

ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบสต่อการเจริญระยะต้นของ ตัวอ่อน  
ปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) และ *Acropora millepora*  
(Ehrenberg, 1834)



นางสาววิภาดา ลลิตภัทรกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF TEMPERATURE, SALINITY AND pH ON EARLY DEVELOPMENT  
OF *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) AND *Acropora millepora*  
(Ehrenberg, 1834) CORAL LARVAE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Marine Science  
Department of Marine Science  
Faculty of Science  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2014  
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบสต่อการ  
เจริญระยะต้นของ ตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora*  
*damicornis* (Linnaeus, 1758) และ *Acropora*  
*millepora* (Ehrenberg, 1834)

โดย

นางสาววิภาดา ลลิตภัทรกิจ

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยาญจน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ ทารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิติธรรมยง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยาญจน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุชญา ชวนิชย์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(คุณ นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ)



# # 5472101323 : MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORDS: ACROPORA MILLEPORA, POCILLOPORA DAMICORNIS, SALINITY, TEMPERATURE, PH

WIPADA LALITPATTARAKIT: EFFECTS OF TEMPERATURE, SALINITY AND pH ON EARLY DEVELOPMENT OF *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) AND *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) CORAL LARVAE. ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. VORANOP VIYAKARN, 47 pp.

*Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) and *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) are normally found in a shallow water in the Gulf of Thailand. In this study, the effect of temperature, salinity, and pH on the embryonic and larval development of 2 cultivated coral species via sexual propagation, *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) and *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834) were investigated. The result showed that the larvae of *Pocillopora damicornis* settled in one hour on hard structures and CaCO<sub>3</sub>, was formed within 24 hours after releasing. The highest settlement rate (77.50±20.21 %) was found at temperature 28°C, salinity 33 psu, and pH 8.2. The results also showed that at pH 7.6 and 7.9, all larvae were unable to complete metamorphosis. For *Acropora millepora*, the fertilized eggs were divided within 5 hours, and the developments in different stages were found until becoming the planulae in 48 hours. The larvae were settled from hour of 84. The results also showed that the highest fertilization rate and settlement rate were found at the temperatures ranged between 28 and 31°C. In the salinity experiment, the highest fertilization rate and settlement rate were found at salinity 33 psu. However, in other salinity levels, the fertilization rates were less than 20%. In addition, similar to the temperature experiment, the decrease in pH levels caused a strong decline in the larval settlement rates and a strong increase in the number of abnormal cells.

Department: Marine Science

Student's Signature .....

Field of Study: Marine Science

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิทยกาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. สุชญา ชวนิชย์ ผู้คอยให้คำแนะนำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ สำหรับการทำให้วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิตธีรรมยง ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คุณนิพนธ์ พงศ์สุวรรณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการตรวจแก้รูปเล่ม ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) และหน่วยสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ ในการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ ตลอดจนการดูแลความปลอดภัยขณะดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการ อพ.สธ. และเจ้าหน้าที่กองทัพเรือทุกท่าน ที่คอยดูแลและช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ภาคสนามในการศึกษาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณปฐพร เกื้อนุ้ย คุณเสธ ทรงพลอย คุณจันทร์จิรา คำดีเงิน คุณอิสรา ศรีสุข สำหรับคำแนะนำและการช่วยเหลือทุกอย่าง ขอขอบคุณ คุณทิพวิมล รัตนะวงวาล คุณศุภกาญจน์ จันทรแดง คุณนิติ วงศ์เทพวานิชย์ คุณนเรนฤทธิ์ ชื่นพิภ คณณัฐธิดา จันทรศิริ สมาชิกในกลุ่มวิจัยปะการังและเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกคน ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข และคอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือสนับสนุนเสมอมา วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนำมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยห่วงใย อบรมสั่งสอน เป็นแรงผลักดันและกำลังใจที่สำคัญที่ทำให้ทำงานทุกอย่างประสบความสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
บทที่ 2 สํารวจเอกสาร.....	3
2.1 ชีววิทยาของปะการังดอกกะหล่ำ <i>Pocillopora damicornis</i> .....	3
2.2 ชีววิทยาของปะการัง <i>Acropora millepora</i> .....	4
2.3 ผลของปัจจัยทางกายภาพ.....	7
2.3.1 อุณหภูมิ.....	7
2.3.2 ความเค็ม.....	7
2.3.3 ความเป็นกรด-เบส.....	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	9
3.1 ตัวอย่างสัตว์ทดลองและพื้นที่ศึกษา.....	9
3.1.1 ตัวอย่างปะการัง.....	9
3.1.2 พื้นที่ศึกษา.....	10
3.2 การเตรียมตัวอย่างปะการัง.....	11
3.2.1 ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> .....	11

3.2.2	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> .....	11
3.3	การทดลองและชุดการทดลอง.....	12
3.3.1	การทดลองที่ 1: อุณหภูมิ.....	12
3.3.2	การทดลองที่ 2: ความเค็ม .....	12
3.3.3	การทดลองที่ 3: ความเป็นกรด-เบส .....	13
3.4	ขั้นตอนการทดลอง .....	14
3.4.1	ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> .....	14
3.4.2	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> .....	14
3.5	การวิเคราะห์ทางสถิติ .....	15
บทที่ 4	ผลการทดลอง .....	16
4.1	ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> .....	16
4.1.1	ระยะการพัฒนาวัยอ่อน .....	16
4.1.2	ปัจจัยทางอุณหภูมิ .....	17
4.1.2.1	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาวัยอ่อนระยะวัยน้ำถึงระยะลงเกาะ .....	17
4.1.2.2	ผลของอุณหภูมิต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง.....	18
4.1.3	ปัจจัยทางความเค็ม.....	19
4.1.3.1	ผลของความเค็มต่อการพัฒนาวัยอ่อนระยะวัยน้ำถึงระยะลงเกาะ.....	19
4.1.3.2	ผลของความเค็มต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง .....	20
4.1.4	ปัจจัยความเป็นกรด-เบส.....	21
4.1.4.1	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการพัฒนาวัยอ่อนระยะวัยน้ำถึงระยะลง เกาะ.....	21
4.1.4.2	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง .....	22
4.2	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> .....	23



4.2.1	ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อน.....	23
4.2.2	ปัจจัยทางอุณหภูมิ .....	25
4.2.2.1	ผลของอุณหภูมิต่อระยะการปฏิสนธิ .....	25
4.2.2.2	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะการ ปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ.....	26
4.2.2.3	ผลของอุณหภูมิต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง.....	27
4.2.2.4	ผลของอุณหภูมิต่อความผิดปกติของเซลล์ .....	28
4.2.3	ปัจจัยความเค็ม .....	29
4.2.3.1	ผลของความเค็มต่อระยะการปฏิสนธิ.....	29
4.2.3.2	ผลของความเค็มต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะการ ปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ.....	30
4.2.3.3	ผลของความเค็มต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง .....	31
4.2.3.4	ผลของความเค็มต่อความผิดปกติของเซลล์.....	32
4.2.4	ปัจจัยความเป็นกรด-เบส.....	33
4.2.4.1	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อระยะการปฏิสนธิ.....	33
4.2.4.2	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะ การปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ .....	34
4.2.4.3	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง .....	35
4.2.4.4	ผลของความเป็นกรด-เบสต่อความผิดปกติของเซลล์ .....	36
บทที่ 5	วิจารณ์ผลการศึกษา.....	38
5.1	ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> .....	38
5.2	ปะการัง <i>Acropora millepora</i> .....	39
	รายการอ้างอิง.....	42
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	47

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง <i>Acropora millepora</i> ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน .....	28
ตารางที่ 4.2 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง <i>Acropora millepora</i> ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน.....	32
ตารางที่ 4.3 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง <i>Acropora millepora</i> ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน.....	36
ตารางที่ 4.4 สรุปลักษณะความผิดปกติของเซลล์ปะการัง <i>Acropora millepora</i> ที่พบจาก การศึกษา.....	37



## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การพัฒนาระยะต้นของปะการัง <i>Pocillopora verrucosa</i> (A: เซลล์ไข่ที่ประกอบด้วยสาหร่าย zooxanthellae; B: เซลล์ไข่ภายใต้แสง epifluorescence; C: เซลล์ไข่ที่มีสาหร่าย zooxanthellae อยู่ฝั่งขวา และหยดน้ำมันอยู่ทางซ้าย; D: เซลล์ไข่ภายใต้แสง epifluorescence; E: การแบ่งเซลล์ระยะแรก; และ F: เซลล์ไข่ที่แบ่งออกเป็น 2 เซลล์ อย่างชัดเจน) .....	4
รูปที่ 2.2	ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง <i>Acropora</i> spp. (A: ลักษณะภายนอกของบันเดิล และ B: ภาพตัดขวางเซลล์สืบพันธุ์).....	6
รูปที่ 2.3	สัณฐานวิทยาของตัวอ่อนปะการัง <i>Acropora</i> sp. (A: เริ่มแบ่งเซลล์; B: ระยะ 4 เซลล์; C: ระยะ 8 เซลล์; D: ระยะ Morula; E-G: ระยะข้าวเกรียบ; H-I: ระยะถ้วย; K-L: ระยะกลม; M-O: ระยะหยดน้ำ; P-Q: ระยะยึดตัว; และ R: ระยะลงเกาะ) .....	6
รูปที่ 3.1	ชนิดปะการังที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ A: ปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus, 1758) และ B: ปะการัง <i>Acropora millepora</i> (Ehrenburg, 1834) .....	9
รูปที่ 3.2	พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวสัตหีบ อ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวม 2 พื้นที่ ได้แก่ A: แนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอก และ B: แนวปะการังเกาะเตาหม้อ.....	10
รูปที่ 3.3	การควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดย A: ใช้เครื่องทำความเย็นควบคุมระดับอุณหภูมิที่ 22 และ 25 °C และ B: ใช้เครื่องทำความร้อนควบคุมระดับอุณหภูมิที่ 31 และ 34 °C .....	12
รูปที่ 3.4	การทดลองความเป็นกรด-เบส .....	13
รูปที่ 4.1	ระยะการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ภายหลังจากปล่อยตัวอ่อนออกสู่มวลน้ำ (A: ระยะที่ 1 ตัวอ่อนหาพื้นที่ลงเกาะ; B: ระยะที่ 2 ทำการลงเกาะบนพื้นผิวแล้วเริ่มเปลี่ยนรูปร่าง; C: ระยะที่ 3 ระยะเริ่มต้นของ gastrulation; D: ระยะที่ 4 ระยะ gastrulation; E: ระยะที่ 5 ระยะเริ่มต้นของการสร้างปาก; F: ระยะที่ 6 ระยะการสร้างหนวด; G: ระยะที่ 7 ระยะการสร้างโพลีบ; และ H: ระยะที่ 8 ระยะสร้างโครงร่างแข็ง) .....	17
รูปที่ 4.2	การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง <i>Pocillopora damicornis</i> ระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน .....	18

**รูปที่ 4.3** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ) .....19

**รูปที่ 4.4** การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน.....20

**รูปที่ 4.5** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ) .....21

**รูปที่ 4.6** การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน.....22

**รูปที่ 4.7** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ).....23

**รูปที่ 4.8** ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังได้รับการผสมในระบบเพาะฟัก (A: ระยะที่ 1 pre-embryo; B: ระยะที่ 2 first cleavage; C: ระยะที่ 3 two-cells embryo; D: ระยะที่ 4 four-cells embryo; E: ระยะที่ 5 eight-cells embryo; F: ระยะที่ 6 sixteen-cells embryo; G: ระยะที่ 7 many cells; H: ระยะที่ 8 morula stage; I: ระยะที่ 9 early prawn-chip stage; J: ระยะที่ 10 late prawn chip; K: ระยะที่ 11 early gastrulation; L: ระยะที่ 12 mid gastrulation; M: ระยะที่ 13 Pre swimming planula; และ O: ระยะที่ 14 swimming planula) .....24

**รูปที่ 4.9** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ) .....25

**รูปที่ 4.10** การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน .....26

**รูปที่ 4.11** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ) .....27

- รูปที่ 4.12** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ).....29
- รูปที่ 4.13** การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน.....30
- รูปที่ 4.14** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับความเค็มที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ; ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ และ \*: ชุดการทดลองที่ไม่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง).....31
- รูปที่ 4.15** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ) .....33
- รูปที่ 4.16** การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน .....34
- รูปที่ 4.17** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ).....35

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวปะการังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด และมีปริมาณผลผลิตเบื้องต้นสูง จากการที่ปัจจุบันมนุษย์มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและใช้ผลประโยชน์จากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการประมง การท่องเที่ยว น้ำทิ้งจากครัวเรือนหรืออุตสาหกรรม หรืออื่นๆ ล้วนสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแนวปะการังได้ทั้งสิ้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก็ส่งผลโดยตรงต่อการแพร่กระจายและการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังเช่นกัน ทั้งนี้ NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 1974 รายงานว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในต้นเหตุของการสูงขึ้นของอุณหภูมิโลกนั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอากาศเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในทะเล ซึ่งส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเลลดลง และนอกจากสิ่งมีชีวิตในทะเลที่มีโครงสร้างหินปูน เช่น ปะการัง ได้รับผลโดยเกิดการกร่อนของโครงสร้างหินปูนแล้ว ยังพบว่าอัตราการเติบโตของโพลีปะการังแรกเริ่ม (primary polyp) มีค่าลดลงเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความร้อนส่วนหนึ่งที่ถูกถ่ายเทลงสู่ทะเลมีผลให้ระดับอุณหภูมิบริเวณผิวน้ำสูงขึ้น ย่อมส่งผลกระทบต่อปะการังและสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวด้วย สำหรับกรณีของปริมาณน้ำฝนหรือน้ำจืดซึ่งไหลลงสู่ทะเลที่ทำให้ระดับความเค็มเกิดการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งในปัจจุบัน นั้นส่งผลต่อพัฒนาการและอัตราการรอดของปะการัง โดยเฉพาะในระยะที่เป็นตัวอ่อน หรือในช่วงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของปะการัง การเข้าใจถึงผลที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านี้ สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการและป้องกันการสูญเสียทรัพยากรปะการังและระบบนิเวศแนวปะการังได้

จากปัจจัยสภาพบางประการที่ส่งผลกระทบต่อปะการังดังกล่าวข้างต้น จึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส ต่อการเจริญระยะต้นและอัตราการรอดของปะการัง 2 ชนิด ได้แก่ ปะการัง *Pocillopora damicornis* ซึ่งเป็นปะการังกลุ่ม brooder ที่มีการปฏิสนธิภายใน และ ปะการัง *Acropora millepora* ซึ่งเป็นปะการังกลุ่ม spawner ที่มีการปฏิสนธิภายนอก โดยนำตัวอ่อนแรกเกิดของปะการัง *Pocillopora damicornis* พร้อมทั้งนำเซลล์ที่ได้รับการปฏิสนธิและ

มีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนของปะการัง *Acropora millepora* ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาใช้ในการศึกษา เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ประกอบข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการ รวมถึง การฟื้นฟูทรัพยากรปะการังและแนวปะการังในน่านน้ำไทยต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับของอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส ที่มีผลต่อการเจริญระยะต้น และอัตราการรอดของตัวอ่อนของปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) และ *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834)



## บทที่ 2

### สำรวจเอกสาร

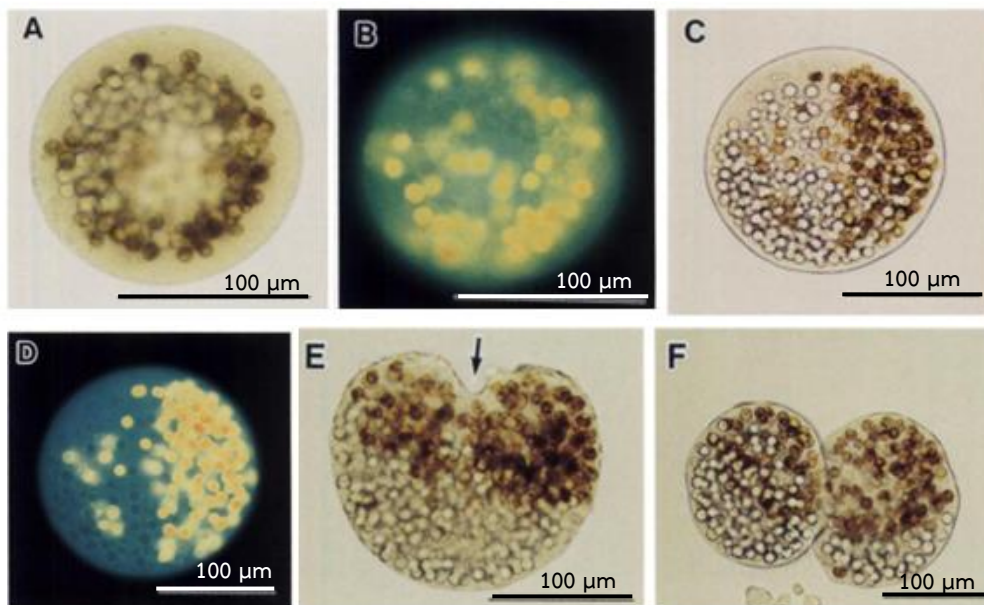
#### 2.1 ชีววิทยาของปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis*

ปะการังดอกกะหล่ำ *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงพุ่ม สามารถพบได้หลากหลายสี เช่น สีน้ำตาล ชมพู และเหลือง โดยขึ้นกับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ปะการัง *Pocillopora damicornis* สามารถพบได้ทั่วไปในมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออก รวมถึงมหาสมุทรอินเดีย (Richmond, 1987) ปะการังชนิดนี้สามารถผลิตเซลล์สืบพันธุ์ทั้งไข่และสเปิร์ม ได้พร้อมกันภายในโคโลนีเดียวกัน เรียกว่า การสืบพันธุ์แบบ simultaneous hermaphroditism ซึ่งไข่และสเปิร์มทำการผสมและมีการพัฒนาระยะต้นอยู่ภายในโพลิบ (polyp) และเมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม จึงปล่อยตัวอ่อนในระยะว่ายน้ำ (planula larvae) ออกสู่มวลน้ำ ปะการัง *Pocillopora damicornis* จึงจัดอยู่ในกลุ่ม hermaphroditic brooder ทั้งนี้ ปะการังชนิดนี้สามารถปล่อยตัวอ่อนได้อย่างต่อเนื่อง ทุกเดือน ทั้งช่วงข้างขึ้นและข้างแรม ซึ่งแตกต่างกันตามพื้นที่ (Jokiel et al., 1985) เช่น ที่บริเวณ Enewetak เกาะ Marshall พบการปล่อยตัวอ่อนสูงสุดในช่วงแรม 15 ค่ำ และ ขึ้น 8 ค่ำ ขณะที่ที่บริเวณหมู่เกาะ Hawaii พบการปล่อยตัวอ่อนสูงสุดในช่วงขึ้น 8 ค่ำ ถึง ขึ้น 15 ค่ำ หรือ แม้กระทั่งในช่วงแรม 8 ค่ำ (Richmond and Jokiel, 1984) สำหรับปะการัง *Pocillopora damicornis* ในน่านน้ำไทย พบว่า ที่บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี สามารถปล่อยตัวอ่อนได้สูงสุดในช่วงแรม 5 ค่ำถึงแรม 6 ค่ำ (Kuanui et al., 2009) นอกจากนี้ การที่เซลล์ไข่ในระยะ oocytes รับสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) เข้ามาภายในโคโลนีแม่ก่อนถึงช่วงเวลาปล่อยตัวอ่อนประมาณ 3-4 วัน ทำให้ตัวอ่อนที่ถูกปล่อยสู่มวลน้ำมีสาหร่ายดังกล่าวด้วย (Hirose et al. 2000)

การที่ปะการัง *Pocillopora damicornis* เป็นกลุ่มปะการังที่มีสองเพศภายในโพลิบเดียวกัน เซลล์สืบพันธุ์จึงมีการพัฒนาอยู่ภายใน mesenteries จนถึงระยะพร้อมผสมพันธุ์ จากนั้นเซลล์ไข่และสเปิร์มจึงเลื่อนมาบริเวณ gastrovascular cavity (Permata et al., 2000) โดยที่สเปิร์มใช้เวลาในการพัฒนาเพื่อเข้าสู่ระยะที่ 4 ซึ่งเป็นระยะสมบูรณ์ที่สุดที่ 4-14 วันหรือมากกว่า โดยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสเปิร์ม ในทางตรงข้าม ไม่พบระยะเวลาที่แน่นอนในการพัฒนาเซลล์ไข่ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ โดยมีขนาดเล็กที่สุดที่ 10  $\mu\text{m}$  เซลล์ไข่ที่มีการพัฒนาถึงระยะที่ 4 ที่เข้าสู่ระยะสมบูรณ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 70  $\mu\text{m}$  (Stoddart and Black, 1985) จากนั้นจึงพบ



สาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) ในเนื้อเยื่อของเซลล์ไข่ในวันที่ 3 หรือ 4 และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ (รูปที่ 2.1A และ 2.1B) การแบ่งเซลล์ของเซลล์ไข่ปรากฏชัดเจนหลังการปฏิสนธิ 5 ชั่วโมง พร้อมกับสาหร่ายซูแซนเทลลีและหยดไขมัน (รูปที่ 2.1F) ที่ช่วยในการลอยขึ้นสู่น้ำ รวมถึงการพัฒนาของช่องปากและซีเลีย (cilia) และภายหลังการปฏิสนธิ 8 ชั่วโมง จึงพบตัวอ่อนปะการังที่สามารถว่ายน้ำได้ ซึ่งทั้งหมดเป็นการพัฒนาที่เกิดขึ้นภายในโพลีบ (Hirose et al., 2000)



(ที่มา: Hirose et al. 2000)

**รูปที่ 2.1** การพัฒนาระยะต้นของปะการัง *Pocillopora verrucosa* (A: เซลล์ไข่ที่ประกอบด้วยสาหร่าย zooxanthellae; B: เซลล์ไข่ภายใต้แสง epifluorescence; C: เซลล์ไข่ที่มีสาหร่าย zooxanthellae อยู่ฝั่งขวา และหยดน้ำมันอยู่ทางซ้าย; D: เซลล์ไข่ภายใต้แสง epifluorescence; E: การแบ่งเซลล์ระยะแรก; และ F: เซลล์ไข่ที่แบ่งออกเป็น 2 เซลล์ อย่างชัดเจน)

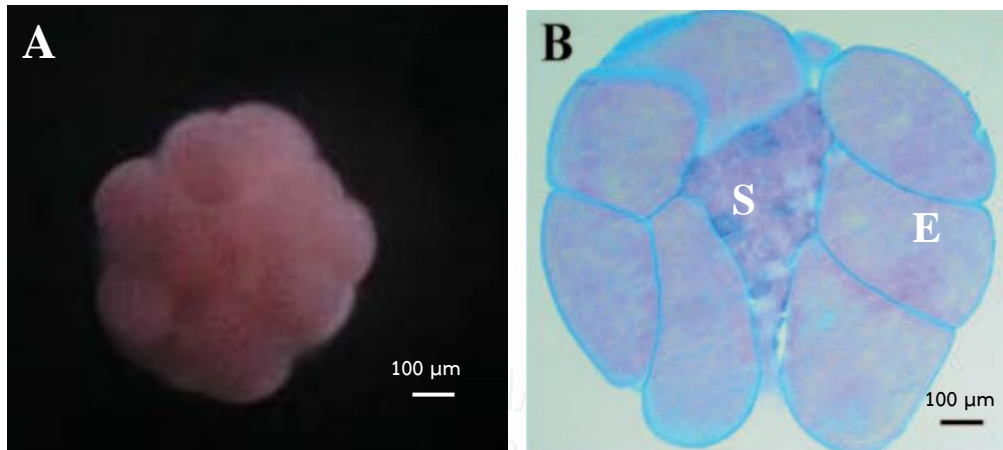
## 2.2 ชีววิทยาของปะการัง *Acropora millepora*

ปะการังเขากวาง *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) เป็นปะการังแบบกิ่งชนิดหนึ่งในกลุ่มปะการังเขากวาง โดยกิ่งของปะการังเขากวางชนิดนี้มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ ปะการังกลุ่มนี้สามารถพบได้ทั้งในเขตน้ำขึ้นและน้ำลงของชายฝั่งที่มีแนวปะการัง โดยมีความสามารถในการแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ทำให้เป็นหนึ่งในกลุ่มปะการังที่ช่วยขยายแนวปะการังในเขตอินโด-แปซิฟิก

(Wallace et al., 1991) ปะการังเขากวางจัดเป็นปะการังแบบ simultaneous hermaphroditism มีการสร้างทั้งไข่และสเปิร์มภายในโพลิบเดียวกัน สืบพันธุ์โดยการปล่อยไข่และสเปิร์มออกมาผสมในมวลน้ำ เรียกว่า Hermaphroditic broadcaster ทั้งนี้ ในอดีตพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในคืนวันเพ็ญหรือขึ้น 15 ค่ำ (Willis et al., 1985) แต่ปัจจุบันพบว่า ช่วงเวลาการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แตกต่างกันตามพิกัดภูมิศาสตร์ (Baird et al., 2000) โดยแนวปะการังที่ Great Barrier Reefs พบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ขณะที่แนวปะการังที่ Papua New Guinea มีการปล่อยในช่วงเดือนมกราคม มีนาคม กันยายน และตุลาคม (Oliver et al., 1988) สำหรับปะการังกลุ่มนี้ในบริเวณแนวปะการังอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม (ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550)

เซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora* ที่ถูกปล่อยออกมามีลักษณะเป็นก้อนกลม เรียกว่า บันเดิล (bundle) โดยบันเดิลประกอบด้วย เซลล์ไข่จำนวนหนึ่งที่เกาะกลุ่มอยู่รอบนอก และมีถุงสเปิร์มแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ไข่นั้น (รูปที่ 2.2) ซึ่งด้านนอกไม่มีเยื่อเมมเบรน (membrane) หุ้ม เมื่อบันเดิลถูกปล่อยออกจากโคลนีแม่สู่มวลน้ำ บันเดิลจะลอยขึ้นสู่มวลน้ำและแตกตัวออกเป็นไข่และสเปิร์ม (Okubo and Motokawa, 2007) อนึ่ง ในปี 2526 แนวปะการังบริเวณตอนกลางและตอนเหนือของแนวปะการัง Great Barrier reef ประเทศออสเตรเลีย เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “mass spawning” ซึ่งพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังพร้อมกัน 105 สายพันธุ์ในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการแพร่กระจายของปะการังหลายชนิดในแนวปะการังบริเวณนั้น (Babcock et al., 1986) ทั้งนี้ ภายหลังจากปฏิสนธิ ไซโกต (zygote) มีการแบ่งเซลล์และพัฒนารูปร่างเป็นเซลล์หลายเซลล์ (ชั่วโมงที่ 6) หลังจากนั้น ไซโกตจึงเข้าสู่ระยะข้าวเกรียบ (prawn chip stage หรือ concave – convex dish shape) ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น (ชั่วโมงที่ 7–10) แล้วจึงเกิดการยุบตัวของเนื้อเยื่อด้านใดด้านหนึ่งเกิดเป็นรอยบุ๋ม (ชั่วโมงที่ 15) เนื้อเยื่อชั้นในจึงพัฒนาเพื่อเข้าสู่ระยะ gastrulation (ชั่วโมงที่ 20) ตัวอ่อนระยะนี้มีลักษณะกลมและเริ่มปรากฏซีเลียบริเวณภายนอก (ชั่วโมงที่ 36) และเริ่มเปลี่ยนรูปร่างจากทรงกลมเป็นทรงยาวรี และปรากฏช่องปาก (ชั่วโมงที่ 54–72) ตัวอ่อนระยะนี้มีรูปร่างคล้ายลูกกรักบี้ที่มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น จากนั้น จึงเริ่มว่ายน้ำเมื่อปรากฏซีเลียซึ่งช่วยในการเคลื่อนที่ (ชั่วโมงที่ 86–98) มีการพัฒนาโครงสร้างของประสาท ช่องปาก และเซลล์เข็มพิษที่ช่วยในการป้องกันตัวเองและหาอาหาร เมื่อตัวอ่อนระยะว่ายน้ำมีความพร้อมในการลงเกาะ ตัวอ่อนจะแสดงลักษณะการว่ายวนบริเวณพื้นผิวเพื่อทดสอบพื้นที่ในการลงเกาะนั้น เรียกว่า corkscrew pattern หลังจากนั้น ตัวอ่อนจึงทำการลงเกาะและทำการหดตัวเพื่อให้เหมาะกับการยึดเกาะบนพื้นผิว แล้วจึงทำการสร้างหนวด (tentacle) สร้างเซ็ปตา (septa) และโครงร่างแข็งต่อไป (Miller

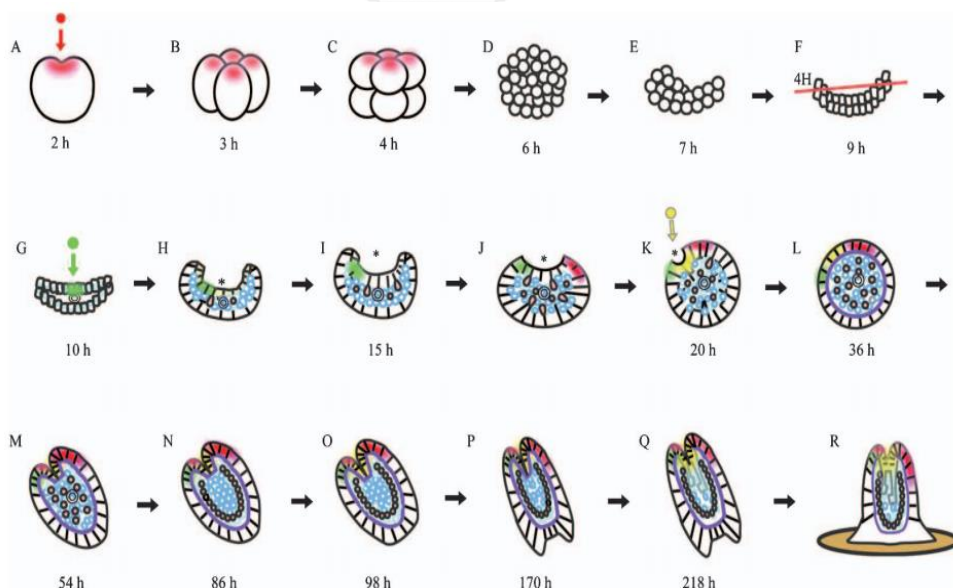
and Ball, 2000) อนึ่ง การพัฒนาของเซลล์ปะการัง *Acropora* ที่ได้รับการปฏิสนธิจนถึงระยะการลงเกาะ แสดงดังรูปที่ 2.3



(ที่มา: ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550)

(ที่มา; Okubo and Motokawa, 2007)

รูปที่ 2.2 ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora* spp. (A: ลักษณะภายนอกของบันเดิล และ B: ภาพตัดขวางเซลล์สืบพันธุ์)



(ที่มา: Okubo and Motokawa, 2007)

รูปที่ 2.3 สัณฐานวิทยาของตัวอ่อนปะการัง *Acropora* sp. (A: เริ่มแบ่งเซลล์; B: ระยะ 4 เซลล์; C: ระยะ 8 เซลล์; D: ระยะ Morula; E-G: ระยะข้าวเกรียบ; H-I: ระยะถ้วย; K-L: ระยะกลม; M-O: ระยะหยดน้ำ; P-Q: ระยะยึดตัว; และ R: ระยะลงเกาะ)

## 2.3 ผลของปัจจัยทางกายภาพ

การเติบโตระยะต้นของตัวอ่อนปะการัง ได้รับผลโดยตรงและโดยอ้อมจากปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยทางเคมีหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส เป็นต้น

### 2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางกายภาพสำคัญที่ส่งผลต่อการฟอกขาวปะการัง ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่า 30 °C สามารถส่งผลให้จำนวนของสาหร่ายซูแซนเทลลีในเนื้อเยื่อปะการังลดลง อย่างไรก็ตาม ระดับอุณหภูมิต่ำกว่าไม่ส่งผลต่อจำนวนของรงควัตถุ (pigment) ในสาหร่ายนั้น ทั้งนี้ ระดับอุณหภูมิยังส่งผลต่อการปล่อยตัวอ่อนและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังด้วย (Nozawa, 2012) เช่น กรณีกลุ่มปะการังที่เป็น brooder อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสามารถกระตุ้นให้ปะการังปล่อยตัวอ่อนออกสู่มวลน้ำได้เร็วขึ้น (Cumbo et al., 2013) ขณะที่กลุ่มปะการังที่เป็น spawner เช่น ปะการัง *Acropora* ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง พบการพัฒนาและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำเร็วกว่าปะการังที่อยู่บริเวณอุณหภูมิต่ำ (Baird et al., 2000) ซึ่งรวมถึงตัวอ่อนปะการังมีระยะเวลาในการพัฒนาและลงเกาะเร็วขึ้นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง ขณะที่ใช้เวลานานขึ้นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า นอกจากนี้ ระดับอุณหภูมิต่ำกว่าสามารถยับยั้งการพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Fungia repanda* พร้อมกับส่งผลต่อรูปแบบการกระจายของปะการังชนิดนี้ที่เปลี่ยนไป (Heyward and Negri, 2010) สำหรับการปฏิสนธิ ปะการัง *Diploria strigosa* มีอัตราการปฏิสนธิเพิ่มขึ้นในอุณหภูมิที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม หากอุณหภูมิต่ำสูงเป็นระยะเวลานานเกินไป ก็สามารถส่งผลทางลบให้การพัฒนาและอัตราการรอดของตัวอ่อนลดลงอย่างรวดเร็วได้เช่นกัน (Bassim et al., 2002) ทั้งนี้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสามารถส่งผลต่ออัตราการตายและอัตราการเปลี่ยนแปลงรูปร่างระยะหลังของการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Porites astreoides* ที่ลดลงเช่นกัน (Edmunds et al., 2001)

### 2.3.2 ความเค็ม

ความเค็มส่งผลต่อการเติบโตระยะต้นของตัวอ่อนปะการัง โดยพบว่า ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงทะเลในแต่ละฤดูทำให้ระดับความเค็มมีค่าแตกต่างกันตามฤดูกาลและพื้นที่นั้น สามารถส่งผลต่ออัตราการหายใจของปะการัง *Siderastrea siderea* และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายซูแซนเทลลี (Muthiga and Szmant, 1987) ขณะที่บริเวณ Keppel Islands ซึ่ง

อยู่ทางตอนใต้ของ Great Barrier Reef ประเทศออสเตรเลีย นั้น เป็นบริเวณที่มีการไหลลงของน้ำจืดจากแผ่นดินที่ทำให้ความเค็มบริเวณนั้นมีค่าลดลง พบว่า ความทนทานต่อความเค็มที่ลดลงของปะการังมีความแตกต่างกัน โดยปะการัง *Acropora* เกิดการฟอกขาวในวันที่ 16 ที่ระดับความเค็ม 28 psu และพบการฟอกขาวในวันที่ 3 เมื่อระดับความเค็มลดลงถึง 22 psu (Berkelmans et al., 2012) นอกจากนี้ ความเค็มยังส่งผลต่ออัตราการปฏิสนธิ อัตรารอด และอัตราการลงเกาะของปะการัง *Platygyra daedalea* และ *Acropora millepora* โดยพบว่าปะการังทั้งสองหยุดการปฏิสนธิเมื่อระดับความเค็มต่ำกว่า 20 psu (Scott et al., 2013) ทั้งนี้ ความเค็มที่ลดลงยังลดความสามารถในการดำรงชีวิตเมื่อต้องเผชิญกับอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้นด้วย (Coles and Jokiel, 1978)

### 2.3.3 ความเป็นกรด-เบส

ความเป็นกรด-เบสส่งผลต่อตัวอ่อนปะการัง *Porites panamensis* น้ำทะเลที่มีความเป็นกรด-เบสลดลงสามารถชะลอการเติบโตของโพลิบปะการังแรกเริ่มได้ และเมื่อน้ำทะเลมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ก็ส่งผลต่อปริมาณของสาหร่ายซูแซนเทลลีในเซลล์ปะการังที่ลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ตาม การลดลงของระดับความเป็นกรด-เบสและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมินั้น ไม่ได้ส่งผลต่ออัตรารอดและอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง (Anlauf et al., 2011) ขณะที่ความเป็นกรด-เบสของน้ำทะเลที่ลดลงอันเป็นผลมาจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการลดลงของอัตราเมทาบอลิซึมและอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Porites astreoides* โดยเฉพาะจากการที่องค์ประกอบของพื้นผิวที่ใช้ในการลงเกาะของตัวปะการังมีการเปลี่ยนแปลงจากการลดลงของระดับความเป็นกรด-เบส (Albright and Langdon, 2011) นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อ coralline algal ที่เป็นตัวชักนำให้ตัวอ่อนปะการังมีการลงเกาะที่ลดลง (Doropoulos et al., 2012) เช่นเดียวกับการเติบโตของโพลิบแรกเริ่มของตัวอ่อนปะการัง *Acropora* ลดลงเมื่ออนุบาลในน้ำทะเลที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ รวมถึงพบปริมาณของสาหร่ายซูแซนเทลลีในโพลิบลดลงเช่นกัน (Suwa et al., 2010) อย่างไรก็ตาม ระดับความเป็นกรด-เบสที่ลดลงไม่ส่งผลใดๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอ่อนปะการัง *Goniastrea retiformis* และ *Leptastrea cf transversa* (Chua et al., 2012)

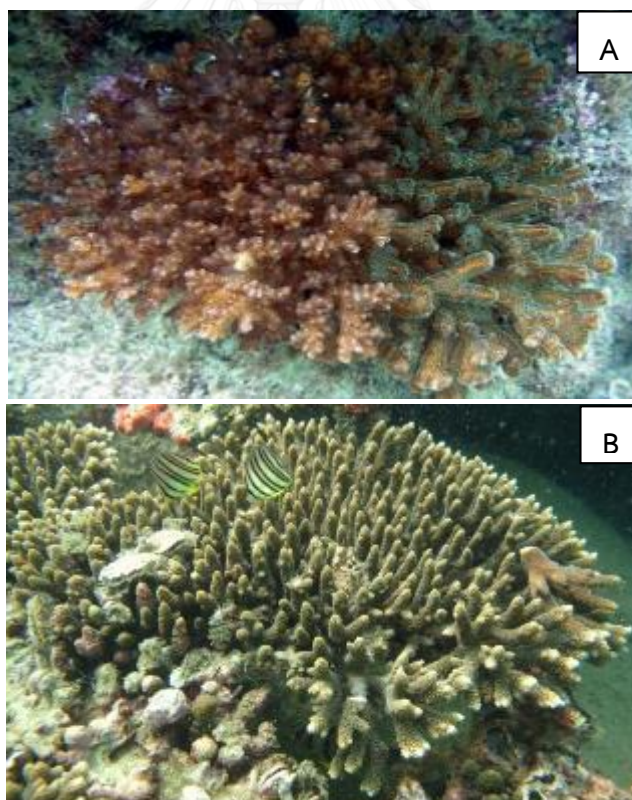
### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 ตัวอย่างสัตว์ทดลองและพื้นที่ศึกษา

##### 3.1.1 ตัวอย่างปะการัง

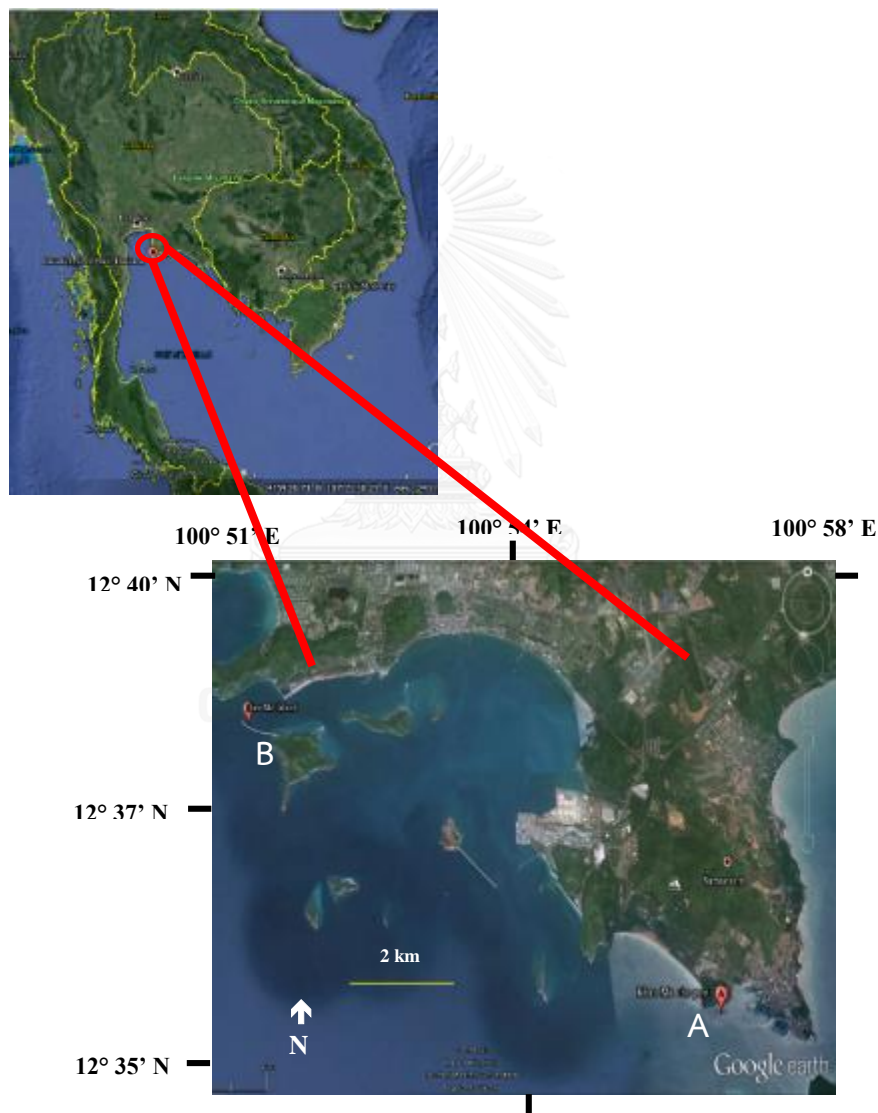
ปะการังที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) ซึ่งเป็นปะการังที่มีการปฏิสนธิภายใน (internal fertilization) หรือที่เรียกว่าเป็น brooder (รูป 3.1A) และ ปะการัง *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834) ซึ่งเป็นปะการังที่มีการปฏิสนธิภายนอก (external fertilization) หรือที่เรียกว่าเป็น spawner (3.1B)



รูปที่ 3.1 ชนิดปะการังที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ A: ปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) และ B: ปะการัง *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834)

### 3.1.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษานี้ ได้แก่บริเวณอ่าวสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยเก็บตัวอย่างปะการัง *Pocillopora damicornis* จากบริเวณแนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอก และ ปะการัง *Acropora millepora* จากแนวปะการังเกาะเตาหม้อ ตามลำดับ (รูปที่ 3.2) จากนั้น จึงนำมาทำการศึกษา ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี



(ที่มา: Google earth)

รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณอ่าวสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวม 2 พื้นที่ ได้แก่ A: แนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอก และ B: แนวปะการังเกาะเตาหม้อ

## 3.2 การเตรียมตัวอย่างปะการัง

### 3.2.1 ปะการัง *Pocillopora damicornis*

สุ่มเลือกปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่โคโลนีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร จำนวน 5 โคโลนี ในช่วงแรม 15 ค่ำ นำมาเลี้ยงในถังพลาสติกทรงกระบอกที่มีปริมาตรน้ำ 50 ลิตร พร้อมให้น้ำและอากาศตลอดเวลา ทำการเก็บตัวอย่างอ่อนปะการังทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาสู่มวลน้ำตามธรรมชาติในช่วงเช้าของทุกวันจนสิ้นสุดการปล่อย จากนั้น จึงสุ่มตัวอย่างอ่อนที่ต้องการมาทำการศึกษาการเจริญระยะต้นของปะการังต่อไป ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* และการอนุบาลจนถึงระยะการลงเกาะบนพื้นผิวโดยวิธีการของ Kuanui et al (2009)

### 3.2.2 ปะการัง *Acropora millepora*

ทำการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ (ไข่และสเปิร์ม) ของปะการัง *Acropora millepora* จำนวน 5 โคโลนี ที่ได้จากการปล่อยตามธรรมชาติออกสู่มวลน้ำ จากนั้น นำมาทำการผสมเข้าด้วยกันในตู้กระจกทดลองขนาด กว้าง x ยาว x สูง ที่ 30 x 30 x 45 เซนติเมตร ซึ่งใช้เป็นระบบเพาะฟักที่ใช้ในการปฏิสนธิของไข่และสเปิร์มจากทุกโคโลนี นำเซลล์สืบพันธุ์เมื่อสิ้นสุดการผสมมาทำการศึกษาการเจริญระยะต้นของปะการังต่อไป โดยแบ่งระยะการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอย่างอ่อนปะการังออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

- (1) ระยะการปฏิสนธิ: ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 (เมื่อนำเซลล์ไข่มาผสมกับสเปิร์ม) ถึง ชั่วโมงที่ 15 หลังการปฏิสนธิ
- (2) ระยะว่ายน้ำ: ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 16 ถึง ชั่วโมงที่ 36 หลังการปฏิสนธิ
- (3) ระยะการลงเกาะ: ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 37 ถึง ชั่วโมงที่ 96 หลังการปฏิสนธิ

ทั้งนี้ ขั้นตอนในการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ การปฏิสนธิ และการเพาะฟักเป็นตัวอย่างอ่อนระยะต้นของปะการัง *Acropora millepora* รวมถึงการอนุบาลจนถึงระยะการลงเกาะบนพื้นผิวใช้วิธีการของ ชโลธร รักษาทรัพย์ (2550)

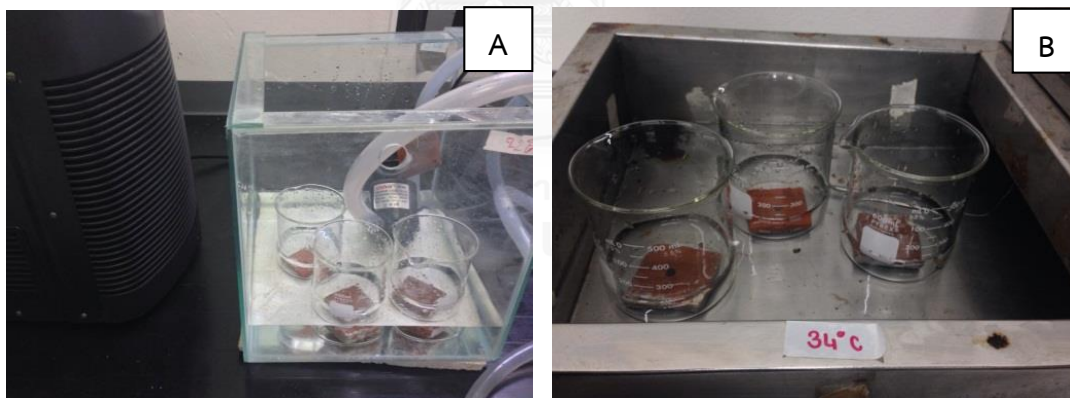


### 3.3 การทดลองและชุดการทดลอง

แบ่งการทดลองตามปัจจัยทางกายภาพของน้ำออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.3.1 การทดลองที่ 1: อุณหภูมิ

จัดชุดการทดลองตามระดับอุณหภูมิที่ 5 ระดับ ได้แก่ 22, 25, 28, 31 และ 34 °C กำหนดให้ชุดการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ 28 °C เป็นชุดควบคุม ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิน้ำทะเลโดยเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ ทำการปรับระดับอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่าชุดควบคุมโดยการนำน้ำผ่านเครื่องทำความเย็น (chiller) ที่ระดับ 22 และ 25 °C (รูปที่ 3.3A) มาใช้ในการทดลอง ขณะที่ปรับระดับอุณหภูมิของน้ำที่สูงกว่าชุดควบคุมโดยการนำน้ำผ่านเครื่องทำความร้อน (water bath) ที่ระดับ 31 และ 34 °C (รูปที่ 3.3B) มาใช้ในการทดลองเช่นกัน ทั้งนี้ ทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ พร้อมทั้งควบคุมระดับความเค็มของทุกชุดการทดลองที่ 33 psu และความเป็นกรด-เบสที่ 8.2



รูปที่ 3.3 การควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดย A: ใช้เครื่องทำความเย็นควบคุมระดับอุณหภูมิที่ 22 และ 25 °C และ B: ใช้เครื่องทำความร้อนควบคุมระดับอุณหภูมิที่ 31 และ 34 °C

#### 3.3.2 การทดลองที่ 2: ความเค็ม

จัดชุดการทดลองตามระดับความเค็มที่ 5 ระดับ ได้แก่ 26, 29, 33, 35 และ 38 psu กำหนดให้ชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 33 psu เป็นชุดควบคุม ซึ่งเป็นระดับความเค็มของน้ำทะเล

โดยเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา สำหรับชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 26 และ 29 psu เป็นการนำน้ำทะเลชุดควบคุมมาปรับระดับความเค็มด้วยน้ำจืดที่ผ่านการกรอง ขณะที่ชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 35 และ 38 psu เป็นการนำน้ำทะเลชุดควบคุมมาผสมกับเกลือสังเคราะห์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 แล้วจึงปรับระดับความเค็มด้วยน้ำจืดที่ผ่านการกรองเช่นกัน ทั้งนี้ ทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ พร้อมทั้งควบคุมระดับอุณหภูมิของทุกชุดการทดลองที่ 28 °C และความเป็นกรด-เบสที่ 8.2

### 3.3.3 การทดลองที่ 3: ความเป็นกรด-เบส

จัดชุดการทดลองตามระดับความเป็นกรด-เบสที่ 3 ระดับ ได้แก่ 7.6, 7.9 และ 8.2 กำหนดให้ชุดการทดลองที่ระดับความเป็นกรด-เบส 8.2 เป็นชุดควบคุม ทั้งนี้ ทำการปรับระดับความเป็นกรด-เบส โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมใช้เครื่องควบคุมความเป็นกรด-เบส (pH controller) เพื่อควบคุมระดับทั้งสามให้คงที่ ทั้งนี้ ใช้โซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve) เป็นตัวควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (รูปที่ 3.4) อนึ่ง ทำการทดลองชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ พร้อมทั้งควบคุมระดับอุณหภูมิของทุกชุดการทดลองที่ 28 °C และระดับความเค็มที่ 33 psu



รูปที่ 3.4 การทดลองความเป็นกรด-เบส

### 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

นำตัวอย่างปะการัง *Pocillopora damicornis* และ *Acropora millepora* ตามหัวข้อที่ 3.2 มาทำการทดลองตามปัจจัยด้านอุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส ตามหัวข้อที่ 3.3 โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

#### 3.4.1 ปะการัง *Pocillopora damicornis*

สุ่มตัวอย่างตั้งแต่ระยะแรกเกิด มาทำการแยกอนุบาลตามปัจจัยการทดลอง (อุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส) และชุดการทดลอง (22, 25, 28, 31 และ 34 °C; 26, 29, 33, 35 และ 38 psu; และ 7.6, 7.9 และ 8.2 ตามลำดับ) โดยใช้บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำ 200 มิลลิลิตร บรรจุตัวอย่างปะการังจำนวน 10 ตัวต่อบีกเกอร์พร้อมกับใส่กระเบื้องดินเผา โดยทำทั้งสิ้น 3 ซ้ำ

ทั้งนี้ การศึกษาการเจริญระยะต้นของตัวอย่างปะการัง *Pocillopora damicornis* กำหนดทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะและพฤติกรรมของตัวอย่างปะการังภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ตัวอย่างปะการังถูกปล่อยออกจากโคลนีแม่สุ่มลงน้ำ (ชั่วโมงที่ศูนย์) จากนั้น จึงศึกษาตัวอย่างในชั่วโมงที่ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 14, 20, 24 และ 32 อนึ่ง ในการติดตามการลงเกาะนั้น ทำการเก็บข้อมูลอัตราการลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องดินเผา ขนาดกว้าง x ยาว x หนา ที่ 5 x 5 x 1 เซนติเมตร ณ ชั่วโมงที่ 24 หลังตัวอย่างถูกปล่อยออกสู่ผืนน้ำ

#### 3.4.2 ปะการัง *Acropora millepora*

นำเซลล์สืบพันธุ์ภายหลังจากผสมมาทำการแยกเพาะฟักและอนุบาลตามปัจจัยการทดลองที่กำหนดเช่นเดียวกับการศึกษาในปะการัง *Pocillopora damicornis* (หัวข้อ 3.4.1) โดยใช้ตู้กระจกทดลองขนาด กว้าง x ยาว x สูง ที่ 30 x 30 x 30 เซนติเมตร ที่บรรจุน้ำ 20 ลิตร บรรจุเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้รับการผสมจำนวนเท่าๆ กัน โดยทำทั้งสิ้น 3 ซ้ำ

ในการศึกษาการเจริญระยะต้นของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอย่างปะการัง *Acropora millepora* กำหนดให้ทำการสุ่มเซลล์สืบพันธุ์จำนวนมากกว่า 20 เซลล์ต่อซ้ำ ตั้งแต่สิ้นสุดการผสม (ชั่วโมงที่ศูนย์)

และทำการเก็บเซลล์สืบพันธุ์มากกว่า 20 เซลล์ ทุกชั่วโมง จนถึงสิ้นสุดชั่วโมงที่ 15 เมื่อเซลล์มีการพัฒนาเป็นตัวอ่อน จึงทำการเก็บตัวอ่อนจำนวนมากกว่า 20 ตัว ทุก 3 ชั่วโมง ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 16-36 และเก็บทุก 12 ชั่วโมงตั้งแต่ชั่วโมงที่ 37-96 จากทุกหน่วยการทดลอง ทั้งนี้ ตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาศึกษาการพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนดังกล่าว กำหนดให้เก็บตัวอย่างในฟอร์มาลิน 10% เพื่อนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ต่อไป อนึ่ง ในการประเมินอัตราการปฏิสนธินั้น ทำการประเมินโดยการสุ่มเก็บเซลล์สืบพันธุ์จำนวน 1 มิลลิลิตร รวม 3 ชั่วโมง ชั่วโมงที่ 8 เช่นเดียวกับตัวอย่างที่สุ่มเก็บในชั่วโมงที่ 15 และ 84 นำมาใช้ในการประเมินอัตราการติดปกติของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการังในกรณีศึกษาอัตราการลงเกาะบนแผ่นกระเบื้องดินเผา ขนาดกว้าง x ยาว x หนา ที่ 5 x 5 x 1 เซนติเมตร นั้น ทำการสุ่มตัวอ่อนปะการังที่มีความพร้อมในการลงเกาะ ณ ชั่วโมงที่ 84 จำนวน 50 ตัว มาแยกทดลองในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุน้ำ 200 มิลลิลิตร และทำการนับจำนวนตัวอ่อนปะการังที่ลงเกาะบนแผ่นกระเบื้อง ณ ชั่วโมงที่ 96

### 3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ One Way Anova และ Tukey's honest significance test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปฏิสนธิ (เฉพาะกรณี *Acropora millepora*) และ ความแตกต่างของอัตราการลงเกาะ ในแต่ละระดับ ตามปัจจัยการทดลอง (อุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส)

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

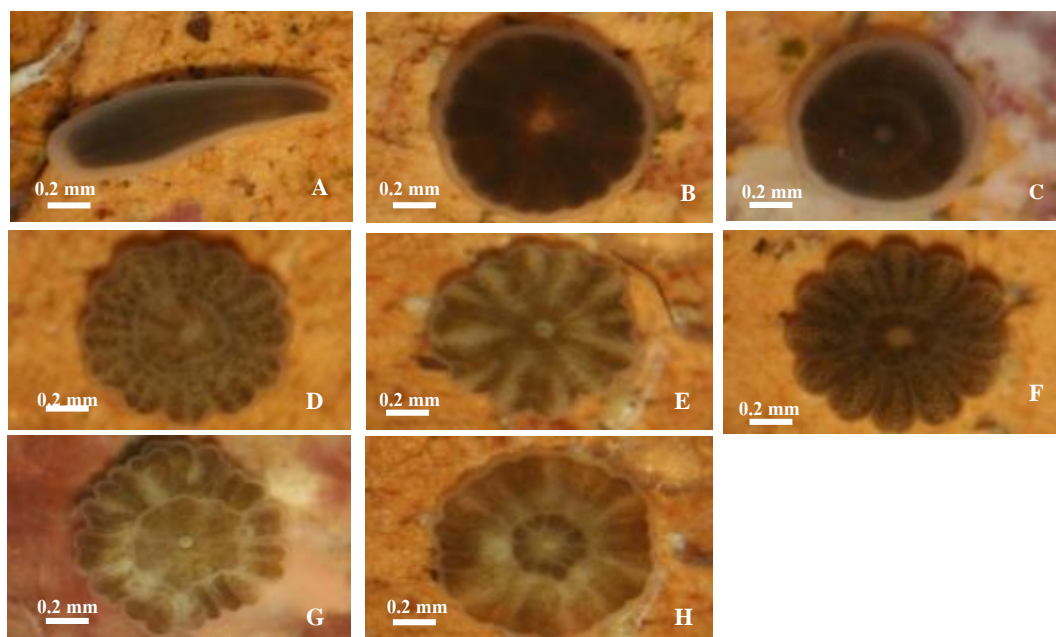
#### 4.1 ปะการัง *Pocillopora damicornis*

##### 4.1.1 ระยะการพัฒนาตัวอ่อน

จากการตรวจติดตามการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* หลังการปล่อยออกสู่มวลน้ำ โดยดำเนินการในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอ่อนที่ถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ (planula larvae) ซึ่งแสดงพฤติกรรมการลงเกาะบนพื้นผิวที่เหมาะสม (แผ่นกระเบื้องดินเผาขนาด 5 x 5 x 1 เซนติเมตร) ภายใน 1 ชั่วโมงหลังออกสู่มวลน้ำ จากนั้น จึงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) เข้าสู่ระยะต่างๆ อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ ระยะการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังจนถึงระยะการสร้างโครงร่างแข็งภายใต้ภาวะปกติ สามารถแบ่งออกได้ 8 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนี้

- ระยะที่ 1: แสดงพฤติกรรมหาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อการลงเกาะ
- ระยะที่ 2: ทำการลงเกาะบนพื้นผิวและเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
- ระยะที่ 3: ระยะเริ่มต้นของ gastrulation
- ระยะที่ 4: ระยะ gastrulation
- ระยะที่ 5: ระยะเริ่มต้นของการสร้างปาก
- ระยะที่ 6: ระยะการสร้างหนวด
- ระยะที่ 7: ระยะการสร้างโพลิบ และ
- ระยะที่ 8: ระยะสร้างโครงร่างแข็ง

อนึ่ง ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำปรับตัวให้แบนลงเพื่อเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จากนั้น จึงเข้าสู่การพัฒนาโครงสร้างภายใน (gastrulation) ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 – 3 ก่อนเข้าสู่ช่วงการสร้างโพลิบแรกเริ่มในชั่วโมงที่ 11 – 14 หลังจากมีการสร้างปากและหนวด และภายใน 24 ชั่วโมง ตัวอ่อนปะการังจึงเข้าสู่ระยะการสร้างโครงร่างแข็ง

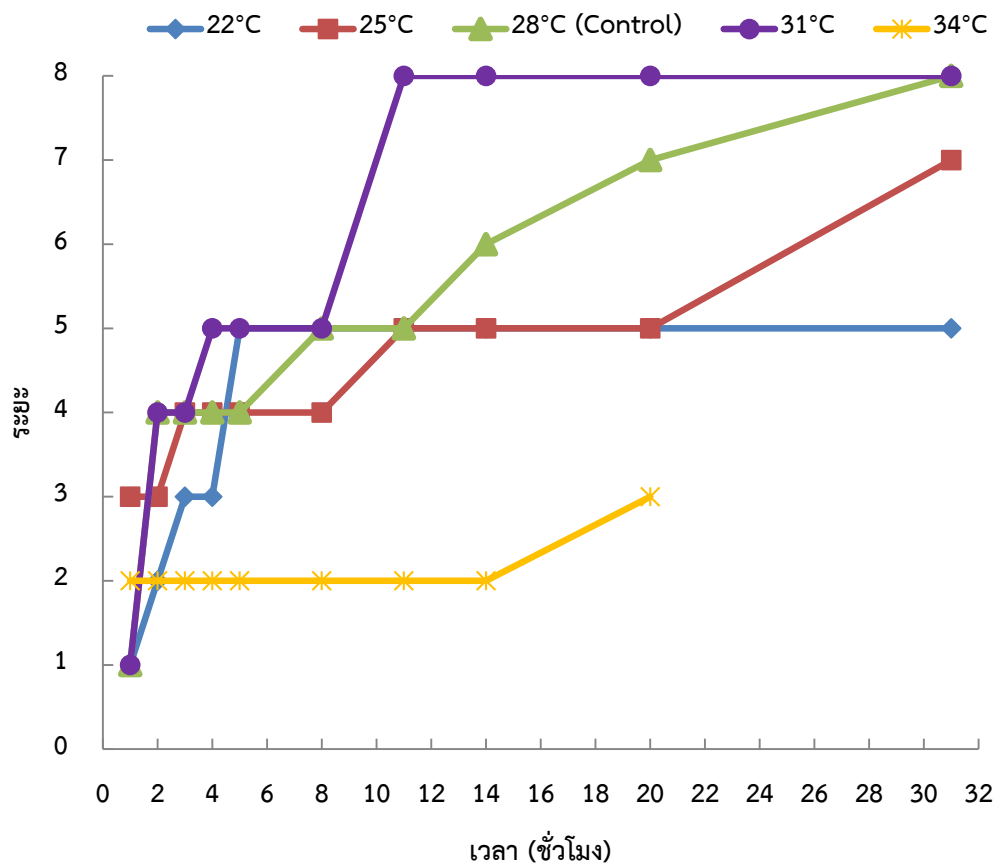


**รูปที่ 4.1** ระยะการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ภายหลังจากการปล่อยตัวอ่อน ออกสู่มวลน้ำ (A: ระยะที่ 1 ตัวอ่อนหาพื้นที่ลงเกาะ; B: ระยะที่ 2 ทำการลงเกาะบนพื้นผิวแล้วเริ่ม เปลี่ยนรูปร่าง; C: ระยะที่ 3 ระยะเริ่มต้นของ gastrulation; D: ระยะที่ 4 ระยะ gastrulation; E: ระยะที่ 5 ระยะเริ่มต้นของการสร้างปาก; F: ระยะที่ 6 ระยะการสร้างหนวด; G: ระยะที่ 7 ระยะ การสร้างโพลิบ; และ H: ระยะที่ 8 ระยะสร้างโครงร่างแข็ง)

#### 4.1.2 ปัจจัยทางอุณหภูมิ

##### 4.1.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาตัวอ่อนระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ

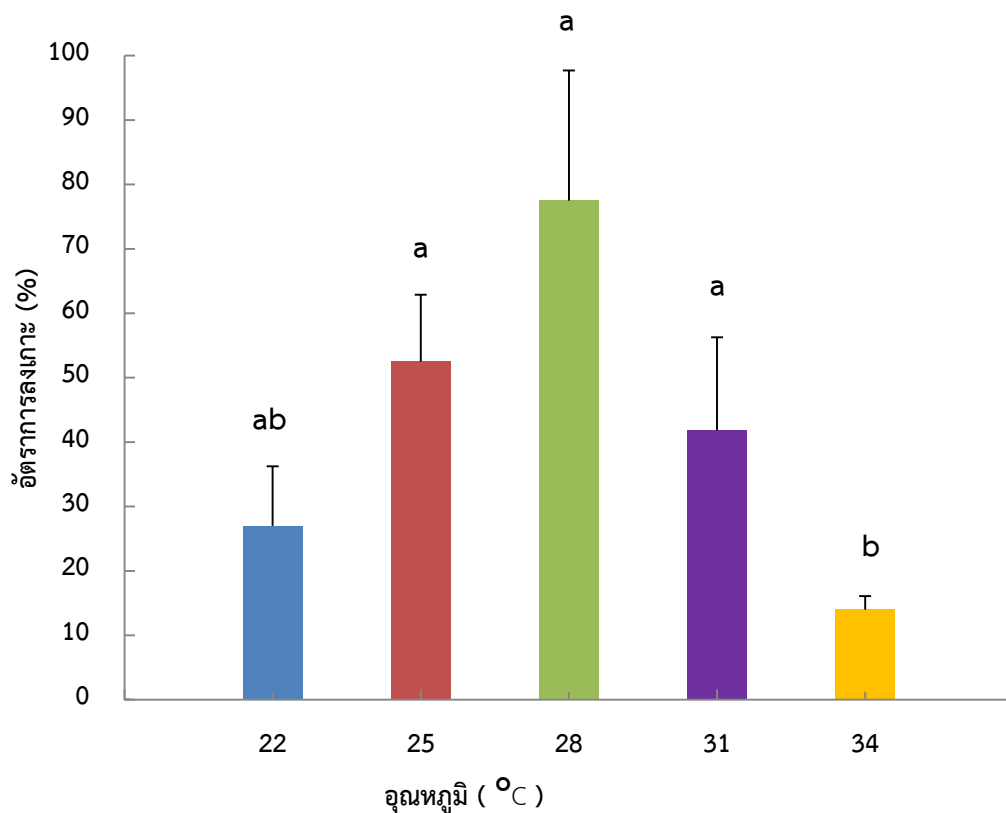
จากการเปรียบเทียบระยะการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ทั้ง 8 ระยะ ดังรูปที่ 4.1 พบว่า ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 31 °C มีการพัฒนาเข้าสู่ ระยะ gastrulation ในชั่วโมงที่ 2 พร้อมทั้งเริ่มทำการสร้างอวัยวะต่างๆ ทั้งปากและหนวด ในชั่วโมง ที่ 4 จากนั้น จึงเริ่มสร้างโครงร่างแข็งในชั่วโมงที่ 11 ซึ่งนับว่ามีการพัฒนาที่รวดเร็วกว่าชุดควบคุม (28 °C) ที่เริ่มสร้างโครงร่างแข็งและทำการลงเกาะโดยสมบูรณ์ในชั่วโมงที่ 31 ขณะที่ ชุดการทดลองที่ อุณหภูมิ 34 °C พบการตายของตัวอ่อนทั้งหมดในระยะเวลาที่ 3 (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.2 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

#### 4.1.2.2 ผลของอุณหภูมิต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 28 °C (ชุดควบคุม) มีอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังสูงสุด ( $77.50 \pm 20.21$  %) รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C ( $52.50 \pm 10.39$  %) และพบการลงเกาะต่ำสุดที่ชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 34 °C ( $14.00 \pm 2.08$  %) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 25, 28 และ 31 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.3



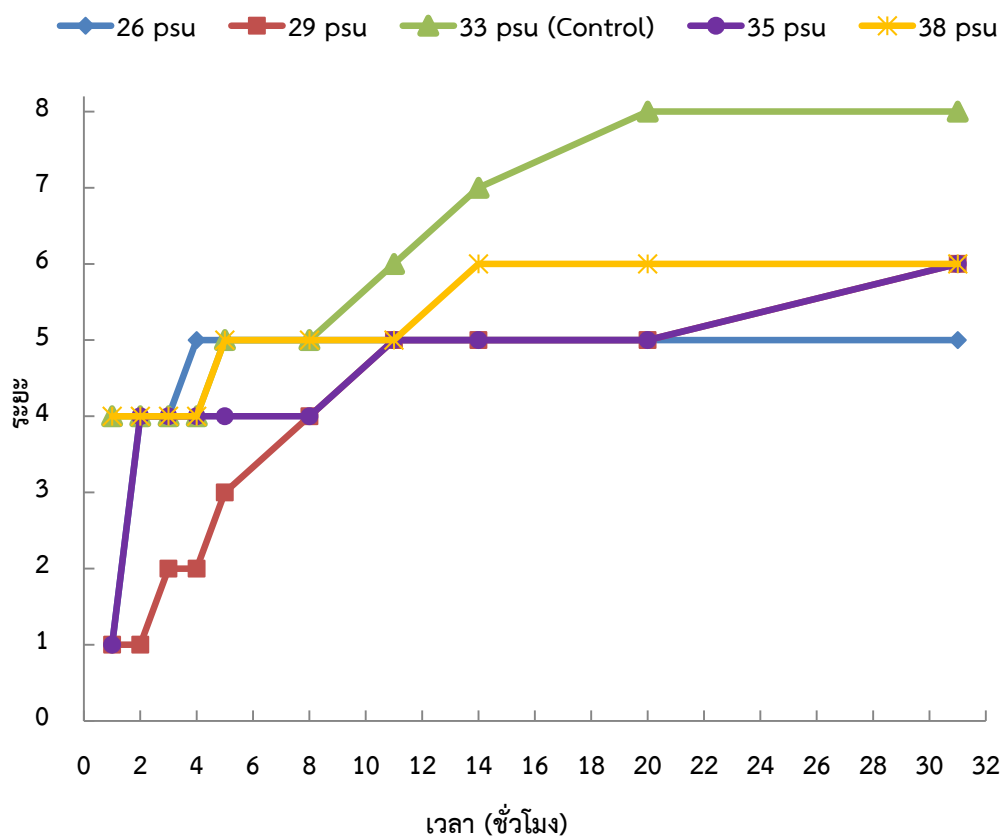
รูปที่ 4.3 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

#### 4.1.3 ปัจจัยทางความเค็ม

##### 4.1.3.1 ผลของความเค็มต่อการพัฒนาตัวอ่อนระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ

จากการเปรียบเทียบระยะการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ทั้ง 8 ระยะ ดังรูปที่ 4.1 พบว่า ปะการังในชุดควบคุม (ความเค็มที่ 33 psu) มีการพัฒนาตัวอ่อนที่รวดเร็วกว่าการทดลองชุดอื่น โดยตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ gastrulation ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 เริ่มสร้างปากในชั่วโมงที่ 5 และพัฒนาโครงร่างแข็งในชั่วโมงที่ 20 ขณะที่ชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 26, 29, 35 และ 38 psu มีการพัฒนาค่อนข้างช้าและหยุดชะงักเมื่อถึงระยะ 6 ซึ่งเป็นระยะการสร้างหนวด ดังแสดงในรูปที่ 4.4

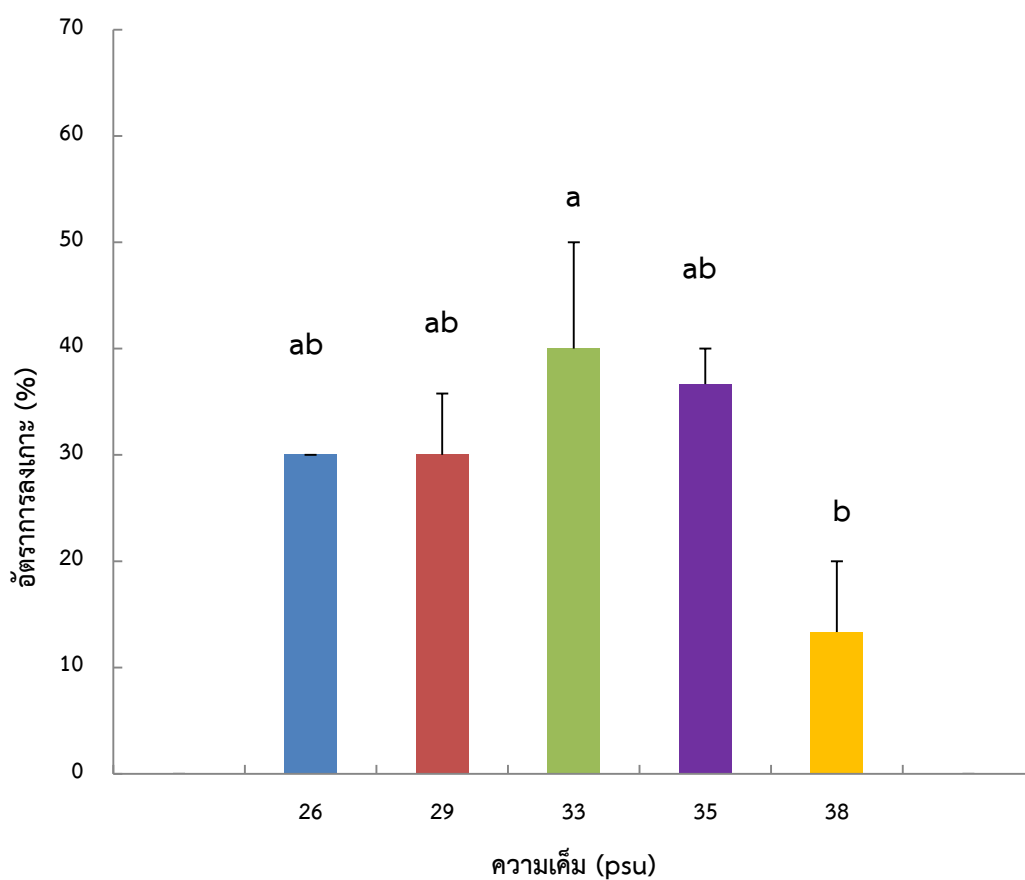




รูปที่ 4.4 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน

#### 4.1.3.2 ผลของความเค็มต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ผลของความเค็มต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* แสดงในรูปที่ 4.5 พบว่า ตัวอ่อนปะการังในชุดควบคุม (ความเค็ม 33 psu) มีอัตราการลงเกาะบนพื้นผิวแผ่นกระเบื้องสูงสุด ( $40 \pm 10$  %) - ขณะที่ชุดการทดลองที่ความเค็ม 35 psu มีอัตราการลงเกาะรองลงมา ( $37 \pm 3.33$  %) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองทั้งสอง ( $p > 0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ความเค็ม 38 psu พบการลงเกาะค่อนข้างต่ำ ( $13.00 \pm 6.67$  %) ซึ่งมีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )



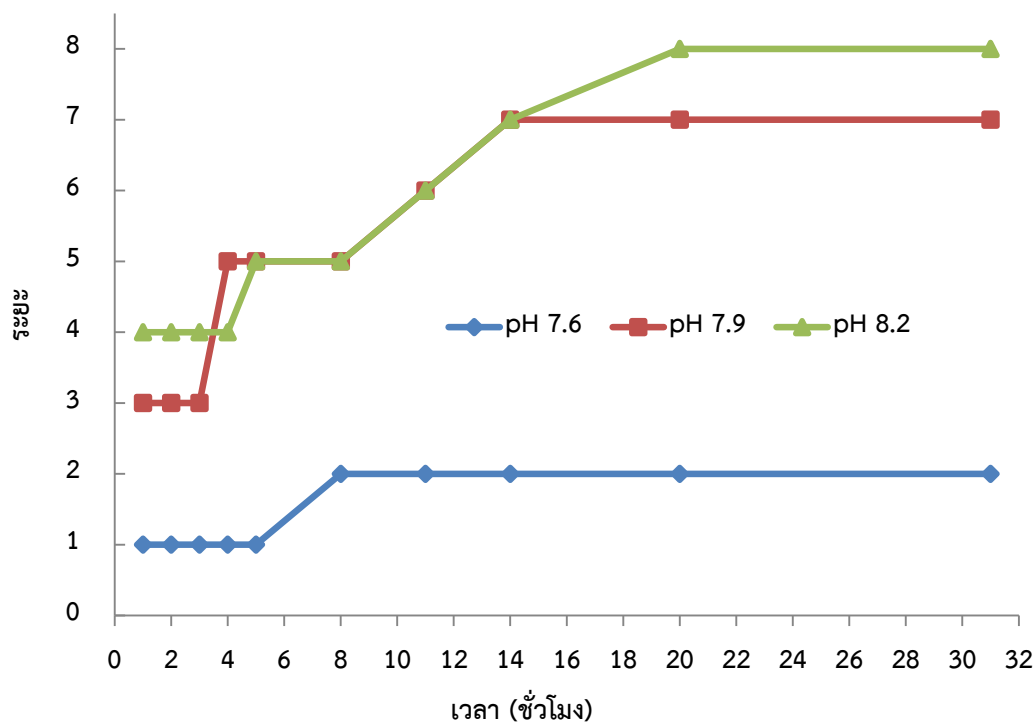
รูปที่ 4.5 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

#### 4.1.4 ปัจจัยความเป็นกรด-เบส

##### 4.1.4.1 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการพัฒนาตัวอ่อนระยะว่ายน้ำถึงระยะลงเกาะ

จากการเปรียบเทียบระยะการพัฒนาตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ทั้ง 8 ระยะ ดังรูปที่ 4.1 พบว่า ปะการังในชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.6 มีการหยุดพัฒนาการในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นระยะการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขณะที่ชุดการทดลองที่ 7.9 มีพัฒนาการเข้าสู่การสร้างปากในชั่วโมงที่ 5 และหยุดชะงักที่ระยะที่ 7 ซึ่งเป็นระยะการสร้างโพลิบแรกเริ่ม ส่วนการทดลอง

ควบคุม (8.2) มีพัฒนาการที่สมบูรณ์ที่สุด โดยมีการสร้างปากชั่วโมงที่ 5 สร้างโพลิบแรกเริ่มชั่วโมงที่ 14 สร้างโครงสร้างแข็งชั่วโมงที่ 20 ดังแสดงในรูปที่ 4.6

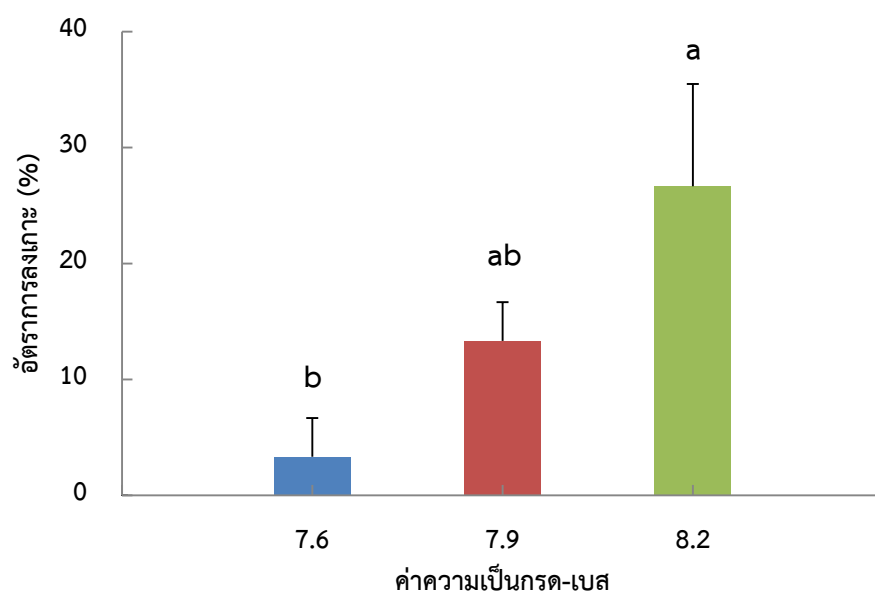


รูปที่ 4.6 การพัฒนาของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ระยะวัยน้ำถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน



#### 4.1.4.2 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

จากการศึกษาเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า ปะการังในชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.6 มีอัตราการลงเกาะเพียง  $3.33 \pm 3.33$  % ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองความเป็นกรด-เบสที่ 7.9 ( $13.33 \pm 3.33$  %) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 8.2 ที่มีอัตราการลงเกาะมากที่สุดถึง  $26.67 \pm 8.82$  % ของตัวอ่อนทั้งหมดพบว่ามี ความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ 7.6 ( $p < 0.05$ )



รูปที่ 4.7 อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน (โดย  $n=10$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตาม แนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

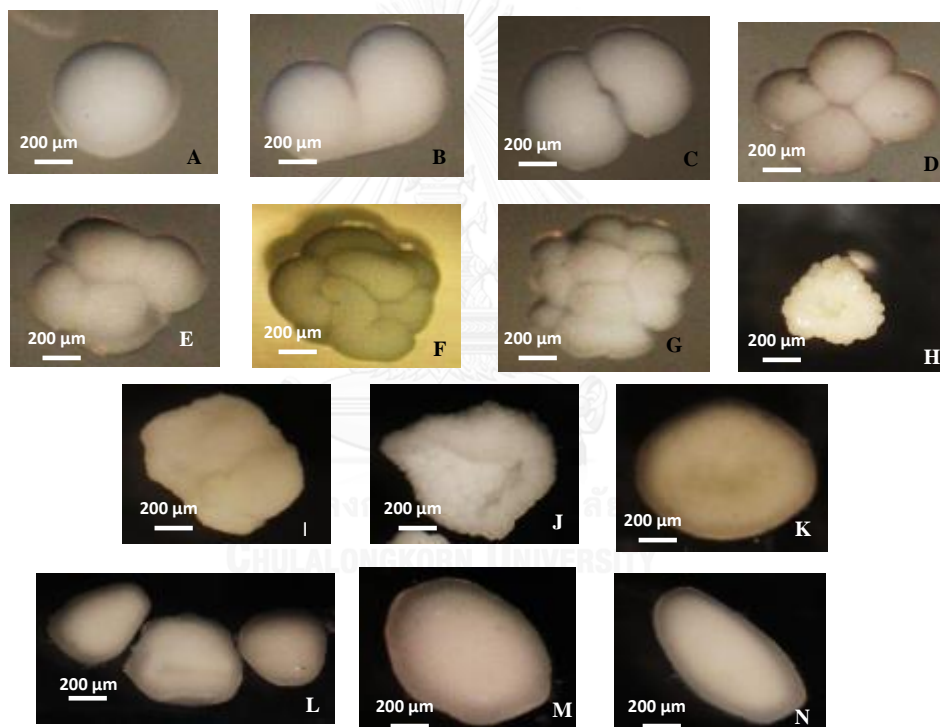
## 4.2 ปะการัง *Acropora millepora*

### 4.2.1 ระยะเวลาพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อน

จากการตรวจติดตามการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ตั้งแต่เริ่มการผสมและปฏิสนธิ โดยดำเนินการในห้องปฏิบัติการ ภายหลังการผสมระหว่างไข่และสเปิร์ม พบว่า ไซโกตทำการแบ่งเซลล์ครั้งแรกเป็น 2 เซลล์ จากนั้นจึงแบ่งเซลล์เป็นแบบทวีคูณ จาก 2 เป็น 4, 8 และ 16 ตามลำดับ แล้วจึงมีการพัฒนาเข้าสู่ระยะ morula และ ระยะข้าวเกรียบ (prawn-chip stage) ซึ่งเป็นระยะที่เซลล์แต่ละเซลล์มีรูปร่างไม่แน่นอนโดยแบนตัวลงกลายเป็นแผ่นคล้ายข้าวเกรียบ ในชั่วโมงที่ 6 –18 ไซโกตระยะนี้มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น และเริ่มมีการม้วนตัวและสร้าง blastocoel เพื่อเข้าสู่ระยะ gastrulation (ชั่วโมงที่ 18) ประมาณชั่วโมงที่ 36 ตัวอ่อนเริ่มเข้าสู่ระยะว่ายน้ำ มีการสร้างปาก และเริ่มเคลื่อนที่ในชั่วโมงที่ 48 ตัวอ่อนระยะนี้จึงเริ่มแสดงพฤติกรรมค้นหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการลงเกาะในชั่วโมงที่ 84 หลังการปฏิสนธิ เพื่อดำรงชีวิตเป็นปะการังที่สมบูรณ์ และมีการพัฒนาเป็นโพลิบระยะแรกเริ่ม (primary polyp) ดังรูปที่ 4.8 ทั้งนี้ ระยะเวลา

พัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง *Acropora mellepora* จนถึงระยะที่เป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ ใน ภาวะปกติ สามารถแบ่งออกได้ 14 ระยะ ดังนี้

- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ระยะที่ 1: ระยะ Pre-embryo            | ระยะที่ 2: ระยะ First cleavage       |
| ระยะที่ 3: ระยะ 2-cells embryo        | ระยะที่ 4: ระยะ 4-cells embryo       |
| ระยะที่ 5: ระยะ 8-cells embryo        | ระยะที่ 6: ระยะ 16-cells embryo      |
| ระยะที่ 7: ระยะ Many cells            | ระยะที่ 8: ระยะ Morula               |
| ระยะที่ 9: ระยะ Early Prawn chip      | ระยะที่ 10: ระยะ Late Prawn chip; K: |
| ระยะที่ 11: ระยะ Early gastrulation;  | ระยะที่ 12: ระยะ Mid gastrulation    |
| ระยะที่ 13: ระยะ Pre swimming planula | ระยะที่ 14: ระยะ swimming planula    |

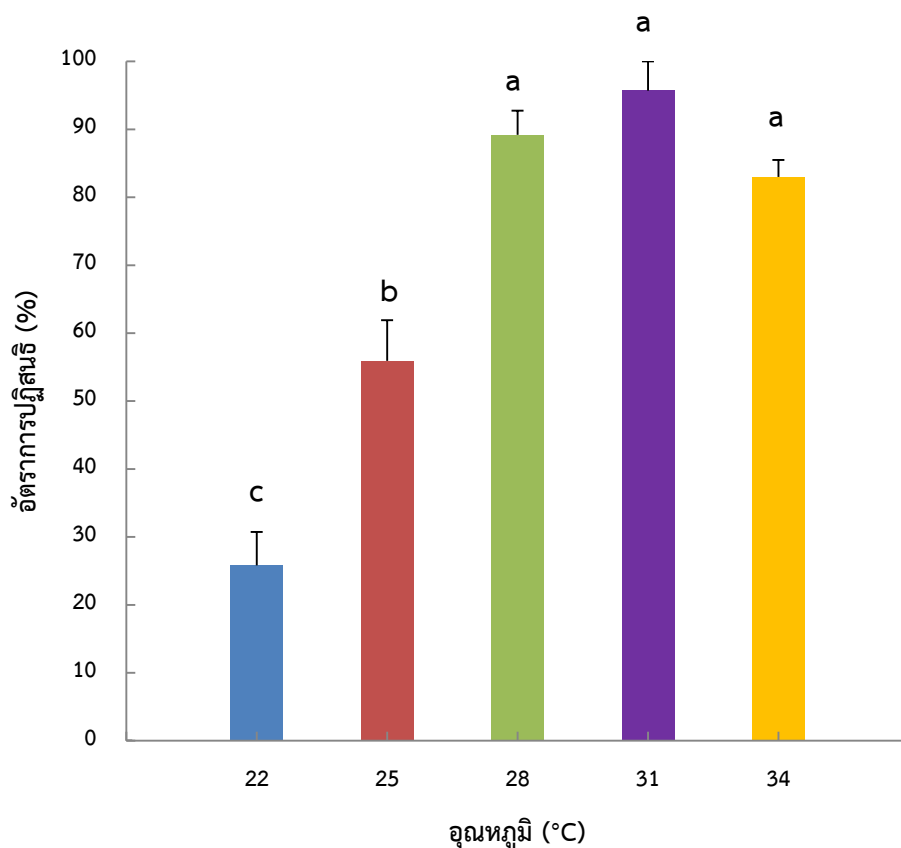


**รูปที่ 4.8** ระยะการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังจากได้รับการผสมในระบบเพาะฟัก (A: ระยะที่ 1 pre-embryo; B: ระยะที่ 2 first cleavage; C: ระยะที่ 3 two-cells embryo; D: ระยะที่ 4 four-cells embryo; E: ระยะที่ 5 eight-cells embryo; F: ระยะที่ 6 sixteen-cells embryo; G: ระยะที่ 7 many cells; H: ระยะที่ 8 morula stage; I: ระยะที่ 9 early prawn-chip stage; J: ระยะที่ 10 late prawn chip; K: ระยะที่ 11 early gastrulation; L: ระยะที่ 12 mid gastrulation; M: ระยะที่ 13 Pre swimming planula; และ O: ระยะที่ 14 swimming planula)

## 4.2.2 ปัจจัยทางอุณหภูมิ

### 4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิต่อระยะการปฏิสนธิ

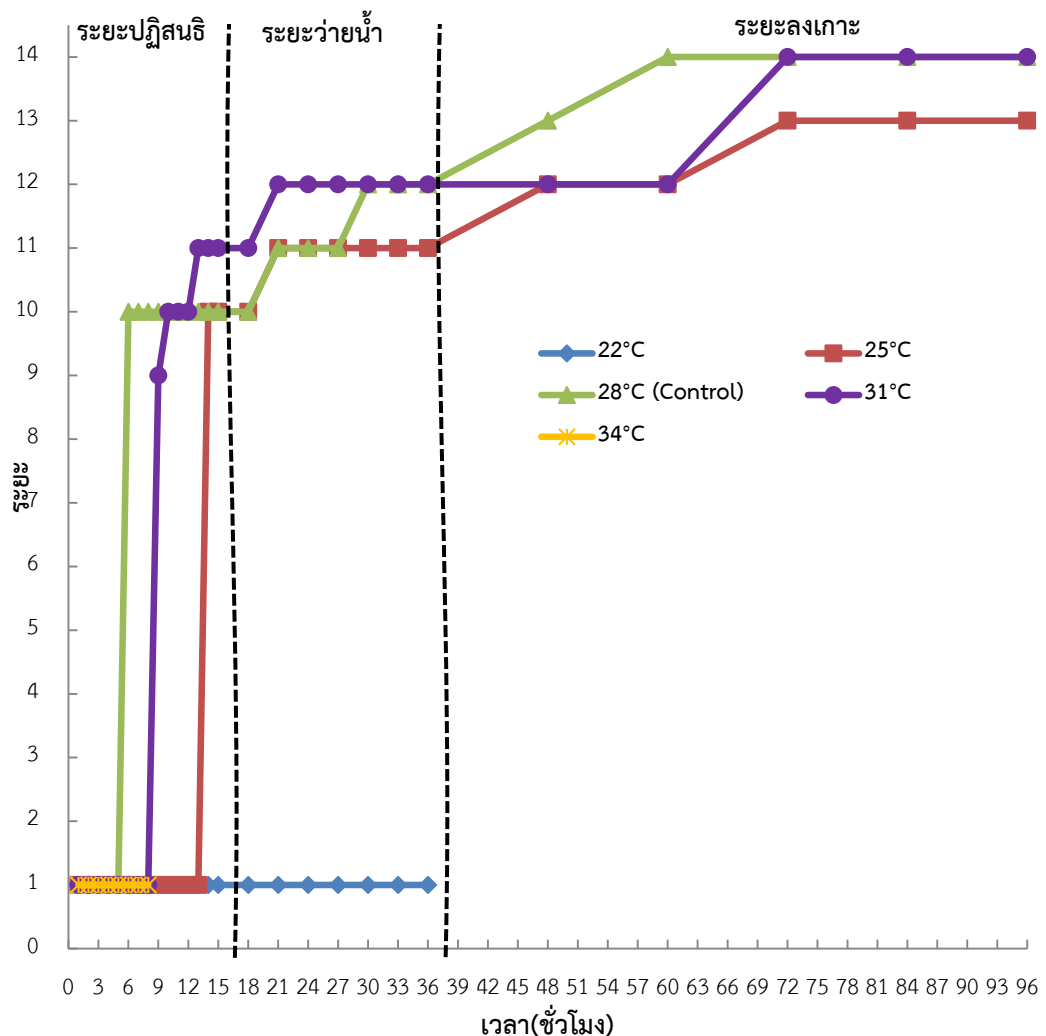
อัตราการปฏิสนธิ ณ ชั่วโมงที่ 8 หลังการผสมเซลล์สืบพันธุ์ รูปที่ 4.9) พบว่า ปะการังชุดควบคุม (อุณหภูมิ 28 °C) มีอัตราการปฏิสนธิที่  $89.2 \pm 3.57$  % ไม่มีความแตกต่างกับปะการังชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 31 °C ( $95.7 \pm 4.30$  %) ( $p > 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ชุดการทดลองที่อุณหภูมิต่ำ (22 และ 25 °C) มีอัตราการปฏิสนธิที่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงในรูปที่ 4.9



**รูปที่ 4.9** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

#### 4.2.2.2 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะการปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ

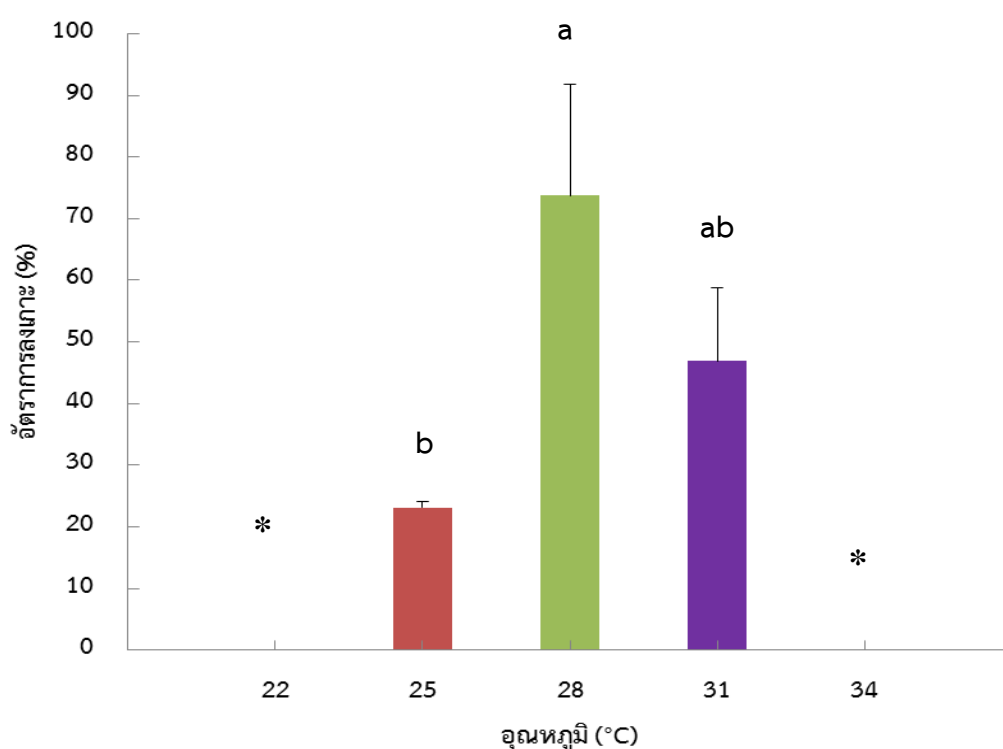
ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่า ปะการัง *Acropora millepora* .ในชุดการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ 25, 28 และ 31 °C ไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาของระยะปฏิสนธิ เมื่อปะการังมีการพัฒนาถึงระยะการลงเกาะพบว่า ปะการังในชุดควบคุม (อุณหภูมิ 28 °C) ยังคงมีการพัฒนาการที่เร็วกว่าชุดการทดลองอื่น ทั้งนี้ ปะการังในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 22 และ 34 °C ตายตั้งแต่ชั่วโมงที่ 48 และชั่วโมงที่ 9 ตามลำดับ (รูป 4.10)



รูปที่ 4.10 การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

#### 4.2.2.3 ผลของอุณหภูมิต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ผลของอุณหภูมิต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังใบข้าวโมงที่ 84 หลังการผสม ไม่พบปะการังในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 22 °C และ 34 °C ทำการลงเกาะ ในขณะที่ปะการังชุดควบคุม (อุณหภูมิ 28 °C) มีอัตราการลงเกาะสูงสุด ( $74 \pm 17.99$  %) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C แต่ไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 31 °C ดังแสดงในรูปที่ 4.11









**รูปที่ 4.11** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)



#### 4.2.2.4 ผลของอุณหภูมิต่อความผิดปกติของเซลล์

จากการติดตามการพัฒนาของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ณ ชั่วโมงที่ 15 และ 84 หลังการผสม (ตารางที่ 4.1) จำแนกตามระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า เซลล์ในชั่วโมงที่ 15 มีความเสียหายในลักษณะของ “เซลล์แตก” สูงสุดในชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 22 °C ขณะที่พบการพัฒนาของเซลล์ที่ผิดปกติสูงสุด (90.9 %) ในชั่วโมงที่ 84 จากชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 31 °C

ตารางที่ 4.1 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

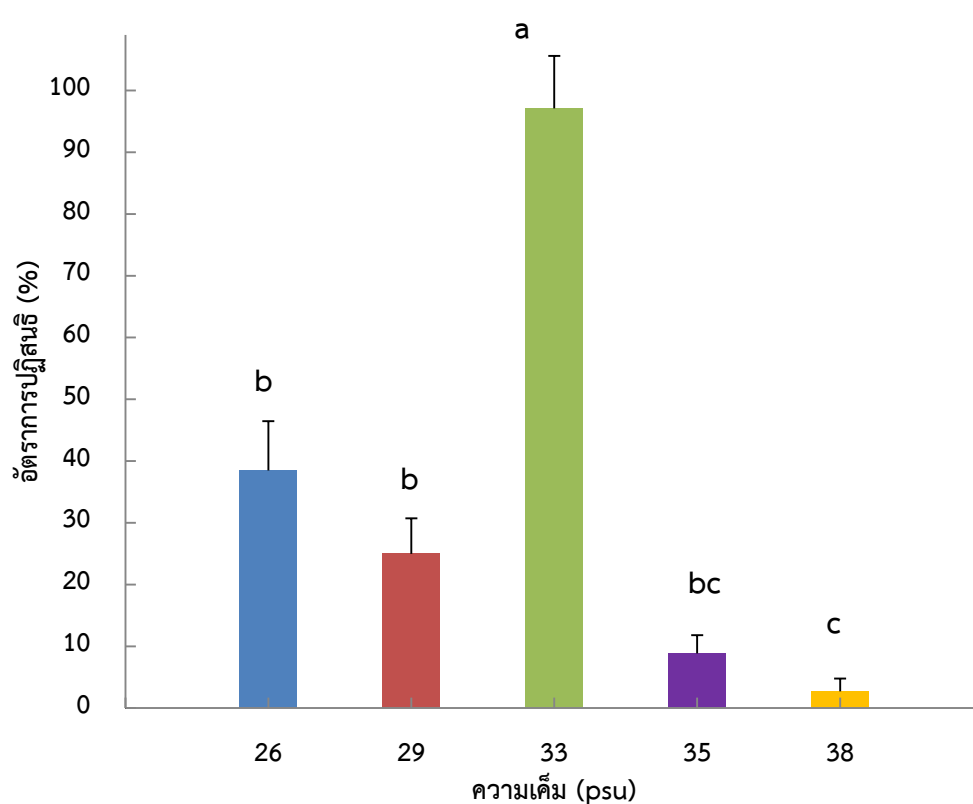
รูปเซลล์ที่ผิดปกติ	ลักษณะการผิดปกติ	% ผิดปกติของปะการัง (จำแนกตามอุณหภูมิ)									
		ชั่วโมงที่ 15					ชั่วโมงที่ 84				
		22	25	28*	31	34**	22	25	28*	31	34**
	Incompleted cell division	0	0	1.0	0	0	6.1	1.8	2.2	4.9	6.0
	Cell distorted	0	0	0	0	0	3.1	1.7	0.0	9.7	0.6
	Over divided cell division	0	0	0	0	0	9.6	1.0	1.2	8.6	3.3
	Abnormal formation	0	1.5	2.1	27.4	0	7.0	4.6	4.3	22.0	11.1
	Abnormal size	0	13.6	0.0	0.0	26.9	6.1	13.6	6.2	23.4	26.9
	Broken cell	55.0	20.0	5.2	0.0	73.1	34.9	5.5	2.7	22.2	35.7
Total		55.0	35.1	8.3	27.4	100	66.8	28.2	16.6	90.8	83.6

\* : ชุดควบคุม และ \*\* : ปะการังในชุดการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ 34 ตายหมดในชั่วโมงที่ 8 หลังการผสม

### 4.2.3 ปัจจัยความเค็ม

#### 4.2.3.1 ผลของความเค็มต่อระยะการปฏิสนธิ

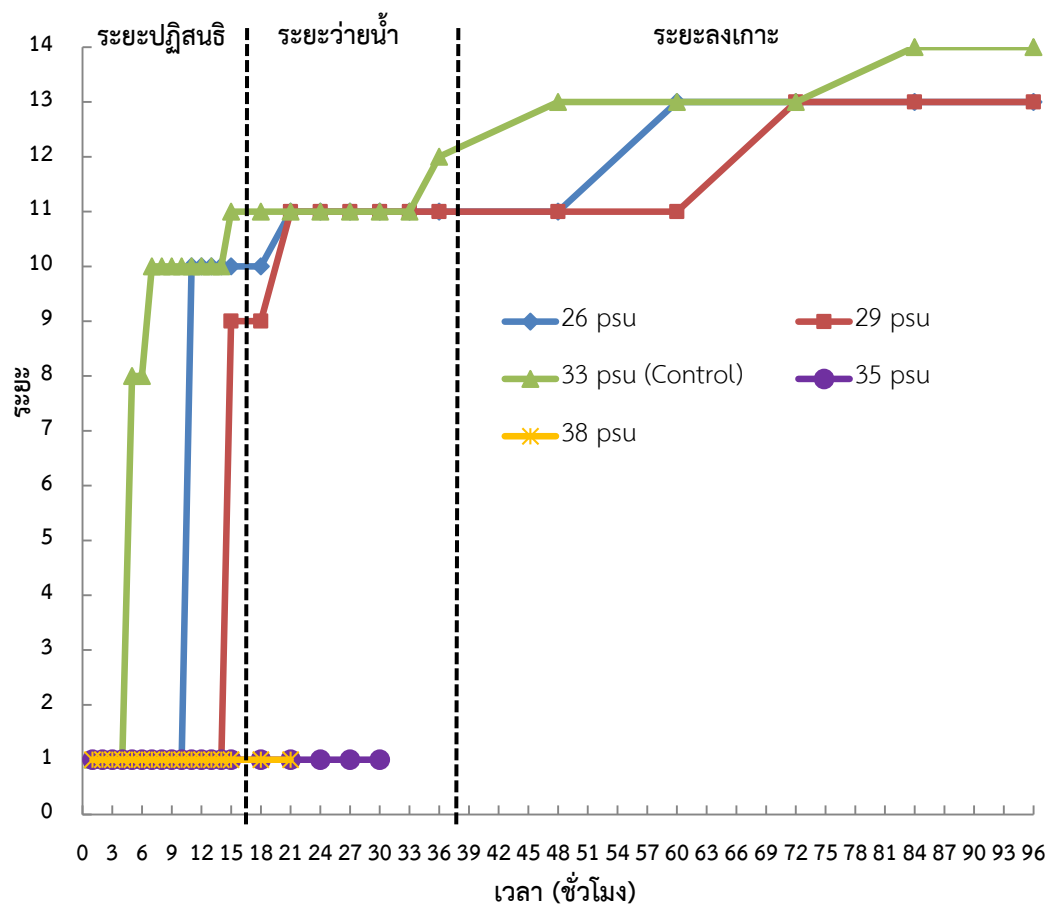
ผลการศึกษาอัตราการปฏิสนธิในชั่วโมงที่ 8 ภายหลังจากผสม (รูปที่ 4.12) พบว่า ปะการังในชุดควบคุม (ความเค็ม 33 psu) มีอัตราการปฏิสนธิสูงสุด ซึ่งแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้ ชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 38 psu มีอัตราการปฏิสนธิต่ำสุด



**รูปที่ 4.12** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

#### 4.2.3.2 ผลของความเค็มต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะการปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ

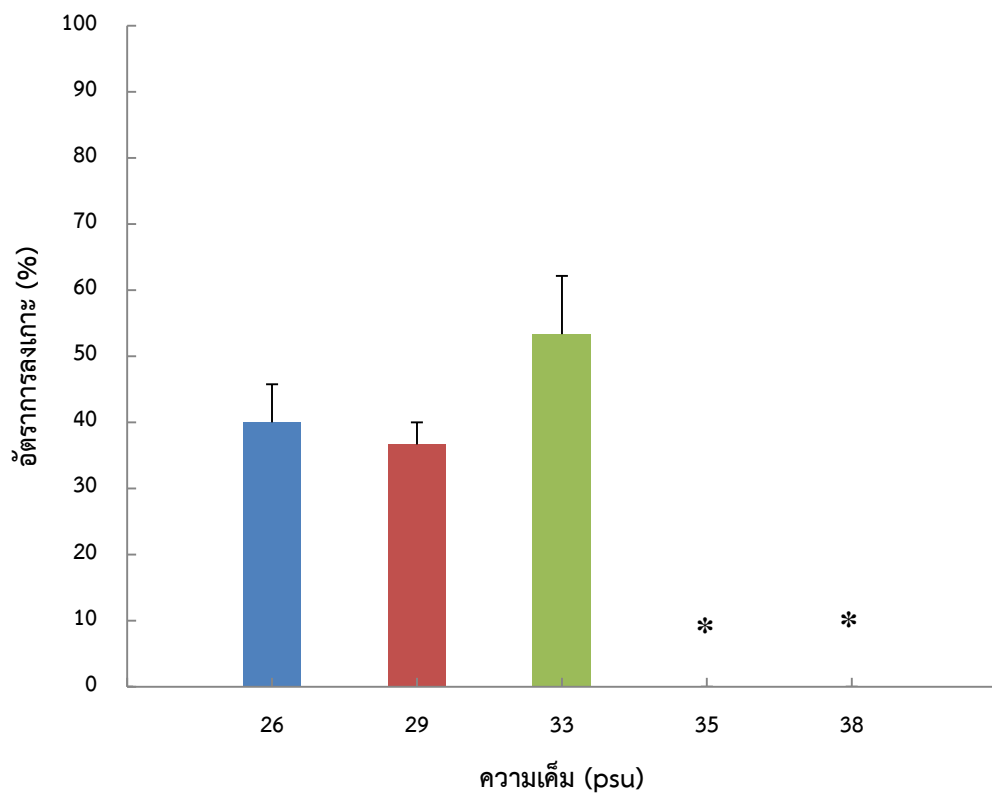
ผลของการพัฒนาปะการังตั้งแต่การผสมของเซลล์สืบพันธุ์ พบว่า ชุดควบคุมที่ระดับความเค็ม 33 psu มีการพัฒนาที่เร็วกว่าความเค็มระดับอื่นโดยพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 10 (ระยะข้าวเกรียบ) และสามารถพัฒนาได้อย่างสมบูรณ์ในชั่วโมงที่ 84 ขณะที่ชุดการทดลองที่ระดับความเค็ม 35 และ 38 psu พบการหยุดชะงักของการพัฒนาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน

#### 4.2.3.3 ผลของความเค็มต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

ไม่พบความแตกต่างของความเค็มที่ส่งผลต่อการลงเกาะของปะการังในชุดการทดลองที่ระดับความเค็มที่ 26, 29 และ 33 (ชุดควบคุม) ในช่วงเวลาที่ 84 ( $p > 0.05$ ) โดยที่ชุดควบคุมมีอัตราการลงเกาะสูงสุด ทั้งนี้ ไม่พบการลงเกาะใดๆ ในชุดการทดลองที่มีระดับความเค็ม 35 และ 38 psu ดังแสดงในรูปที่ 4.14




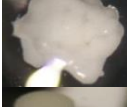




**รูปที่ 4.14** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับความเค็มที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ; ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ และ \*: ชุดการทดลองที่ไม่พบการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง)

#### 4.2.3.4 ผลของความเค็มต่อความผิดปกติของเซลล์

จากการติดตามการพัฒนาของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ณ ชั่วโมงที่ 15 และ 84 หลังการผสม (ตารางที่ 4.2) จำแนกตามระดับความเค็มที่แตกต่างกัน พบว่า เซลล์ของปะการังในชุดทดลองที่ระดับความเค็มสูงสุด (38 psu) ทั้งในชั่วโมงที่ 15 และ 84 มีความผิดปกติของเซลล์สูงสุด ลำดับรองลงมาคือชุดการทดลองที่อุณหภูมิ 35 °C

ตารางที่ 4. 2 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของความเค็มที่แตกต่างกัน

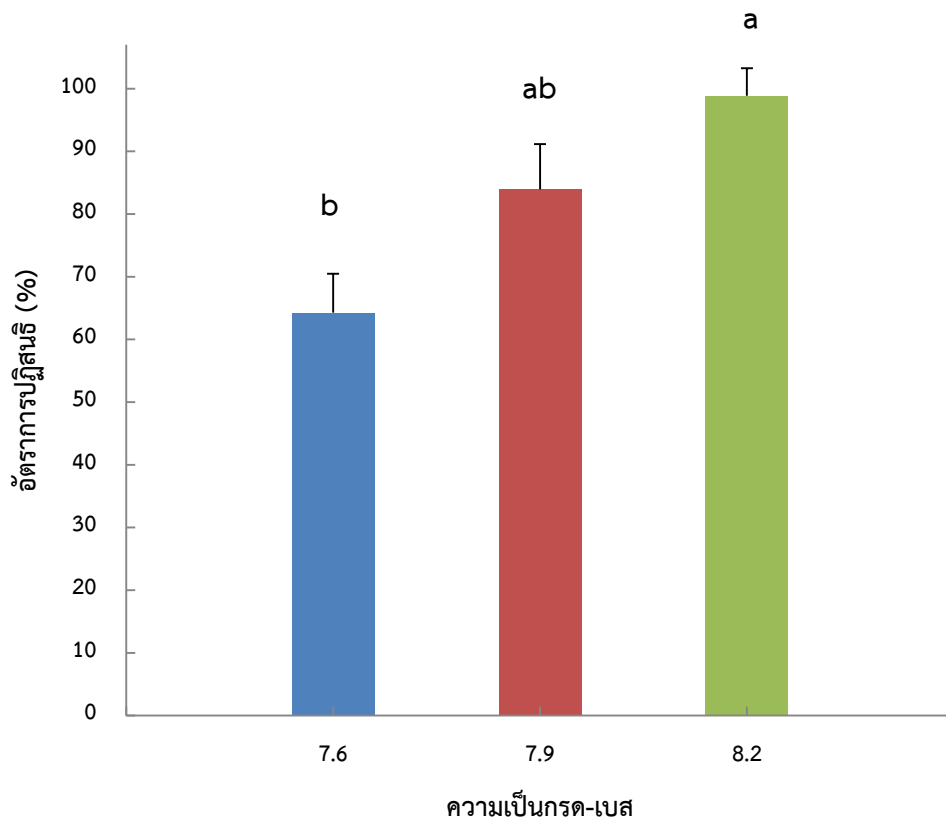
รูปเซลล์ที่ ผิดปกติ	ลักษณะ การผิดปกติ	% ผิดปกติของปะการัง (จำแนกตามความเค็ม)									
		ชั่วโมงที่ 15					ชั่วโมงที่ 84				
		26	29	33*	35	38	26	29	33*	35	38
	Incompleted cell division	1.0	0	0	0	0	2.8	3.3	3.9	8.3	2.5
	Cell distorted	0	0	0	0	0	2.2	2.5	3.5	4.4	3.6
	Over divided cell division	2.0	0	0	0	0	3.2	0	3.1	8.3	0
	Abnormal formation	2.7	6.8	3.3	0	16.7	2.5	4.2	4.0	7.1	8.3
	Abnormal size	17.3	16.7	0.0	45.0	81.7	14.5	18.6	0	45.0	78.1
	Broken cell	2.0	0	0	0	0	2.4	3.3	9.6	5.8	5.6
Total		25.0	23.5	3.3	45.0	98.4	27.6	31.9	24.1	79.0	98.1

\* : ชุดควบคุม

#### 4.2.4 ปัจจัยความเป็นกรด-เบส

##### 4.2.4.1 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อระยะการปฏิสนธิ

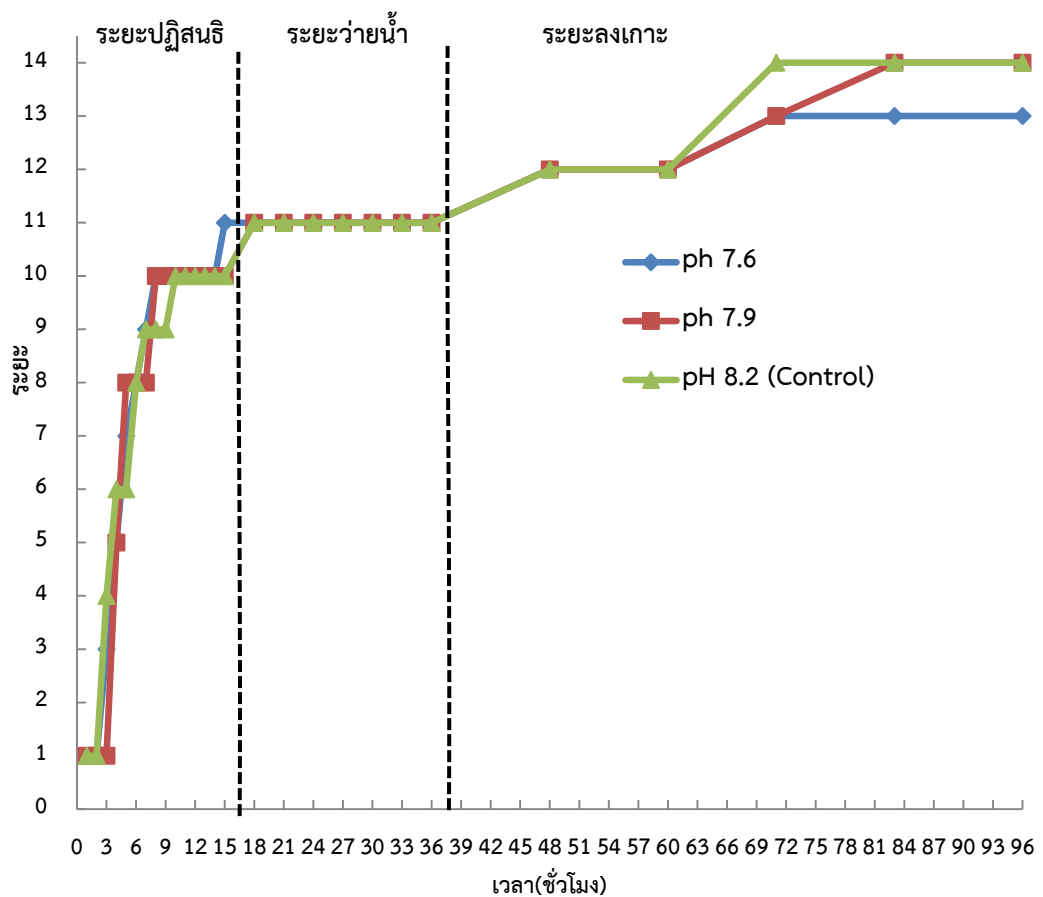
ผลการศึกษาอัตราการปฏิสนธิในชั่วโมงที่ 8 ภายหลังจากผสม (รูปที่ 4.15) พบว่า ปะการังในชุดควบคุม (ความเป็นกรด-เบสที่ 8.2) มีอัตราการปฏิสนธิสูงสุด ซึ่งไม่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 7.9 ( $p>0.05$ ) แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 7.6 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p<0.05$ )



**รูปที่ 4.15** อัตราการปฏิสนธิโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน ( $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)

#### 4.2.4.2 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนในระยะการปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ

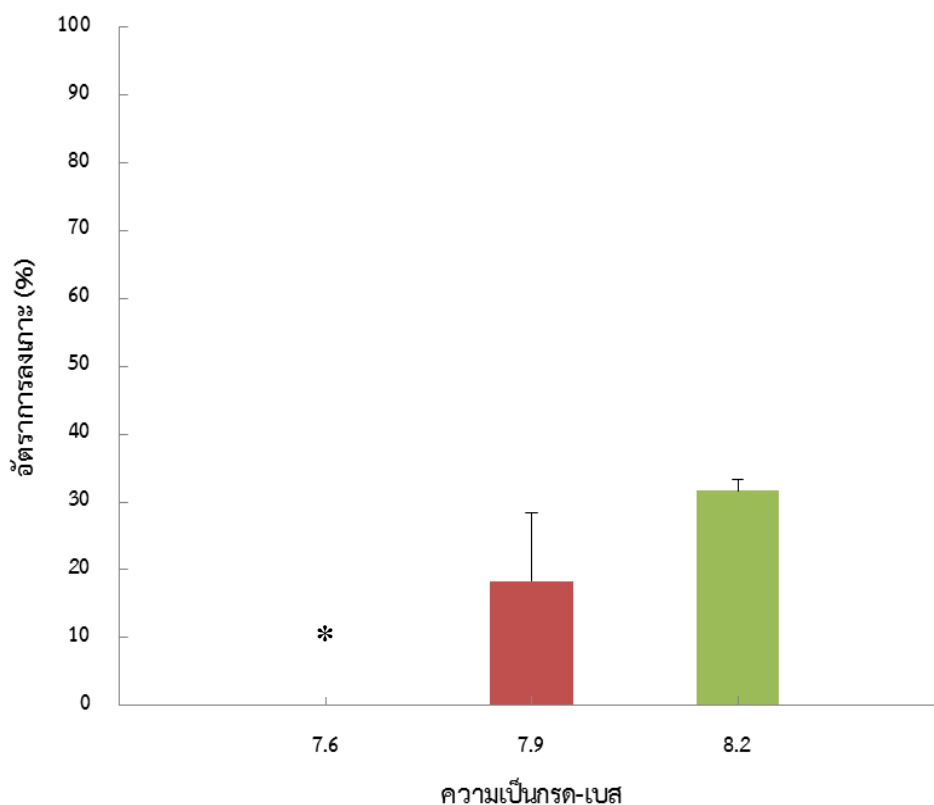
ผลของการพัฒนาปะการังตั้งแต่การผสมของเซลล์สืบพันธุ์ ไม่พบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองทั้งในระยะปฏิสนธิและระยะว่ายน้ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อการพัฒนาถึงระยะการลงเกาะพบว่า ปะการังชุดควบคุม (ความเป็นกรด-เบสที่ 8.2) มีการพัฒนาพร้อมลงเกาะตั้งแต่ชั่วโมงที่ 71 ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ขณะที่ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำสุด (7.6) ไม่พบการลงเกาะใดๆทั้งสิ้น



รูปที่ 4.16 การพัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์และตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ระยะการปฏิสนธิ ระยะว่ายน้ำ ถึงระยะลงเกาะ จำแนกตามระดับความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน

#### 4.2.4.3 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 84 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 3.16 ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.6 ไม่พบการลงเกาะ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.9 ( $18.33 \pm 10.14$  %) อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 8.2 มีอัตราการลงเกาะ  $31.67 \pm 1.67$  % พบว่ามีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.6 ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่พบความแตกต่างกับชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.9 ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในรูปที่ 4.17



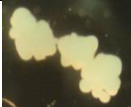





**รูปที่ 4.17** อัตราการลงเกาะโดยเฉลี่ย ( $\pm$ S.E.) ของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน (โดย  $n=20$  ตัว  $\times$  3 ซ้ำ และ ตัวอักษรยกตามแนวนอนที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ)



#### 4.2.4.4 ผลของความเป็นกรด-เบสต่อความผิดปกติของเซลล์

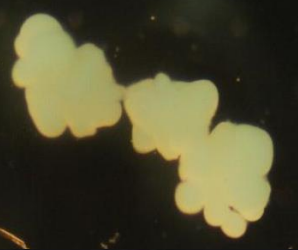


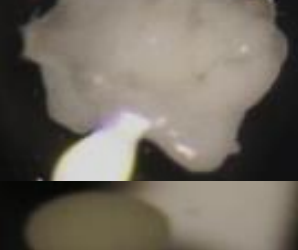


จากการติดตามการพัฒนาของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ณ ชั่วโมงที่ 15 และ 84 หลังการผสม (ตารางที่ 4.3) จำแนกตามระดับความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.6 มีเซลล์ผิดปกติมากที่สุดโดยพบลักษณะของเซลล์แตกและเซลล์ที่มีการแบ่งตัวไม่สมบูรณ์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ความผิดปกติของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ที่พบในชั่วโมงที่ 15 และ 84 จำแนกตามระดับของความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างกัน

รูปเซลล์ที่ผิดปกติ	ลักษณะการผิดปกติ	% ผิดปกติของปะการัง (จำแนกตามความเป็นกรด-เบส)					
		ชั่วโมงที่ 15			ชั่วโมงที่ 84		
		7.6	7.9	8.2*	7.6	7.9	8.2*
	Incompleted cell division	1.9	0	0	19.9	13.0	14.6
	Cell distorted	0	0	0	0	4.6	2.4
	Over divided cell division	1.6	9.5	7.9	5.9	5.6	12.2
	Abnormal formation	7.2	0	0	9.4	8.9	7.4
	Abnormal size	0	0	0	0	0	0
	Broken cell	10.8	4.7	6.4	7.2	4.4	4.1
<b>Total</b>		<b>21.5</b>	<b>14.2</b>	<b>14.3</b>	<b>42.4</b>	<b>36.5</b>	<b>40.7</b>

\* : ชุดควบคุม

ตารางที่ 4.4 สรุปลักษณะความผิดปกติของเซลล์ปะการัง *Acropora millepora* ที่พบจากการศึกษา

ลักษณะการผิดปกติ	รูปเซลล์ที่ผิดปกติ
1. Incompleted cell division	
2. Cell distorted	
3. Over divided cell division	
4. Abnormal formation	
5. Abnormal size	
6. Broken cell	

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการศึกษา

#### 5.1 ปะการัง *Pocillopora damicornis*

จากผลการศึกษาพบว่า พัฒนาการของตัวอ่อน *Pocillopora damicornis* ภายหลังจากการลงเกาะเป็นไปตามลักษณะทั่วไปที่มีการศึกษามาซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะได้แก่ ระยะที่ 1 ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำหาที่ลงเกาะและมีการแบนตัวลง ระยะที่ 2 มีการสร้าง basal plate ระยะที่ 3 เริ่มเห็น Costal spine และ septal ridges พร้อมกับมีการเริ่มพัฒนาปุ่มหนวด ระยะที่ 4 เห็นการแบ่งส่วนของเนื้อเยื่อและโครงสร้างแข็งชัดเจน (Le Tissier, 1988) ตัวอ่อนส่วนใหญ่ที่ลงเกาะแล้วจะมีการพัฒนาปาก หนวดในการจับอาหาร และชั้น calicoblast ภายใน 6 ชั่วโมง (Vandermeulen, 1975) หลังจากนั้นภายใน 24 ชั่วโมง จะได้โพลิบแรกเริ่มที่มี Calcified และเนื้อเยื่อโพลิบ (Vandermeulen and Watabe, 1973) ในการศึกษาผลของอุณหภูมิพบว่า อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jokiel-Guinner (1978) ที่พบว่าอุณหภูมิที่พอเหมาะให้ตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* ลงเกาะอยู่ในช่วง 27 องศาเซลเซียสและมีอัตราการลงเกาะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่าอุณหภูมิปกติ ซึ่งอุณหภูมิสูง ส่งผลต่อการอยู่รอดและการกระจายตัวของตัวอ่อนปะการังทำให้มีผลต่อโครงสร้างของระบบนิเวศและความหลากหลายในพื้นที่นั้น (O'Connor et al., 2007) ในขณะที่อุณหภูมิต่ำตัวอ่อนมีระยะพัฒนาการช้าและหยุดชะงัก มีผลทำให้อัตราการลงเกาะต่ำเนื่องมาจากที่อุณหภูมิต่ำลงมีผลทำให้การทำงานของซูแซนเทลลีลดลง เมื่อพลังงานที่ได้จากซูแซนเทลลีลดลง ตัวอ่อนจึงต้องนำไขมันที่เป็นส่วนประกอบหลักมาใช้ ทำให้ตัวอ่อนมีการว่ายน้ำช้าลง (Rodríguez-Troncoso et al., 2014)

ในส่วนของความเค็ม พบการลงเกาะที่ความเค็ม 33 psu มากที่สุด ในขณะที่ความเค็ม 26 29 35 และ 38 psu มีอัตราการลงเกาะที่ค่อนข้างน้อยกว่าแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการศึกษาของ Palaki (1998) พบว่าตัวอ่อนปะการัง *Fungia scutaria* ในความเค็มที่สูงกว่า 20 psu มีอัตราการลงเกาะมาก ถึงร้อยละ 80 และในขณะที่ความเค็มต่ำกว่า 20 psu มีอัตราการลงเกาะลดลงและทำให้ตัวอ่อนระยะว่ายน้ำตาย เนื่องมาจากปะการัง *Pocillopora damicornis* เป็นปะการังที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม เมื่อความเค็มลดลง ทำให้ตัวอ่อนมีพัฒนาการช้าลงเมื่อ

เทียบกับความเค็มชุดควบคุม ซึ่งมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ ทำให้พลังงานที่ได้ลดลงตามไปด้วย (Moberg et al., 1997) ในขณะที่ความเค็มสูงมีผลต่อระยะเวลาในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังระยะวัยน้ำ ทำให้ตัวอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างช้า (Palaki, 1998)

การลงเกาะและระยะพัฒนาการของตัวอ่อนปะการังในแต่ละระดับความเป็นกรด-เบสมีอัตราการลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-เบสน้อยลงเนื่องมาจาก ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลส่งผลต่อขบวนการ calcification ในตัวอ่อนลดลง (Albright, 2011) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ใช้ในขบวนการเผาผลาญพลังงานของตัวอ่อนปะการัง ซึ่งพบว่าวันที่ตัวอ่อนปะการังถูกปล่อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Rivest and Hofmann, 2014) แตกต่างจากการทดลองของ Chua et al. (2012) ที่พบว่าการที่น้ำทะเลมีความเป็นกรด-เบสลดลงไม่ได้ส่งผลถึงการลงเกาะและเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ ตัวอ่อน *Pocillopora damicornis* นอกจากนี้ช่วงเวลาที่ตัวอ่อนถูกปล่อยออกจากโคลนียังมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของการเผาผลาญพลังงานทำให้ตัวอ่อนมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยที่แตกต่างกัน (Rivest and Hofmann, 2014)

## 5.2 ปะการัง *Acropora millepora*

พัฒนาการของตัวอ่อนปะการัง *Acropora millepora* ภายหลังจากการปฏิสนธิเป็นไปตามลักษณะที่มีการศึกษาทั่วไป ไฮโคตมีการแบ่งเซลล์ภายใน 5 ชั่วโมงแรก จากนั้นจึงเข้าสู่ระยะที่แบบราบคล้ายข้าวเกรียบในชั่วโมงที่ 6 เข้าสู่ระยะ blastocoel ในชั่วโมงที่ 15 และมีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะวัยน้ำในชั่วโมงที่ 48 หลังการปฏิสนธิ ซึ่งพบมีความสอดคล้องกับไฮโคตของปะการังเขากวางชนิดอื่น ได้แก่ ปะการังเขากวาง *Acropora tenuis* และ *Acropora digitifera* ที่ทำการศึกษาระยะเวลาการแบ่งเซลล์ และเข้าสู่ระยะที่แบบราบคล้ายข้าวเกรียบในชั่วโมงที่ 7 และ เป็นตัวอ่อนระยะวัยน้ำในชั่วโมงที่ 48 หลังการปฏิสนธิ (Okubo and Motokawa, 2007) นอกจากนี้ Hayashibara et al. (1997) พบว่า 10 ชั่วโมงภายหลังการปฏิสนธิ ไฮโคตมีการสร้าง blastocoel เพื่อเข้าสู่ระยะ gastrulation และเริ่มพัฒนาขน (cilia) ที่บริเวณผิวภายนอกและเริ่มเคลื่อนที่แบบหมุนรอบตัวเอง

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิพบอุณหภูมิที่ 31 และ 34 องศาเซลเซียส มีอัตราการปฏิสนธิที่เทียบเท่ากับอุณหภูมิควบคุม ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่พัฒนาการของ ไฮโคตที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ตายหมดที่ชั่วโมงที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bassim et al. (2002) ที่พบอัตราการปฏิสนธิสูงเมื่ออุณหภูมิสูง ทั้งนี้การที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานอาจมีผลต่อพัฒนาการของตัวอ่อนและ

อัตราการรอดที่ลดลง ระยะการพัฒนาวัวอ่อนที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส มีระยะพัฒนาการที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิควบคุม ทั้งนี้พบความผิดปกติของตัวอ่อนที่เกิดขึ้นสูง ซึ่งส่งผลทำให้อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังมีจำนวนลดลง (Carly J. , 2009) นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงขึ้นเพียง 2 องศาเซลเซียสมีผลต่อความสามารถในระยะพัฒนาวัวอ่อนที่น้อยลงและทำให้การกระจายตัวของตัวอ่อนปะการังเปลี่ยนแปลงไป (Heyward and Negri, 2010) เมื่อเวลาผ่านไป 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่ำพบความผิดปกติของไซโกต สูงถึง ร้อยละ 50 และไม่พบอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนเนื่องจาก องค์ประกอบทางชีวเคมีของตัวอ่อนปะการังส่วนใหญ่เป็นไขมันเมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำ อาจทำให้องค์ประกอบทางชีวเคมีของตัวอ่อนเสียสภาพส่งผลให้ตัวอ่อนปะการัง *Goniastrea retiformis* มีพัฒนาการที่ช้าลงและตายในที่สุด (Figueiredo et al., 2012)

ในการศึกษาผลของความเค็มต่อระยะการปฏิสนธิพบ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเค็มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความเค็มควบคุม (33 psu) ทำให้อัตราการปฏิสนธิมีค่าลดลงเนื่องจากระยะปฏิสนธิเป็นช่วงที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะความเค็ม (Scott et al., 2013) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Humphrey et al. (2008) ที่ความเค็ม 30 psu พบว่ามีอัตราการปฏิสนธิลดลงร้อยละ 50 และตัวอ่อนมีพัฒนาการที่ผิดปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความเค็มต่ำ มีอัตราการปฏิสนธิ อัตราการลงเกาะ และการพัฒนาวัวอ่อนดีกว่าที่ความเค็มสูง เนื่องจากปะการังสามารถปรับตัวที่ความเค็มต่ำได้ดีกว่าความเค็มสูง (Ferrier-Pages et al., 1999) ภายหลังจากการแบ่งเซลล์ไซโกตจะเข้าสู่ระยะว่ายน้ำ ซึ่งการถูกรบกวนด้วยความเค็มที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ตัวอ่อนมีพฤติกรรมว่ายวนอยู่บริเวณพื้นผิวที่จะใช้ลงเกาะ แต่ไม่ยอมลงเกาะ มีผลทำให้ตัวอ่อนบางตัวอ่อนแหรือมีการลงเกาะที่ใช้เวลานานกว่าปกติ (Vermeij et al., 2006) ทั้งนี้จากการศึกษาความทนของปะการังต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในบริเวณ Keppel Islands พบว่าปะการังสามารถอยู่รอดที่ความเค็มระหว่าง 22-28 psu ได้ 3-16 วัน ตามลำดับ (Berkelmans et al., 2012)

ส่วนผลของความเป็นกรด-เบสต่อระยะการปฏิสนธิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chua et al. (2012) ที่ศึกษาตัวอ่อน *Goniastrea retiformis* และ *Leptastrea cf transversa* พบว่าความเป็นกรด-เบสที่ลดลงไม่มีผลต่อขบวนการสืบพันธุ์และการเปลี่ยนรูปร่างเพื่อลงเกาะ ในขณะที่การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนของ *Acropora millepora* ลดลงเนื่องจากความเป็นกรด-เบสที่ลดลงมีผลต่อการลดลงของ coralline algae ซึ่งเป็นตัวชักนำให้ตัวอ่อนปะการังลงเกาะ (Doropoulos et al., 2012)

การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเค็มและความเป็นกรด-เบส ของปะการังที่ปล่อยตัวอ่อนในมวลน้ำและปะการังที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในมวลน้ำล้วนแต่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน ในกลุ่มของปะการังที่ปล่อยตัวอ่อนในมวลน้ำมีรูปแบบการแทนที่ของตัวอ่อนที่ถูกกำหนดภายหลังที่ตัวอ่อนทำการลงเกาะ เนื่องจากปะการังในกลุ่มนี้มี gene flow และช่วงเวลาที่เป็นตัวอ่อนในมวลน้ำค่อนข้างน้อย ในขณะที่ปะการังที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในมวลน้ำ จะค่อนข้างตอบสนองไวต่ออุณหภูมิ และคุณภาพของน้ำทะเลที่เปลี่ยนไป ทำให้รูปแบบการแทนที่จะขึ้นอยู่กับช่วงระยะปฏิสนธิและการว่ายน้ำ (Hughes et al., 1999)



## รายการอ้างอิง

- Albright, R. 2011. Reviewing the Effects of Ocean Acidification on Sexual Reproduction and Early Life History Stages of Reef-Building Corals. *Journal of Marine Biology* 2011 14.
- Albright, R. and C. Langdon 2011. Ocean acidification impacts multiple early life history processes of the Caribbean coral *Porites astreoides*. *Global Change Biology* 17 (7):2478-2487.
- Anlauf, H., L. D'Croz and A. O'Dea 2011. A corrosive concoction: The combined effects of ocean warming and acidification on the early growth of a stony coral are multiplicative. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 397 (1):13-20.
- Babcock, R. C., G. D. Bull, P. L. Harrison, A. J. Heyward, J. K. Oliver, C. C. Wallace and B. L. Willis 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Marine Biology* 90 (3):379-394.
- Baird, A. H., P. A. Marshall and J. Wolstenholme 2000. Latitudinal variation in the reproduction of *Acropora* in the Coral Sea. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium* 1 385-389.
- Bassim, K., P. Sammarco and T. Snell 2002. Effects of temperature on success of (self and non-self) fertilization and embryogenesis in *Diploria strigosa* (Cnidaria, Scleractinia). *Marine Biology* 140 (3):479-488.
- Berkelmans, R., A. M. Jones and B. Schaffelke 2012. Salinity thresholds of *Acropora* spp. on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 31 (4):1103-1110.
- Carly J. , R. 2009. Elevated temperature effects on larval development, survivorship, and settlement of the elkhorn coral, *Acropora Palmata*
- Chua, C.-M., S. Peter , L. William and H. B. Andrew 2012. Effects of ocean acidification on metamorphosis: brooding and spawning larvae *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012*
- Coles , S. L. and P. L. Jokiel 1978. Synergistic Effects of Temperature, Salinity and Light on the Hermatypic Coral *Montipora verrucosa*. *Marine Biology* 49 187-195.

- Cumbo, V., P. Edmunds, C. Wall and T.-Y. Fan 2013. Brooded coral larvae differ in their response to high temperature and elevated pCO<sub>2</sub> depending on the day of release. *Marine Biology* 160 (11):2903-2917.
- Doropoulos, C., S. Ward, G. Diaz-Pulido, O. Hoegh-Guldberg and P. J. Mumby 2012. Ocean acidification reduces coral recruitment by disrupting intimate larval-algal settlement interactions. *Ecology Letters* 15 (4):338-346.
- Edmunds, P. E., R. G. Gates and D. G. Gleason 2001. The biology of larvae from the reef coral *Porites astreoides*, and their response to temperature disturbances. *Marine Biology* 139 (5):981-989.
- Ferrier-Pages, C., J.-P. Gattuso and J. Jaubert 1999. Effect of small variations in salinity on the rates of photosynthesis and respiration of the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*. *Marine Ecology Progress Series* 181 309-314.
- Figueiredo, J., A. H. Baird, M. F. Cohen, J. F. Flot, T. Kamiki, T. Meziane, M. Tsuchiya and H. Yamasaki 2012. Ontogenetic change in the lipid and fatty acid composition of scleractinian coral larvae. *Coral Reefs* 31 (2):613-619.
- Hayashibara, T., S. Ohike and Y. Kakinuma. 1997. Embryonic and larval development and planula metamorphosis of four gamete-spawning *Acropora* (Anthozoa, Scleractinia). *Proc 8th Int Coral Reef Symposium* 2 1231-1236.
- Heyward, A. J. and A. P. Negri 2010. Plasticity of larval pre-competency in response to temperature: Observations on multiple broadcast spawning coral species. *Coral Reefs* 29 (3):631-636.
- Hirose, M., R. Kinzie and M. Hidaka 2000. Early development of zooxanthella-containing eggs of the corals *Pocillopora verrucosa* and *P. eydouxi* with special reference to the distribution of zooxanthellae. *The Biological Bulletin* 199 (1):68-75.
- Hughes, T. P., A. H. Baird, E. A. Dinsdale, N. A. Moltschaniwskyj, M. S. Pratchett, J. E. Tanner and B. L. Willis 1999. Patterns of recruitment and abundance of corals along the Great Barrier Reef. *Nature* 397 (6714):59-63.
- Humphrey, C., M. Weber, C. Lott, T. Cooper and K. Fabricius 2008. Effects of suspended sediments, dissolved inorganic nutrients and salinity on fertilization



- and embryo development in the coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834). *Coral Reefs* 27 (4):837-850.
- Jokiel, P. L. and E. B. Guinther 1978. Effects of temperature on reproduction in the hermatypic coral *Pocillopora damicornis*. *Bulletin of Marine Science* 28 (4):786-789.
- Jokiel, P. L., R. Y. Ito and P. M. Liu 1985. Night irradiance and synchronization of lunar release of planula larvae in the reef coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology* 88 (2):167-174.
- Kuanui, P., S. Chavanich, C. Raksasab and V. Viyakarn 2009. Lunar periodicity of larval release and larval development of *Pocillopora damicornis* in Thailand. *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008 Session number 11 375-377.*
- Le Tissier, M. D. A. A. 1988. Patterns of formation and the ultrastructure of the larval skeleton of *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology* 98 (4):493-501.
- Miller, D. J. and E. E. Ball 2000. The coral *Acropora*: What it can contribute to our knowledge of metazoan evolution and the evolution of developmental processes. *BioEssays* 22 (3):291-296.
- Moberg, F., M. Nyström, N. Kautsky, M. Tedengren and P. Jarayabhand 1997. Effects of reduced salinity on the rates of photosynthesis and respiration in the hermatypic corals *Porites lutea* and *Pocillopora damicornis* *Marine Ecology Progress Series* 157 53-59.
- Muthiga, N. A. and A. M. Szmant 1987. The effects of salinity stress on the rates of aerobic respiration and photosynthesis in the hermatypic coral *Siderastrea siderea*. *Biological Bulletin* 173 (3):539-551.
- Nozawa, Y. 2012. Annual variation in the timing of coral spawning in a high-latitude environment: influence of temperature. *The Biological Bulletin* 222 (3):192-202.
- O'Connor, M. I., J. F. Bruno, S. D. Gaines, B. S. Halpern, S. E. Lester, B. P. Kinlan and J. M. Weiss 2007. Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (4):1266-1271.

- Okubo, N. and T. Motokawa 2007. Embryogenesis in the Reef-Building Coral *Acropora* spp. *Zoological Science* 24 (12):1169-1177.
- Oliver, J. K., R. C. Babcock, P. L. Harrison and B. L. Willis 1988. Geographical extent of mass spawning: clues to ultimate causal factors. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* 2 803-810.
- Palaki, A. 1998. The effect of salinity on fertilization and larval survivorship and settlement in *Fungia scutaria* and *Pocillopora damicornis*. *Reproduction in Reef Corals Results of the 1997 Edwin W. Pauley Summer Program in Marine Biology* 68.
- Permata, W. D., R. A. Kinzie and M. Hidaka 2000. Histological studies on the origin of planulae of the coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Ecology Progress Series* 200 191-200.
- Richmond, R. H. 1987. Energetics, competency, and long-distance dispersal of planula larvae of the coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology* 93 (4):527-533.
- Richmond, R. H. and P. L. Jokiel 1984. Lunar periodicity in larva release in the reef coral *Pocillopora Damicornis* at Enewetak and Hawaii. *Bulletin of Marine Science* 34 (2):280-287.
- Rivest, E. B. and G. E. Hofmann 2014. Responses of the Metabolism of the Larvae of *Pocillopora damicornis* to Ocean Acidification and Warming. *PLoS ONE* 9 (4):e96172.
- Rodríguez-Troncoso, A. P., E. Carpizo-Iltuarte, D. T. Pettay, M. E. Warner and A. L. Cupul-Magaña 2014. The effects of an abnormal decrease in temperature on the Eastern Pacific reef-building coral *Pocillopora verrucosa*. *Marine Biology* 161 (1):131-139.
- Scott, A., P. L. Harrison and L. O. Brooks 2013. Reduced salinity decreases the fertilization success and larval survival of two scleractinian coral species. *Marine Environmental Research* 92 (0):10-14.
- Stoddart, J. A. and R. Black 1985. Cycles of gametogenesis and planulation in the coral *Pocillopora damiconis*. *Marine Ecology Progress Series* 23 153-164.

- Suwa, R., M. Nakamura, M. Morita, K. Shimada, A. Iguchi, K. Sakai and A. Suzuki 2010. Effects of acidified seawater on early life stages of scleractinian corals (Genus *Acropora*). *Fisheries Science* 76 (1):93-99.
- Vandermeulen, J. H. 1975. Studies on reef corals. III. Fine structural changes of calicoblast cells in *Pocillopora damicornis* during settling and calcification. *Marine Biology* 31 (1):69-77.
- Vandermeulen, J. H. and N. Watabe 1973. Studies on reef corals. I. Skeleton formation by newly settled planula larva of *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology* 23 (1):47-57.
- Vermeij, M. J. A., N. D. Fogarty and M. W. Miller 2006. Pelagic conditions affect larval behavior, survival, and settlement patterns in the Caribbean coral *Montastraea faveolata*. *Marine Ecology Progress Series* 310 119-128.
- Wallace, C., J. Pandolfi, A. Young and J. Wolstenholme 1991. Indo-Pacific coral biogeography: a case study from the *Acropora selago* group. *Australian Systematic Botany* 4 (1):199-210.
- Willis, B. L., R.C. Babcock, P. L. Harrison and J. K. Oliver 1985. Patterns in the mass spawning of corals on the Great Barrier Reef from 1981 to 1984. *Proceedings of The Fifth International Coral Reef Congress* 4 343-348.

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิภาดา ลลิตภัทรกิจ เกิดวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2555 ระหว่างการศึกษาได้รับทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2556

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการโดยการตีพิมพ์บทความ รวมถึงการนำเสนอทางวาจาและโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### บทความทางวิชาการ

วิภาดา ลลิตภัทรกิจ, ปฐพร เกื้อนุ้ย, สุขนา ขวณิชย์, วรณพ วิยาญจน์ การพัฒนาระยะต้นของตัวอ่อนปะการัง *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758) และ *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834) บริเวณหมู่เกาะแสมสาร จังหวัดชลบุรี ใน รายงานการประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6, หน้า 1565-1574 สงขลา : มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, 2558,

### การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

Lalitpattarakit, W., Chavanich, S., and Viyakarn, V. 2013. Influence of Salinity on the embryonic and early development of larvae of *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834) and *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758). The 8th International Conference on Coelenterate Biology (ICCB), 1-5 December 2013, Eilat, Israel. (Poster Presentation)

Lalitpattarakit, W., Chavanich, S., and Viyakarn, V. 2014. Effect of salinity on the embryonic and early development of larvae of *Acropora millepora* (Ehrenburg, 1834) and *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758). The 3rd Asia Pacific Coral Reef Symposium (APCRS), 23-27 June 2014, Pintung, Taiwan. (Oral Presentation)