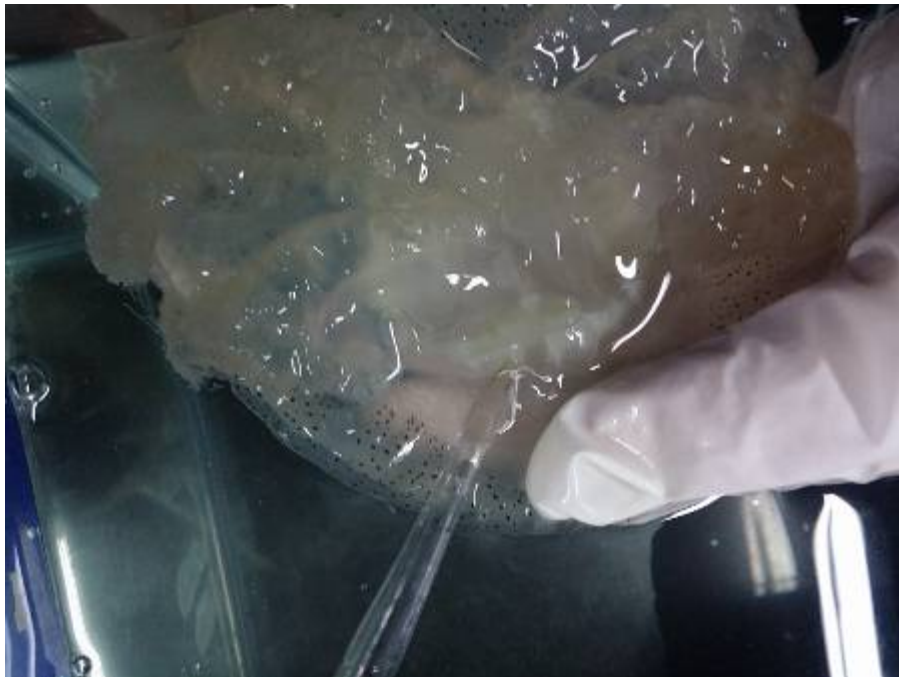
ภาพถ่ายเพิ่มเติมระหว่างการทดลอง



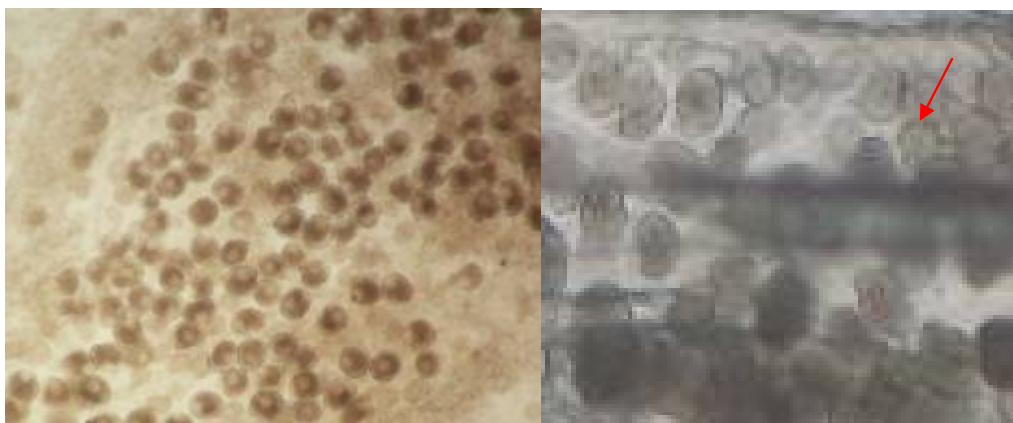
ภาพภาคผนวก ข - 1 ลักษณะพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนด้วยหางขน



ภาคผนวก ข - 2 ภาชนะเลี้ยงกักขังพ่อแม่พันธุ์แมงกะพรุนด้วยหางขน



ภาคผนวก ข - 3 ตรวจสอบความสมบูรณ์เพศ จากอวัยวะสืบพันธุ์แมงกะพรุนถ้วยหางขน



ภาคผนวก ข - 4 ไข่ และฟักสเปิร์มแมงกะพรุนถ้วยหางขน



ภาคผนวก ข - 5 อุปกรณ์เปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการทดลอง



ภาคผนวก ข - 6 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ และอุปกรณ์ถ่ายภาพ



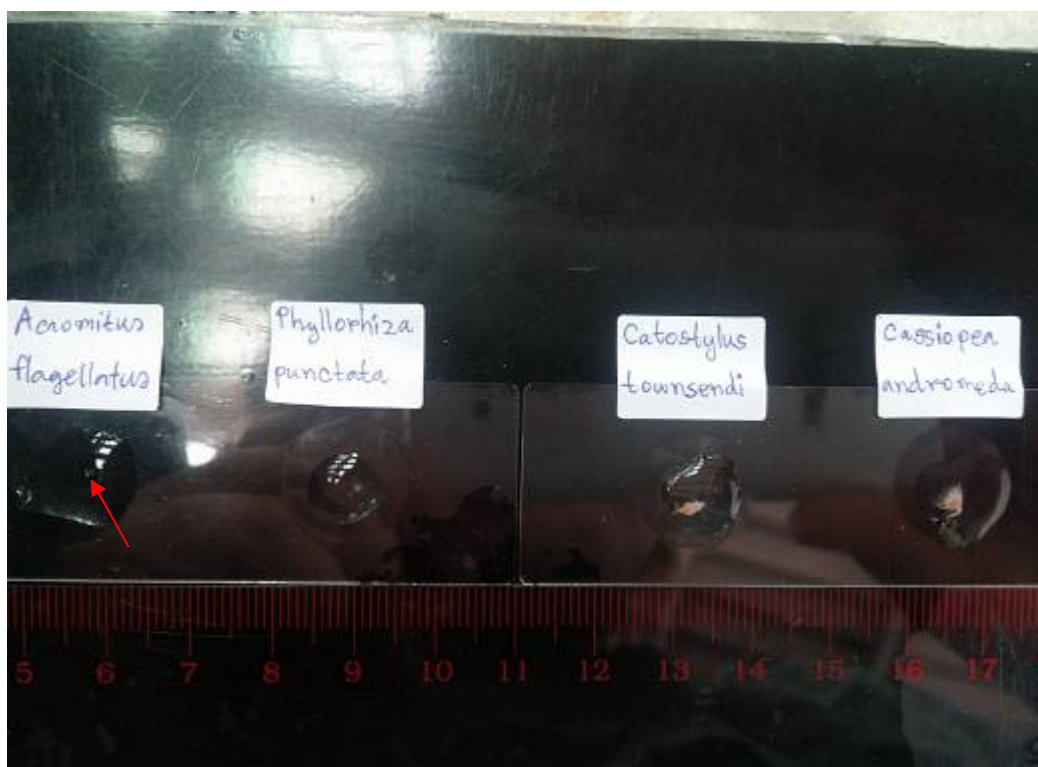
ภาคผนวก ข - 7 รูปแบบการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำที่ต่อกับกล่องโฟม



ภาคผนวก ข - 8 กระบอกกรองน้ำ เพื่อกรองน้ำใช้ในระหว่างการทดลอง



ภาคผนวก ข - 9 เครื่องวัดอุณหภูมิ (เทอร์โมมิเตอร์ชนิดวัดค่าสูงสุด - ต่ำสุด ในรอบวัน) ที่ใช้วัดอุณหภูมิระหว่างการทดลอง



ภาคผนวก ข - 10 เปรียบเทียบขนาดไซฟิสโตมาแมงกะพรุนถ้วยหางขน กับไซฟิสโตมาแมงกะพรุนชนิดอื่น ๆ