การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันและองค์ประกอบตามระยะการเติบโตปะการังแข็ง

น.ส.ภานุชนาถ ชินกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ontogenetic change in lipid content and composition on scleractinian corals

Miss Panutchanat Chinklang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Marine Science
Department of Marine Science
FACULTY OF SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2020
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันและองค์ประกอบตามระยะการเติบโตปะการังแข็ง
โดย	น.ส.ภานุชนาถ ชินกลาง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ แสงวณิช)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์)

.... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภานุชนาถ ชินกลาง : การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันและองค์ประกอบตามระยะการเติบโตปะการังแข็ง. (Ontogenetic change in lipid content and composition on scleractinian corals) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร.สุชนา ชวนิชย์

ปะการังประกอบด้วยไขมันภายในเนื้อเยื่อปริมาณมาก ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันในแต่ละระยะการเติบโตของปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* ที่เติบโตภายใต้การเพาะฟักในระบบอนุบาล โดยเก็บเซลล์สืบพันธุ์จากแนวปะการังในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ขณะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามธรรมชาติ พบว่า ปริมาณไขมันของไข่ปะการังทั้ง 3 ชนิด มีมากกว่า 70 % ของน้ำหนักแห้ง และมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะการเติบโต โดยปริมาณไขมันลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงการเติบโตระยะต้น อย่างไรก็ตาม อัตราการลดลงของปริมาณไขมันในปะการังสมองน้อยกว่าในปะการังเขากวางทั้ง 2 ชนิด อนึ่ง องค์ประกอบชนิดไขมันในปะการังมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน โดยมี wax ester เป็นไขมันชนิดเด่น พบในเซลล์ไข่ปะการังมากกว่า 80 % ของไขมันทั้งหมด และมีแนวโน้มสัดส่วนลดลงตามอายุปะการังที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันของปะการังระยะโตเต็มวัยที่มาจากการเพาะขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศซึ่งย้ายปลูกสู่ทะเล และปะการังชนิดเดียวกันที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณไขมันประมาณ 22 – 25 % ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ ปะการังมีการสะสมไขมันปริมาณมากในช่วงที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ ผลการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า ไขมันในปะการังมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะการเติบโต โดยเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละช่วงของการดำรงชีวิต ตั้งแต่การปฏิสนธิ การพัฒนาและแพร่กระจายของตัวอ่อน และการเติบโตของปะการัง

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

6071979823 : MAJOR MARINE SCIENCE
KEYWORD: SCLERACTINIAN CORAL, CULTURE CORAL, LIPID, ONTOGENETIC

Panutchanat Chinklang : Ontogenetic change in lipid content and composition on scleractinian corals. Advisor: Prof. Suchana Chavanich, Ph.D.

Scleractinian corals usually contain high levels of lipids in their tissues. In this study, changes in lipid contents and compositions of staghorn corals, *Acropora humilis*, *Acropora millepora*, and a brain coral, *Platygyra sinensis* were investigated through ontogenetic stages while rearing in the hatchery. Their gametes were collected from *in situ* at the reefs of Sattahip, Chon Buri Province during the coral spawning events. Then, they were brought back for artificial fertilization. The results showed that the total lipid of the oocytes was higher than 70 % of dry weight, and lipid contents changed between each developmental stage. There was also dramatically reduction of lipid contents at the early development. However, *P. sinensis* showed less reduction rates of lipid content than that of other 2 coral species. From the study, wax ester was the main lipid class found in the oocytes (more than 80 % of total lipids). This wax ester tended to decrease as oocytes developed. In adult corals, when cultured corals were compared with nature corals, the results showed that there was no significant difference between lipid contents. The average lipid contents found were between 22 – 25 % of dry weight. However, during the spawning periods, lipid contents were found to be high before corals released the gametes, and were significant reduced after the gametes were release from the corals. The results of this study demonstrated the relationship between lipid both contents and compositions and ontogenetic stages of corals, including fertilization, larvae development and dispersal, and growth of corals.

Field of Study:	Marine Science	Student's Signature ....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุชนา ชวนิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์ ดร. วรณพ วิยกาญจน์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เจริญ นิติธรรมยง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่าน สำหรับการให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะทำวิทยานิพนธ์ ทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบคุณ Dr. Heung Sik Park ที่ดูแลและอำนวยความสะดวกตลอดการทำวิจัย ณ Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST) ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี Dr. Se Jong Ju และคุณ Hyunjin Yoon สำหรับความรู้และเทคนิคในเรื่องการวิเคราะห์ไขมัน และคำแนะนำในการวิเคราะห์ผลของงานวิจัย

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) และหน่วยบัญชาการสงครามพิเศษทางเรือ กองเรือยุทธการ กองทัพเรือ ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ ตลอดจนดูแลความปลอดภัยขณะดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณศุภกาญจน์ จันทร์แดง คุณจันทร์จิรา คำดีเงิน คุณสุทธนา อร่ามเรือง และสมาชิกในกลุ่มการวิจัยชีววิทยาแนวปะการังทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับเงินสนับสนุนจาก "ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนำมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อน ๆ ทุกคน รวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจ และเป็นแรงผลักดันสำคัญให้งานทุกอย่างสำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

ภานุชนาถ ชินกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ... ง

กิตติกรรมประกาศ ... จ

สารบัญ ... ฉ

สารบัญรูป ... ฌ

บทที่ 1 บทนำ ... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ... 1

1.2 วัตถุประสงค์ ... 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ... 3

2.1 การทดแทนและเพิ่มจำนวนประชากรปะการังในธรรมชาติ ... 3

2.1.1 การสืบพันธุ์ ... 3

2.1.2 การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง ... 3

2.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการอยู่รอดของตัวอ่อนปะการัง ... 4

2.2 ไขมัน (lipid) ... 5

2.2.1 ความสำคัญของไขมัน ... 5

2.2.2 ปริมาณไขมันในปะการัง ... 6

2.2.3 องค์ประกอบชนิดไขมันในปะการัง ... 6

2.3 การฟื้นฟูแนวปะการัง ... 7

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ... 9

3.1 ชนิดปะการังที่ใช้ในการศึกษา ... 9

3.2 การเก็บเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อนำมาปฏิสนธิและเพาะฟักในระบบ ... 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ระยะของการพัฒนาหรืออายุของปะการังที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา 11
3.3.1 ตัวอย่างปะการังในโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง 11
3.3.2 ตัวอย่างปะการังที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังในธรรมชาติ............................ 11
3.3.3 ตัวอย่างปะการังช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 11
3.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ 12
3.5 การสกัดไขมัน (lipid extraction) 12
3.6 การวิเคราะห์ไขมัน 13
3.6.1 เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง 13
3.6.2 flame ionization detector.. 14
3.7 การหาน้ำหนักแห้งที่ปราศจากเถ้า (ash free dry weight, AFDW) 15
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 15
บทที่ 4 ผลการศึกษา.. 16
4.1 ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต........................... 16
4.1.1 ปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต 16
4.1.1.1 ปริมาณไขมันของปะการัง *Acropora humilis* 16
4.1.1.2 ปริมาณไขมันของปะการัง *Acropora millepora*.. 17
4.1.1.3 ปริมาณไขมันของปะการัง *Platygyra sinensis* 18
4.1.1.4 เปรียบเทียบปริมาณไขมันของปะการังแต่ละชนิดตามระยะการเติบโต 20
4.1.2 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต.................................. 21
4.1.2.1 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Acropora humilis* 21
4.1.2.2 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Acropora millepora* 22
4.1.2.3 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Platygyra sinensis* 23
4.2 ปริมาณไขมันของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังตามธรรมชาติ 24
4.3 ปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora* .. 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา 26
5.1 ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต 26
5.1.1 ปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต 26
5.1.2 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต 28
5.2 ปริมาณไขมันของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังตามธรรมชาติ 30
5.3 ปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora* 31
บรรณานุกรม 33
ประวัติผู้เขียน 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 ปะการังเขากวาง A) *Acropora humilis* (Dana, 1846) และ B) *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) ... 9

รูปที่ 3.2 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* (Milne Edwards and Haime, 1849) ... 9

รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษา อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวม 3 พื้นที่ ได้แก่ จุดเก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง A) แนวปะการังบริเวณเขื่อนกันคลื่นเกาะเตาหม้อ B) แนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ และจุดเพาฟักปะการัง C) โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย 10

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างถูกสกัดไขมันด้วย CH_2Cl_2 : MeOH : น้ำกลั่น (1:1:0.8) สารละลายแยกออกเป็น 2 ชั้น ซึ่งไขมันจะละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่อยู่ชั้นล่าง ... 12

รูปที่ 3.5 วิธีการวางแท่งซิลิกาเจลใน developing chamber ... 14

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างปะการังหลังการสกัดไขมัน A) ตัวอย่างหลังกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C B) ตัวอย่างหลังอบ C) ตัวอย่างหลังเผา ... 15

รูปที่ 4.1 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Acropora humilis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ ... 17

รูปที่ 4.2 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ ... 18

รูปที่ 4.3 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Platygyra sinensis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ ... 19

รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการังแต่ละชนิดตามระยะการเติบโต/อายุ ... 20

รูปที่ 4.5 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora humilis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ ... 21

รูปที่ 4.6 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora millepora* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ22

รูปที่ 4.7 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Platygyra sinensis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ... 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.8 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล (transplant coral) และปะการังตามธรรมชาติ (wild coral) ในปะการังแต่ละชนิด 24

รูปที่ 4.9 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ในช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora* 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปะการังมีการดำรงชีวิตร่วมกับสาหร่ายซูแซนเทลลี (zooxanthellae) ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อของปะการัง สาหร่ายซูแซนเทลลีทำหน้าที่สังเคราะห์แสงและให้พลังงานแก่ปะการังเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และเมื่อมีพลังงานบางส่วนหลงเหลือ ปะการังจะนำพลังงานเหล่านั้นมาเก็บสะสมอยู่ในรูปของไขมัน อย่างไรก็ตาม จากการที่เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังส่วนใหญ่ปราศจากสาหร่ายซูแซนเทลลีร่วมอาศัย และต่อเนื่องมาถึงขณะที่มีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะเริ่มต้นที่ยังไม่สามารถกินอาหารได้ ปะการังจึงต้องนำพลังงานสำรองภายในร่างกายมาใช้ในการดำรงชีวิตจนเข้าสู่ระยะที่เป็นตัวอ่อนหลังลงเกาะบนพื้นผิวและสร้างโครงร่างหินปูน จากนั้นปะการังจึงรับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากมวลน้ำภายนอกเข้ามาร่วมอาศัยภายในเนื้อเยื่อเพื่อเติบโตต่อไป ทั้งนี้รวมถึงกรณีที่ปะการังอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมและส่งผลให้สาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อปะการังจึงต้องนำพลังงานสะสมภายในร่างกายมาใช้ทดแทนเพื่อดำรงชีวิตเช่นกัน นอกจากนั้น ไขมันยังเป็นโครงสร้างสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงกล่าวได้ว่าไขมันเป็นตัวบ่งบอกถึงสมรรถภาพ ความทนทาน และความสามารถในการอยู่รอดของปะการัง ซึ่งอัตราการสะสมของปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังมีความแตกต่างกันในปะการังแต่ละชนิด โดยมีปัจจัยทั้งทางกายภาพและชีวภาพต่าง ๆ เป็นตัวกำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พลังงานสะสมซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปไขมัน เป็นปัจจัยสำคัญในการแพร่กระจายและเติบโตของตัวอ่อนปะการัง ซึ่งการแพร่กระจายของตัวอ่อนเป็นตัวแปรสำคัญในการทดแทนจำนวนประชากรปะการัง ส่งผลต่อการฟื้นตัวของแนวปะการังตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การเติบโตในระยะต้นมีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีโอกาสในการถูกล่าสูง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการรอดชีวิต ทั้งนี้ การฟื้นฟูแนวปะการังโดยใช้เทคนิคการเพาะขยายพันธุ์ปะการังแบบอาศัยเพศ ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งผลให้ตัวอ่อนปะการังมีความ

หลากหลายทางพันธุกรรม แต่รวมถึงการที่ตัวอ่อนได้รับการดูแลจากการอนุบาลและการเลี้ยงภายในระบบ ทำให้ตัวอ่อนปะการังเหล่านี้มีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่าปะการังที่เติบโตในธรรมชาติ

เนื่องด้วยปัจจุบัน ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงของไขมันในปะการังระหว่างการพัฒนาหรือการเติบโตอยู่มากและยังไม่ชัดเจน การศึกษาในครั้งนี้ จึงทำการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต รวมถึงศึกษาศักยภาพของปะการังที่เพาะขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยเปรียบเทียบปริมาณไขมันระหว่างปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติกับปะการังตามธรรมชาติ และเปรียบเทียบปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษา สามารถสร้างความเข้าใจในบทบาทของไขมัน ต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของปะการัง และสามารถนำมาประกอบการจัดการปะการังเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรแนวปะการังต่อไป โดยการศึกษาครั้งนี้ ใช้ปะการัง 3 ชนิด ได้แก่ ปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* ซึ่งพบกระจายทั่วไปในแนวปะการังเขตร้อน เป็นกรณีศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันในแต่ละระยะการเติบโตของปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* ที่มาจากการเพาะฟักในระบบอนุบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไขมันระหว่างปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติกับปะการังตามธรรมชาติ ในปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis*

1.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง *Acropora millepora*

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทดแทนและเพิ่มจำนวนประชากรปะการังในธรรมชาติ

2.1.1 การสืบพันธุ์

ปะการังเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) และแบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ปะการังตัวใหม่ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนโคโลนีเดิมทุกประการ ส่วนใหญ่เป็นการขยายขนาดของโคโลนีโดยการเพิ่มจำนวนโพลิปของปะการัง เรียกว่า การแตกหน่อ (budding) หากมีการแตกหักของชิ้นส่วนปะการัง (fragmentation) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากพายุ คลื่นลมที่รุนแรง หรือจากการกระทำของสิ่งมีชีวิต ถ้าส่วนที่หักนั้นอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถเติบโตไปเป็นโคโลนีใหม่ได้ (Highsmith, 1982) และโดยส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้เคียงกับโคโลนีเดิม แตกต่างจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ที่ปะการังจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ไข่ (egg) และน้ำเชื้อ (sperm) มาปฏิสนธิกันกลายเป็นตัวอ่อนล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ ซึ่งการสืบพันธุ์ลักษณะนี้ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีน (gene) ส่งผลให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรเพิ่มขึ้น (Harrison, 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 การแพร่กระจายของตัวอ่อนปะการัง

เนื่องจากไข่ปะการังส่วนใหญ่ประกอบด้วยไขมันและน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก (Arai et al., 1993; Figueiredo et al., 2012; Harii et al., 2007; Okubo et al., 2020) จึงทำให้สามารถลอยอยู่บริเวณผิวน้ำและแพร่กระจายตามกระแสน้ำออกไปสู่พื้นที่ต่าง ๆ เซลล์ไข่ที่ได้รับการผสมจะปฏิสนธิกลายเป็นตัวอ่อนล่องลอยอยู่ในมวลน้ำได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด (Carlon and Olson, 1993; Harii et al., 2002) จากนั้นจึงลงเกาะในพื้นที่ที่เหมาะสมบนพื้นแข็ง เช่น พื้นที่ว่างบนซากปะการังหรือก้อนหิน เพื่อเติบโตไปทดแทนและเพิ่มจำนวนประชากรในแนวปะการังต่อไป

2.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการอยู่รอดของตัวอ่อนปะการัง

ความสำเร็จของการสืบพันธุ์และการแพร่กระจายของตัวอ่อนเป็นตัวแปรสำคัญในการทดแทนและเพิ่มจำนวนประชากรปะการัง รวมถึงการเติบโตในระยะต้นที่มีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อความอยู่รอดของตัวอ่อนปะการัง (Gleason and Hofmann, 2011; Ritson-Williams et al., 2010) ทั้งปัจจัยภายนอกที่มาจากการถูกล่า กระแสน้ำ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรด-เบส ปริมาณตะกอน และมลพิษ (Berry et al., 2017; Edmunds et al., 2001; Jones et al., 2015; Scott et al., 2013; Viyakarn et al., 2015; Westneat and Resing, 1988) รวมถึงปัจจัยภายในที่สำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการลอยตัว–ว่ายน้ำ และพลังงานสำรองภายในร่างกายซึ่งมีไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก (Harii et al., 2007; Szmant and Meadows, 2006)

ปะการังมีการอาศัยอยู่ร่วมกับสาหร่ายซูแซนเทลลีแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (mutualism) โดยสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อปะการังทำหน้าที่ช่วยสร้างพลังงานให้แก่ปะการังผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ในขณะที่ปะการังเองสามารถได้รับพลังงานจากการใช้หนวด (tentacle) ซึ่งมีเข็มพิษ (nematocysts) ในการล่าเหยื่อที่มีขนาดเล็กกินเป็นอาหาร (Palardy et al., 2005) รวมถึงสามารถดูดซึมสารอินทรีย์ทั้งหลายจากมวลน้ำเพื่อนำมาใช้ในการดำรงชีวิตอีกด้วย (Anthony, 1999) ในภาวะปกติ ปะการังได้รับพลังงานจากสาหร่ายซูแซนเทลลี มากกว่าร้อยละ 80 จากพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ โดยที่พลังงานเหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และมีพลังงานบางส่วนที่เหลือถูกเก็บสะสมในรูปของไขมัน (Chen et al., 2017) อย่างไรก็ตาม การที่เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังส่วนใหญ่ปราศจากสาหร่ายซูแซนเทลลีร่วมอาศัยและต่อเนื่องมาถึงขณะที่มีการพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะเริ่มต้นที่ยังไม่สามารถกินอาหารได้ ส่งผลให้แหล่งพลังงานสำคัญของตัวอ่อนปะการังภายหลังการปฏิสนธิ ขึ้นอยู่กับพลังงานสำรองที่ได้รับจากโคโลนีพ่อแม่จนกระทั่งตัวอ่อนปะการังเหล่านี้สามารถลงเกาะบนพื้นผิวแข็งและรับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากมวลน้ำเข้ามาร่วมอาศัยภายในเนื้อเยื่อ (Graham et al., 2008)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนั้น ปริมาณพลังงานสำรองมีผลต่อการรอดชีวิตและช่วงเวลาการเป็นตัวอ่อนของปะการังก่อนการลงเกาะ ส่งผลต่อการกำหนดระยะทางในการแพร่กระจายของตัวอ่อนไปยังถิ่นอาศัยใหม่ ซึ่งปริมาณพลังงานสำรองที่มากมีแนวโน้มที่ตัวอ่อนเหล่านี้จะมีโอกาสแพร่กระจายออกไปได้ไกล (Harii et al., 2002; Harii et al., 2007; Richmond, 1987)

2.2 ไขมัน (lipid)

2.2.1 ความสำคัญของไขมัน

ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ล้วนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตและต่างมีบทบาทหน้าที่ที่สำคัญ เช่น คาร์โบไฮเดรตเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงสร้างอาหารและเป็นพลังงานงานสะสมในสาหร่ายทะเล (Raven and Beardall, 2003) โปรตีนมีบทบาทในกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของปลาทะเล (Houlihan et al., 1995) ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอ่อนสัตว์ทะเล เช่น เม่นทะเล กุ้ง ปลา และปะการัง โดยในตัวอ่อนสัตว์ทะเลเหล่านี้มีพลังงานสำรองมากมายที่ได้รับมาจากพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตจนกว่าจะหาอาหารกินเองได้ (Figueiredo et al., 2012; Ju et al., 2006; Palacios et al., 2002; Rainuzzo et al., 1997; Sewell, 2005) อีกทั้ง พลังงานที่เหลือจากการใช้ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะถูกเก็บสะสมอยู่ในรูปของไขมัน และนำมาใช้ในเวลาที่ขาดแคลนอาหาร อาทิ กรณีที่ปะการังเกิดความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิน้ำทะเลสูงผิดปกติจนปะการังเกิดการฟอกขาว (coral bleaching) อันเป็นผลมาจากการสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลีที่เป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักให้กับปะการัง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปะการังจำเป็นต้องนำพลังงานที่สะสมในรูปของไขมันมาใช้ทดแทนเพื่อการดำรงชีวิตต่อไป (Grottoli et al., 2004; Imbs and Yakovleva, 2012; Solomon et al., 2019; Yamashiro et al., 2005) ทั้งนี้ ปริมาณไขมันสำรองที่สะสมในปะการังสามารถส่งผลต่อโอกาสในการรอดชีวิตของปะการังระหว่างการฟอกขาว โดยปะการังที่มีไขมันสะสมมากมีแนวโน้มที่จะรอดชีวิตได้นานกว่า (Anthony et al., 2009) รวมถึงการได้รับพลังงานจากการกินอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง เช่น ไรทะเล (artemia) สามารถลดผลกระทบการขาดพลังงานจากการฟอกขาว และช่วยเพิ่มความยืดหยุดให้ปะการังต่อต้านกับความเครียดที่เกิดขึ้น (Rodrigues et al., 2008; Tagliafico et al., 2017)

ไขมันนอกจากจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแล้ว ไขมันยังเป็นองค์ประกอบหลักของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ช่วยสร้างสมดุลและต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมภายนอก จากการศึกษาในปะการังอ่อน เมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลลดต่ำลง เยื่อหุ้มเซลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนชนิดไขมัน ส่งผลให้มีการเพิ่มการไหลเวียนของเยื่อหุ้ม (membrane fluidity) เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อเซลล์ (Lin et al., 2012; Lordan et al., 2017)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.2 ปริมาณไขมันในปะการัง

ปะการังแข็ง (scleractinian coral) มีไขมันภายในเนื้อเยื่อเป็นจำนวนมาก โดยมีปริมาณไขมันประมาณ 10 – 40 % ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดปะการัง รวมถึงปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เช่น แสง ความลึก และอุณหภูมิ (Hamoutene et al., 2008; Imbs and Yakovleva, 2012; Imbs, 2013; Imbs et al., 2010; Treignier et al., 2008; Yamashiro et al., 1999) ปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อปะการังนี้มีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวสาหร่ายซูแซนเทลลีสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและให้พลังงานแก่ปะการังเพื่อการดำรงชีวิต พร้อมเก็บสะสมพลังงานที่เหลือในรูปของไขมันได้มากกว่าช่วงฤดูอื่น ปริมาณไขมันจึงแปรผันตามกระบวนสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ร่วมอาศัย (Mehdinia et al., 2015) หรือเมื่อพิจารณาปริมาณไขมันของปะการังในช่วงฤดูกาลที่ปะการังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ (spawning period) ซึ่งพบว่า ปริมาณไขมันมีค่าลดลงภายหลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าว (Conlan et al., 2020; Leuzinger et al., 2003) ทั้งนี้ ไข่ของปะการังมีปริมาณไขมันแตกต่างจากปะการังในระยะโตเต็มวัยเป็นอย่างมาก โดยไข่ปะการังมีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 60 – 80 % ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งพลังงานเหล่านี้ถูกถ่ายทอดผ่านเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อให้ตัวอ่อนที่ปฏิสนธิสามารถนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนา การว่ายน้ำเคลื่อนที่ หรืออื่น ๆ เพื่อหาพื้นที่ลงเกาะบนพื้นผิวแข็งที่เหมาะสมและเติบโตเป็นปะการังที่สมบูรณ์ต่อไป (Figueiredo et al., 2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3 องค์ประกอบชนิดไขมันในปะการัง

องค์ประกอบชนิดไขมันหลักที่พบในปะการังประกอบด้วย แวกซ์ เอสเทอร์ (wax ester) ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) กรดไขมันอิสระ (free fatty acids) คอเลสเตอรอลหรือสเตอรอล (cholesterol or sterol) และฟอสโฟลิปิด (phospholipid) เป็นต้น (Conlan et al., 2020; Figueiredo et al., 2012; Yamashiro et al., 1999) โดยสามารถแบ่งออกได้ตามคุณสมบัติเป็น 2 ประเภท คือ ไขมันที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (neutral lipid) ได้แก่ แวกซ์ เอสเทอร์ และไตรเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งเป็นพลังงานสะสมที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต สำรองใช้ในกรณีที่ขาดแคลนอาหาร ไขมันเหล่านี้จะถูกสลายพันธะสามารถออกซิไดซ์กลายเป็นกรดไขมัน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) ให้พลังงานแก่ปะการัง สำหรับโพลาร์ลิปิด (polar lipid) ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และคอเลสเตอรอล (cholesterol) นั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของ

โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และเยื้อหุ้มออร์แกเนลล์ ช่วยปกป้องเซลล์จากอันตรายต่าง ๆ (Imbs, 2013; Lee et al., 2006; Lordan et al., 2017)

ทั้งนี้ สัดส่วนขององค์ประกอบชนิดไขมันมีความสัมพันธ์กับชนิดปะการัง โดยมีความใกล้เคียงกันตามระดับทางอนุกรมวิธาน จากการศึกษาของ Imbs et al. (2010) แสดงให้เห็นว่าปะการังเขากวางหลายชนิดมีสัดส่วนชนิดไขมันใกล้เคียงกัน โดยจะมีปริมาณไขมันต่ำกว่าปะการังจากกลุ่มปะการังดอกไม้ทะเล เช่นเดียวกันกับในปะการังน้ำลึก (deep-sea coral) จากการศึกษาของ Hamoutene et al. (2008) ที่พบว่าปะการังน้ำลึกจากกลุ่มเดียวกันจะมีสัดส่วนชนิดไขมันใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปะการังน้ำลึกมีปริมาณไขมันน้อยกว่าปะการังที่มีถิ่นอาศัยในแนวปะการังน้ำตื้น (shallow water coral reef) นอกจากนี้ สัดส่วนของชนิดไขมันที่แตกต่างกันยังขึ้นอยู่กับระยะการเติบโตและปัจจัยแวดล้อม (Figueiredo et al., 2012; Imbs, 2013; Lin et al., 2013) จากความสำคัญของไขมันดังกล่าว ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันที่สะสมในปะการังจึงสามารถบ่งบอกถึงสมรรถภาพ ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และการรอดชีวิตของปะการังได้ (Bergé and Barnathan, 2005)

2.3 การฟื้นฟูแนวปะการัง

ปะการังเป็นสิ่งมีชีวิตที่ยึดติดอยู่กับที่ ทำให้ปะการังไม่สามารถอพยพเพื่อหลีกหนีสภาวะอันไม่เหมาะสมเมื่อเกิดภัยคุกคามหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ซึ่งการลดลงของปะการังส่งผลให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่ใช้แนวปะการังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน การทดแทนประชากรปะการังจึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแนวปะการังเป็นอย่างมาก โดยศักยภาพในการฟื้นตัวของแนวปะการังตามธรรมชาติ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการผลิตประชากรปะการังรุ่นใหม่ขึ้นมาแทนที่เป็นสำคัญ (Smith et al., 2008) อย่างไรก็ตาม อัตรารอดชีวิตของปะการังช่วงการเติบโตระยะต้นในธรรมชาติมีน้อยมาก อีกทั้ง ปัจจุบันแนวปะการังมีความเสื่อมโทรมลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้ประโยชน์จนเกินขอบเขตของมนุษย์ เช่น การทิ้งสมอเรือ การจับปลาในแนวปะการัง และผลกระทบจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น การระบาดของดาวมงกุฎหนาม พายุ สึนามิและปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สร้างความเสียหายให้กับแนวปะการังเป็นบริเวณกว้าง (Chavanich et al., 2005) ทำให้อัตราการทดแทนประชากรปะการังตามธรรมชาติไม่เพียงพอต่อความต้องการในการฟื้นตัวของแนวปะการัง

ปัจจุบัน มีการนำเทคนิคการฟื้นฟูแนวปะการังที่อาศัยหลักการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมาใช้ในการเพาะขยายพันธุ์ปะการังในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย โดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะส่งเสริมให้เพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม ทำให้โครงสร้างสังคมแนวปะการังยังคงดำรงอยู่ได้ เมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ประชากรบางส่วนจะสามารถปรับตัวและดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ (Chavanich et al., 2014) ซึ่งวิธีการนี้ไม่เพียงแต่ส่งผลให้ตัวอ่อนปะการังมีความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สูง แต่รวมถึงการที่ตัวอ่อนเหล่านี้ได้รับการดูแลจากการอนุบาลและการเลี้ยงภายในระบบ ทำให้ตัวอ่อนปะการังเหล่านี้มีอัตรารอดที่สูงกว่าปะการังที่เกิดตามธรรมชาติ (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) การอนุบาลปะการังในระบบเลี้ยงก่อนนำไปย้ายปลูกในแหล่งธรรมชาติตามพื้นที่แนวปะการังที่เสื่อมโทรม สามารถช่วยเพิ่มอัตรารอดชีวิตของปะการังให้สูงขึ้น ซึ่งจะเป็นตัวแปรหนึ่งในการเพิ่มจำนวนประชากรและฟื้นฟูแนวปะการังอย่างมีประสิทธิภาพ

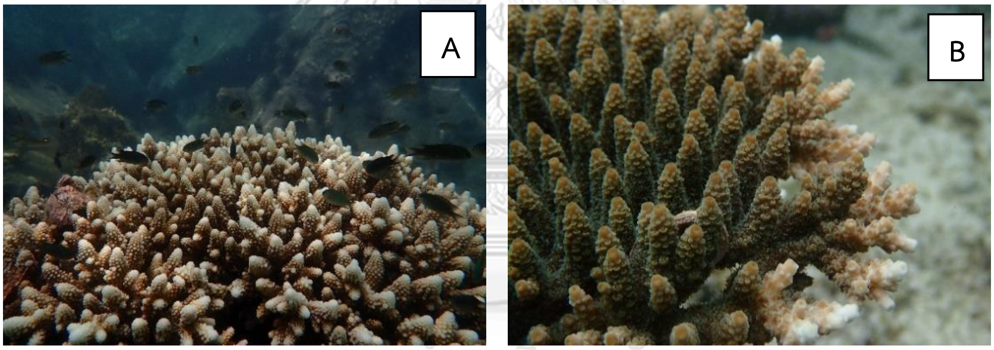
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ชนิดปะการังที่ใช้ในการศึกษา

ปะการังที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* (Dana, 1846), *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) (รูปที่ 3.1) และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* (Milne Edwards and Haime, 1849) (รูปที่ 3.2) เป็นปะการังที่พบกระจายทั่วไปในแนวปะการังเขตร้อน โดยปะการังทั้ง 3 ชนิด มีลักษณะการสืบพันธุ์แบบ hermaphroditic spawner ที่สามารถปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ทั้งเซลล์ไข่และสเปิร์มได้ในเวลาเดียวกัน



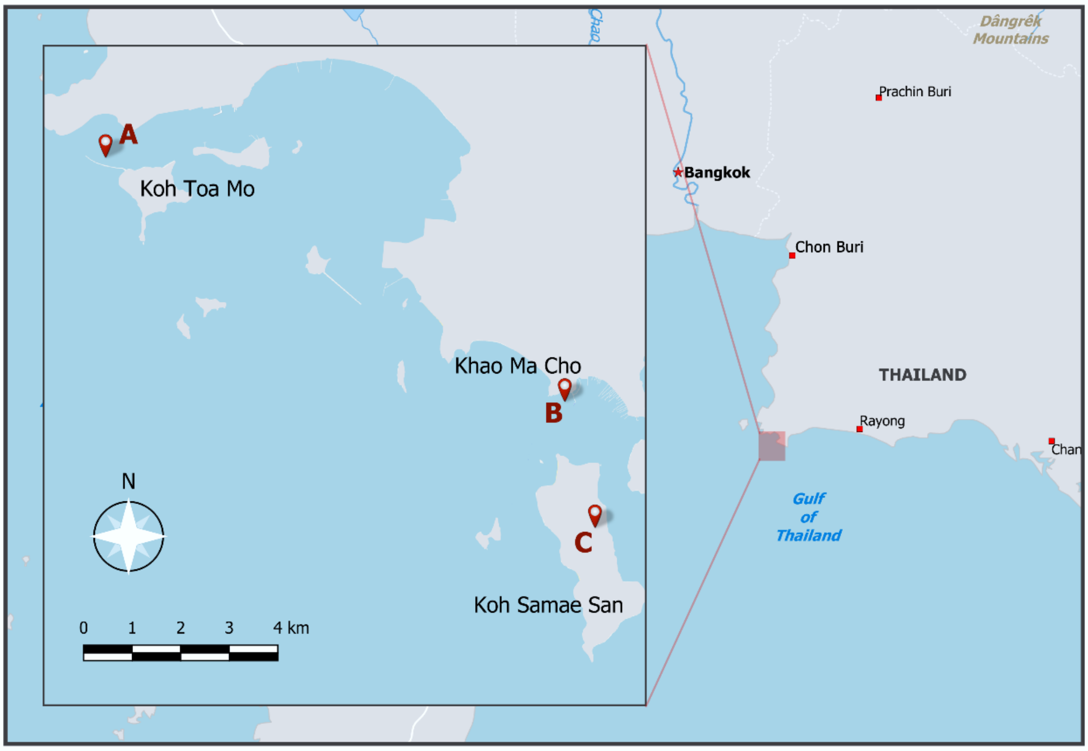
รูปที่ 3.1 ปะการังเขากวาง A) *Acropora humilis* (Dana, 1846) และ B) *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834)

รูปที่ 3.2 ปะการังสมอง *Platygyra sinensis* (Milne Edwards and Haime, 1849)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 การเก็บเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อนำมาปฏิสนธิและเพาะฟักในระบบ

ทำการเก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการังทั้ง 3 ชนิด จากแนวปะการังในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ขณะปล่อยตามธรรมชาติ โดยเก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการังเขากวางจากแนวปะการังบริเวณเขื่อนกันคลื่นเกาะเตาหม้อ และเก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการังสมองจากแนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ (รูปที่ 3.3) ซึ่งมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม (ชโลทร, 2550; พีรดนย์ และคณะ, 2559) จากนั้นนำเซลล์สืบพันธุ์ปะการังแต่ละชนิดมาทำการปฏิสนธิและเพาะฟักในถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร และอนุบาลในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร ณ โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 พื้นที่ศึกษา อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี รวม 3 พื้นที่ ได้แก่ จุดเก็บเซลล์สืบพันธุ์ปะการัง A) แนวปะการังบริเวณเขื่อนกันคลื่นเกาะเตาหม้อ B) แนวปะการังชายฝั่งเขาหมาจอ และจุดเพาะฟักปะการัง C) โรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังเกาะแสมสาร พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย

3.3 ระยะของการพัฒนาหรืออายุของปะการังที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา

3.3.1 ตัวอย่างปะการังในโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการัง

เก็บตัวอย่างปะการังเขากวางและปะการังสมองทั้ง 3 ชนิด

ระยะเซลล์ไข่

ประมาณ 50 – 200 ตัว/ระยะการเติบโต/ชนิด จำนวน 3 ซ้ำเป็นอย่างต่ำ

ระยะตัวอ่อน : หลังการปฏิสนธิ 1 ชั่วโมง, 1 วัน, 2 วัน และ 4 วัน

ประมาณ 50 – 200 ตัว/ระยะการเติบโต/ชนิด จำนวน 3 ซ้ำเป็นอย่างต่ำ

ระยะตัวอ่อนหลังการลงเกาะบนพื้นผิว : หลังลงเกาะ 1 วัน และ 1 เดือน

ประมาณ 20 – 50 ตัว/ระยะการเติบโต/ชนิด จำนวน 3 ซ้ำเป็นอย่างต่ำ

ระยะวัยอ่อน : อายุ 0.5 ปี, 1 ปี และ 2 ปี

ประมาณ 3 – 5 โคโลนี/ระยะการเติบโต/ชนิด จำนวน 3 ซ้ำเป็นอย่างต่ำ

3.3.2 ตัวอย่างปะการังที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังในธรรมชาติ

เก็บตัวอย่างปะการังเขากวางและปะการังสมองทั้ง 3 ชนิด ระยะโตเต็มวัยที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติ (ปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล) และปะการังในธรรมชาติ (ปะการังที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ) โดยเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนปะการังชนิดละ 3 โคโลนีเป็นอย่างต่ำ

3.3.3 ตัวอย่างปะการังช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์

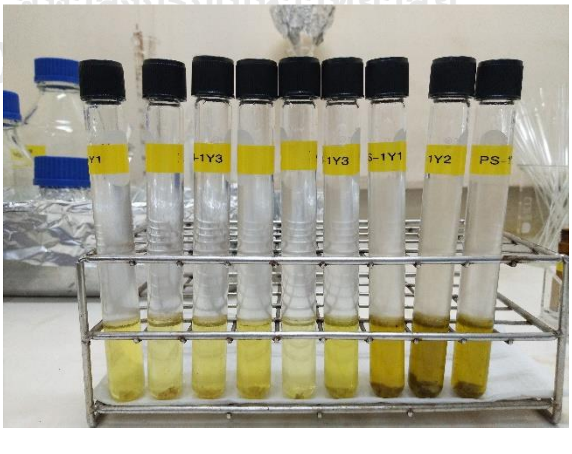
เก็บตัวอย่างปะการังเขากวาง *Acropora millepora* ช่วงเวลาที่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ก่อนปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 1 วัน และหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 1 วัน โดยเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนปะการังแต่ละช่วงเวลา 3 โคโลนีเป็นอย่างต่ำ

3.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

คงสภาพตัวอย่างทั้งหมดด้วยไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ –196 องศาเซลเซียส แล้วเก็บรักษาตัวอย่างปะการังที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะเริ่มทำการวิเคราะห์ จากนั้นนำตัวอย่างปะการังมาทำแห้งเยือกแข็งแบบสูญญากาศ (freeze dry) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วบดด้วยโกร่งบดยาขนาดเล็ก นำตัวอย่างปะการังที่บดแล้วเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันความชื้น

3.5 การสกัดไขมัน (lipid extraction)

ใช้วิธีการสกัดไขมันโดยดัดแปลงจากวิธีของ Ju et al. (2006) เริ่มด้วยนำตัวอย่างปะการังมาสกัดไขมันด้วยไดคลอโรมีเทน (dichloromethane, CH_2Cl_2) และเมทานอล (methanol, MeOH) ในอัตราส่วน 1:1 จำนวน 12 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน (ทำในหลอดทดลองฝาเกลียวที่รองด้วยแผ่นเทฟลอน เพื่อป้องกันสารละลายระเหย) จากนั้นเติมน้ำกลั่น (อัตราส่วน CH_2Cl_2 : MeOH : น้ำกลั่น = 1:1:0.8) จำนวน 4.8 มิลลิลิตร แล้วเขย่า สารละลายจะแยกออกเป็น 2 ชั้น (รูปที่ 3.4) ดูดสารละลายอินทรีย์ซึ่งอยู่ชั้นล่างด้วยพาสเจอร์ปิเปต (Pasteur pipette) แยกใส่ขวดแก้วสีชา แล้วทำการสกัดไขมันซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยใช้ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล อัตราส่วน 4:1 จำนวน 4 มิลลิลิตร และ 2 มิลลิลิตร ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างถูกสกัดไขมันด้วย CH_2Cl_2 : MeOH : น้ำกลั่น (1:1:0.8) สารละลายแยกออกเป็น 2 ชั้น ซึ่งไขมันจะละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่อยู่ชั้นล่าง

จากนั้นนำสารละลายในขวดแก้วสีชาไปทำการระเหยโดยการวางทิ้งไว้ในตู้ดูดควัน จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยออกไปจนหมด แล้วเติมไดคลอโรมีเทนและเมทานอล อัตราส่วน 2:1 ประมาณ 100 – 400 ไมโครลิตร ปิดฝาให้แน่น (ใช้ฝาที่รองด้วยแผ่นเทฟลอน เพื่อป้องกันการระเหย) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ไขมัน

เตรียมสารละลายไขมันมาตรฐาน (lipid standard) เพื่อใช้ในการปรับปริมาณไขมันแต่ละชนิดอันได้แก่ แวกซ์ แวกซ์ เอสเทอร์ (wax ester) , ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) , กรดไขมัน (free fatty acids) , คอเลสเตอรอล (cholesterol) และฟอสโฟลิปิด (phospholipid) ให้เป็นค่ามาตรฐาน โดยใช้สาร Palmityl palmitate (8 มิลลิกรัม) , Glyceryl trioleate (8 มิลลิกรัม) , Methyl nonadecanoate (8 มิลลิกรัม) , Cholesterol (8 มิลลิกรัม) และ 1,2–Dipalmitoyl–rac–glycerol–3–phosphocholine (32 มิลลิกรัม) จากษริษัท Sigma–Aldrich ตามลำดับ โดยละลายสารมาตรฐานเหล่านั้นด้วย ไดคลอโรมีเทนและเมทานอล อัตราส่วน 2:1 จำนวน 2 มิลลิลิตร/สารมาตรฐานแต่ละชนิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทำการวิเคราะห์ไขมัน

3.6 การวิเคราะห์ไขมัน

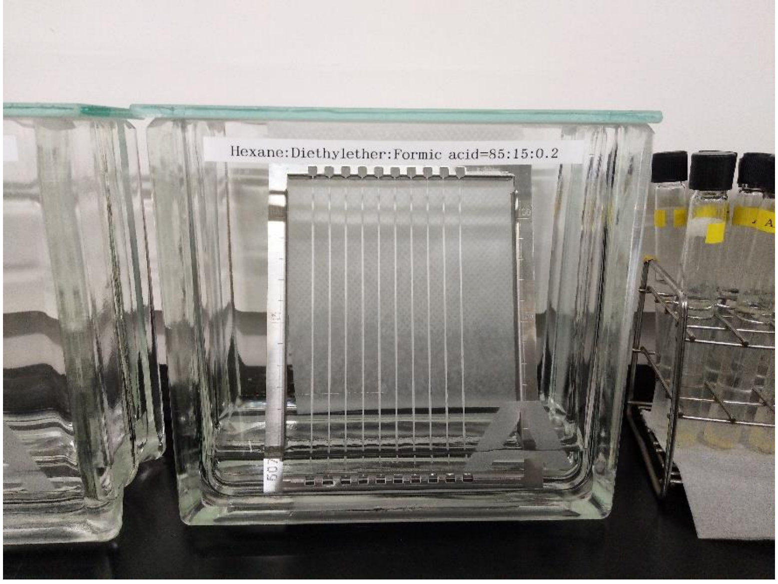
หลังจากสกัดไขมันแล้ว นำสารละลายที่ได้รวมถึงสารละลายไขมันมาตรฐานไปวิเคราะห์ไขมัน โดยใช้เทคนิค TLC–FID หรือโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography, TLC) และตรวจวัดด้วย flame ionization detector (FID) โดยทำการวิเคราะห์ไขมันที่ Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST) เมือง Busan ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี และตัวอย่างบางส่วนส่งวิเคราะห์ไขมันที่ห้องปฏิบัติการงานบริการวิชาการ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.1 เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง

ใช้เครื่อง automatic spotter ดูดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ แล้วนำไปจุดลงบนตำแหน่งเริ่มต้นของแท่งซิลิกาเจล (silica gel) ซึ่งเป็นตัวดูดซับชนิดแข็ง (solid adsorption)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทำหน้าที่เป็นเฟสนิ่ง (stationary phase) จากนั้นนำแท่งซิลิกาเจลไปวางแนวตั้งโดยพิงไว้ในภาชนะปิดที่อิ่มตัวไปด้วยไอของตัวทำละลาย เรียกว่า developing chamber มีเฮกเซน (hexane), ไดเอทิล อีเทอร์ (diethyl ether) และกรดฟอร์มิก (formic acid) อัตราส่วน 85:15:0.2 เป็นตัวทำละลาย (developing solvent หรือ eluting solvent) ทำหน้าที่เป็นเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) บรรจุอยู่ในภาชนะปิด ระดับตัวทำละลายต่ำกว่าตำแหน่งเริ่มต้นที่จุดสารบนแท่งซิลิกาเจล (รูปที่ 3.5) แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายพาตัวอย่างไขมันเคลื่อนที่ขึ้นไปเรื่อย ๆ บนแท่งซิลิกาเจลจนถึงตำแหน่งสิ้นสุด เพื่อแยกองค์ประกอบชนิดไขมันอันได้แก่ แวกซ์ เอสเทอร์ (wax ester) , ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) , กรดไขมัน (free fatty acids) , คอเลสเตอรอล (cholesterol) และฟอสโฟลิปิด (phospholipid) จากนั้นยกแท่งซิลิกาเจลออกจาก developing chamber



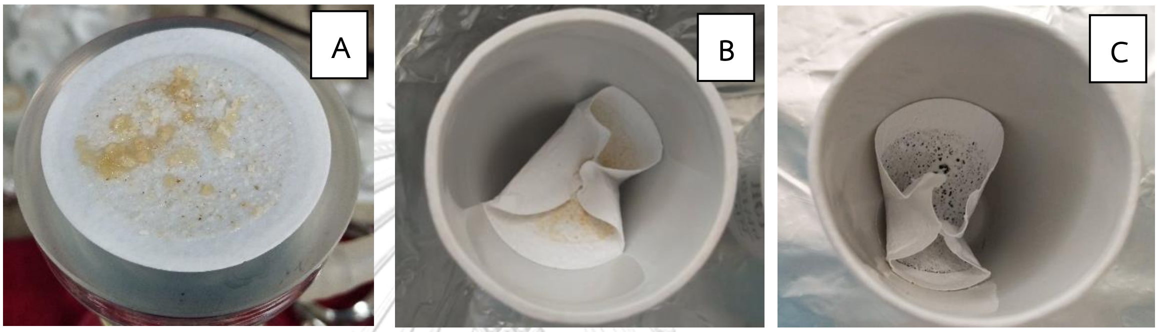
รูปที่ 3.5 วิธีการวางแท่งซิลิกาเจลใน developing chamber

3.6.2 flame ionization detector

นำแท่งซิลิกาเจลที่ผ่านการแยกองค์ประกอบชนิดไขมันโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง ไปตรวจวัดด้วย flame ionization detector เพื่อหาปริมาณไขมันและองค์ประกอบชนิดไขมันต่อไป

3.7 การหาน้ำหนักแห้งที่ปราศจากเถ้า (ash free dry weight, AFDW)

ทำการกรองตัวอย่างที่เหลือจากการสกัดไขมันด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C จากนั้นนำตัวอย่างเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 – 16 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบวางให้เย็น แล้วบันทึกน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง หลังจากนั้นนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง รอให้ตัวอย่างเย็นลง (รูปที่ 3.6) แล้วบันทึกน้ำหนักอีกครั้งด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างปะการังหลังการสกัดไขมัน A) ตัวอย่างหลังกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C B) ตัวอย่างหลังอบ C) ตัวอย่างหลังเผา

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ one-way ANOVA และ Tukey’s post hoc test เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในปะการังแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมันในปะการังแต่ละระยะการเติบโต และความแตกต่างระหว่างปริมาณไขมันของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติกับปะการังตามธรรมชาติ รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง *Acropora millepora*

บทที่ 4

ผลการศึกษา

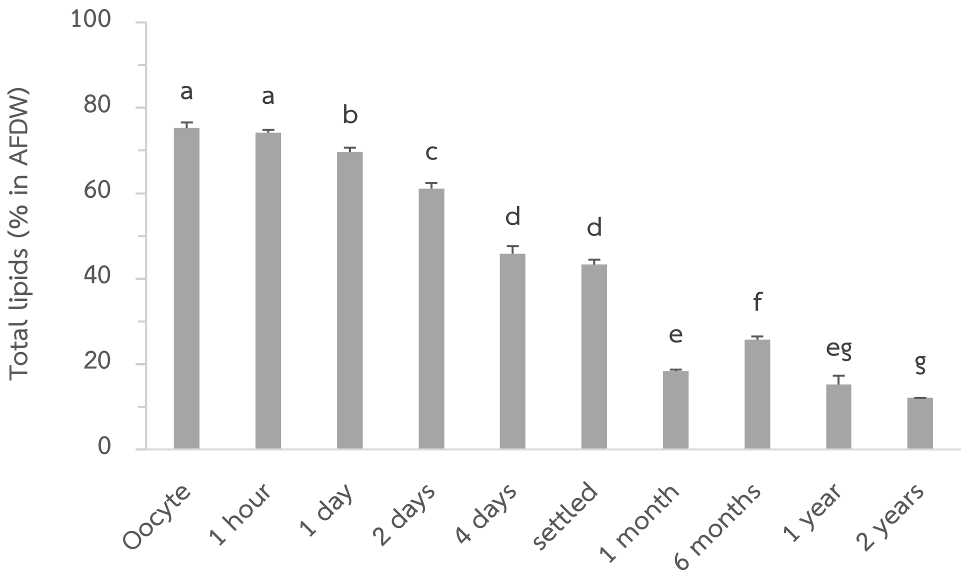
4.1 ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

4.1.1 ปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

4.1.1.1 ปริมาณไขมันของปะการัง *Acropora humilis*

ผลการศึกษาปริมาณไขมันของปะการัง *Acropora humilis* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.1 พบว่า ปริมาณไขมันมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะการเติบโต ซึ่งปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น โดยเซลล์ไข่เริ่มต้นมีปริมาณไขมัน 75.26 ± 1.33 % ใกล้เคียงกับปริมาณไขมันของตัวอ่อนหลังปฏิสนธิ 1 ชั่วโมง (74.15 ± 0.69 %) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับตัวอ่อนปะการังอายุ 1 วัน (69.63 ± 1.03 %) , 2 วัน (61.08 ± 1.34 %) และ 4 วัน (45.82 ± 1.80 %) ทั้งนี้ ได้ทำการลงแผ่นกระเบื้องเพื่อใช้ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในวันที่ 4 และได้เก็บตัวอย่างปะการังหลังวันลงเกาะ 1 วัน ซึ่งปริมาณไขมันของปะการังอายุ 4 วัน และปะการังระยะหลังลงเกาะ (43.27 ± 1.17 %) มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน ปริมาณไขมันในปะการังลดลงอย่างมาก (18.30 ± 0.39 %) ในขณะที่ปะการังอายุ 6 เดือน (25.67 ± 0.79 %) มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจากเดิมสูงกว่าปะการังอายุ 1 เดือน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันลดลงอีกครั้งเมื่อปะการังอายุ 1 ปี (15.19 ± 2.07 %) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันยังลดลงอีกเล็กน้อยเมื่ออายุ 2 ปี (12.05 ± 0.02 %) ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปะการัง อายุ 1 ปี และ 2 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.1 *ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย* (± S.E.) ของปะการัง *Acropora humilis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

หมายเหตุ : ตัวอักษรยกตามแนวนอนในกราฟที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ (p < 0.05)

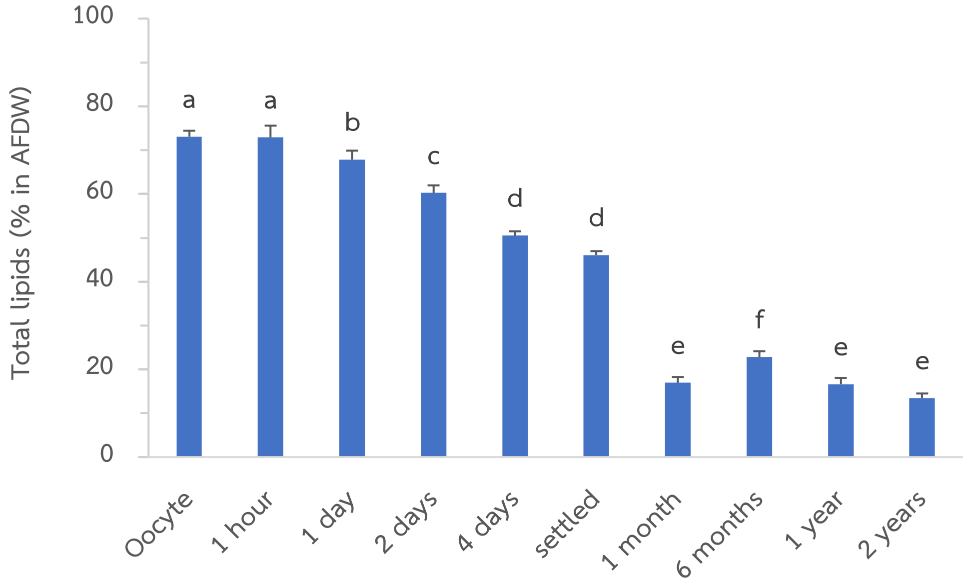
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.2 ปริมาณไขมันของปะการัง *Acropora millepora*

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการศึกษาปริมาณไขมันในปะการัง *Acropora millepora* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.2 พบว่า ปริมาณไขมันมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะการเติบโต ซึ่งปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น โดยเซลล์ไข่เริ่มต้นมีปริมาณไขมัน 73.07 ± 1.35 % ใกล้เคียงกับปริมาณไขมันของตัวอ่อนหลังปฏิสนธิ 1 ชั่วโมง (72.90 ± 2.68 %) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) กับตัวอ่อนปะการังอายุ 1 วัน (67.83 ± 2.06 %) , 2 วัน (60.23 ± 1.74 %) และ 4 วัน (50.50 ± 1.00 %) ทั้งนี้ ได้ทำการลงแผ่นกระเบื้องเพื่อใช้ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในวันที่ 4 และได้เก็บตัวอย่างปะการังหลังวันลงเกาะ 1 วัน ซึ่งปริมาณไขมันของปะการังอายุ 4 วันและปะการังระยะหลังลงเกาะ (46.08 ± 0.89 %) มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน ปริมาณไขมันในปะการังลดลงอย่างมาก (16.95 ± 1.31 %)

ในขณะที่ปะการังอายุ 6 เดือน (22.77 ± 1.38 %) มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจากเดิมสูงกว่าปะการังอายุ 1 เดือน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันลดลงอีกครั้งเมื่อปะการังอายุ 1 ปี (16.6 ± 31.40 %) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันยังลดลงอีกเล็กน้อยเมื่ออายุ 2 ปี (13.46 ± 1.05 %) ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างอายุ 1 ปี และ 2 ปี



รูปที่ 4.2 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Acropora millepora* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

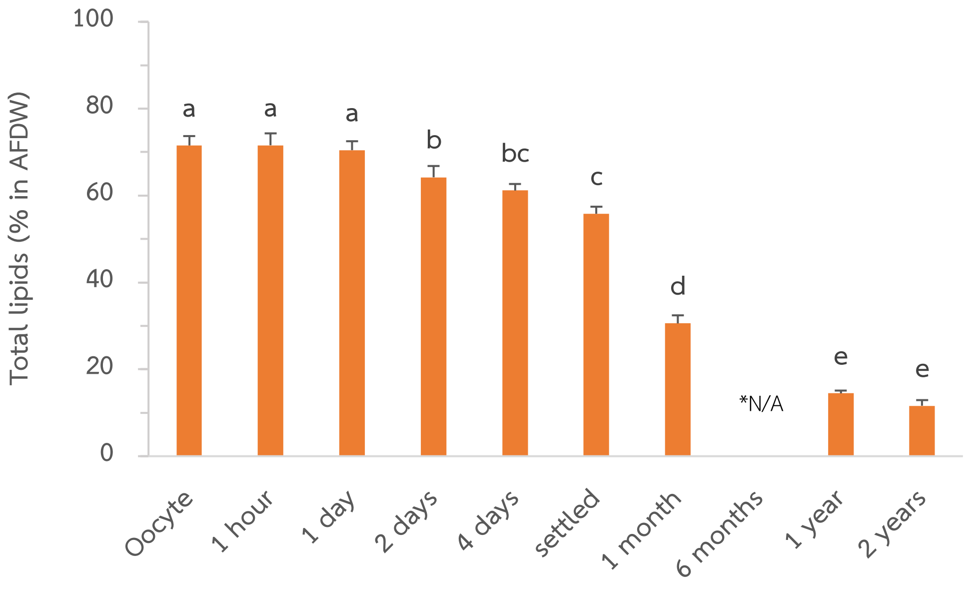
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ : ตัวอักษรยกตามแนวนอนในกราฟที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.1.1.3 ปริมาณไขมันของปะการัง *Platygyra sinensis*

ผลการศึกษาปริมาณไขมันในปะการัง *Platygyra sinensis* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.3 พบว่า ปริมาณไขมันมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะการเติบโต โดยปริมาณไขมันลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเริ่มต้นเซลล์ไข่มีปริมาณไขมัน 71.53 ± 2.16 % และปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านไป 1 ชั่วโมง (71.58 ± 2.74 %) และ 1 วัน (70.46 ± 2.05 %)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันที่ลดลงในระยะเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งปริมาณไขมันของตัวอ่อนปะการังอายุ 2 วัน (64.21 ± 2.60 %) และอายุ 4 วัน (61.15 ± 1.52 %) มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้ ได้ทำการลงแผ่นกระเบื้องเพื่อใช้ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในวันที่ 4 และได้เก็บตัวอย่างปะการังหลังวันลงเกาะ 1 วัน ซึ่งปริมาณไขมันของปะการังอายุ 4 วันและปะการังระยะหลังลงเกาะ (55.80 ± 1.63 %) มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน ปริมาณไขมันในปะการังลดลงอย่างมาก (30.57 ± 1.86 %) และลดลงต่อเนื่องไปถึงอายุ 1 ปี (14.46 ± 0.64 %) และ 2 ปี (11.62 ± 1.30 %) ทั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณไขมันของปะการังอายุ 1 ปี และ 2 ปี แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปะการังอายุ 1 เดือน ($p < 0.05$) อนึ่ง ปะการัง *Platygyra sinensis* อายุ 6 เดือน ในโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังรอบปีที่เก็บตัวอย่าง มีจำนวนที่รอดชีวิตน้อย จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ไขมันได้



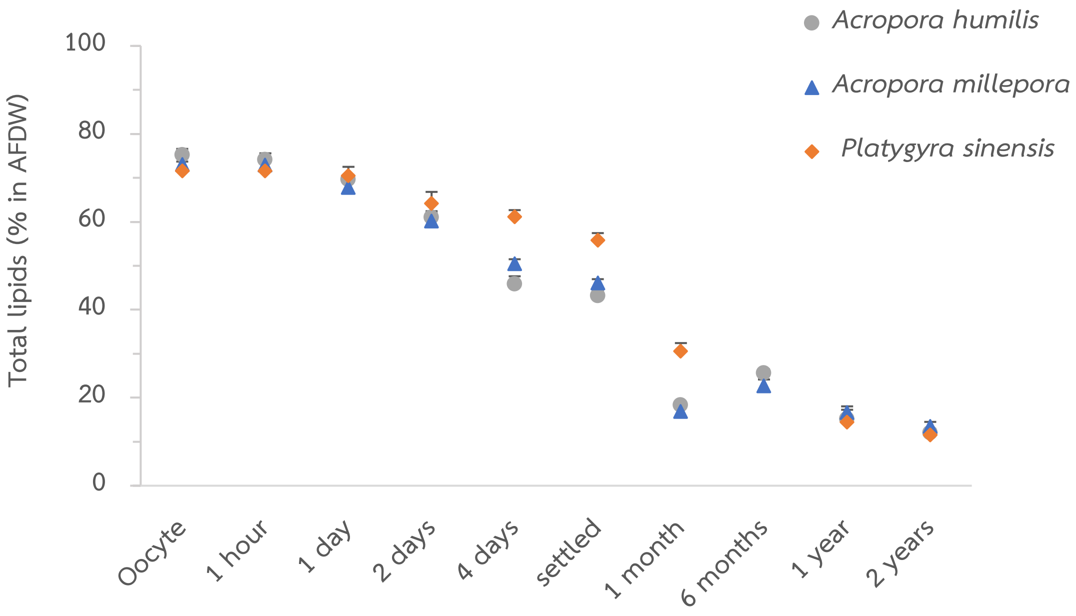
รูปที่ 4.3 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการัง *Platygyra sinensis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

หมายเหตุ : ตัวอักษรยกตามแนวนอนในกราฟที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

* N/A: Not available = ไม่มีข้อมูล

4.1.1.4 เปรียบเทียบปริมาณไขมันของปะการังแต่ละชนิดตามระยะการเติบโต

จากการเปรียบเทียบปริมาณไขมันของปะการังแต่ละชนิด ได้แก่ ปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis, Acropora humilis* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.4 พบว่า ปริมาณไขมันของปะการังทั้ง 3 ชนิด ตั้งแต่ระยะเซลล์ไข่ถึงระยะตัวอ่อนอายุ 2 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ตัวอ่อนปะการังอายุ 4 วัน ของปะการังแต่ละชนิด มีปริมาณไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันของปะการังระยะหลังลงเกาะ ปะการังอายุ 1 เดือน และ 6 เดือน ของปะการังเขากวางทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างกับปะการังสมองอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) โดยปริมาณไขมันของปะการังสมองในการเติบโตระยะต้นลดลงน้อยกว่าปะการังเขากวาง อย่างไรก็ตาม ในปะการังอายุ 1 ปี และ 2 ปี ของปะการังทั้ง 3 ชนิด ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

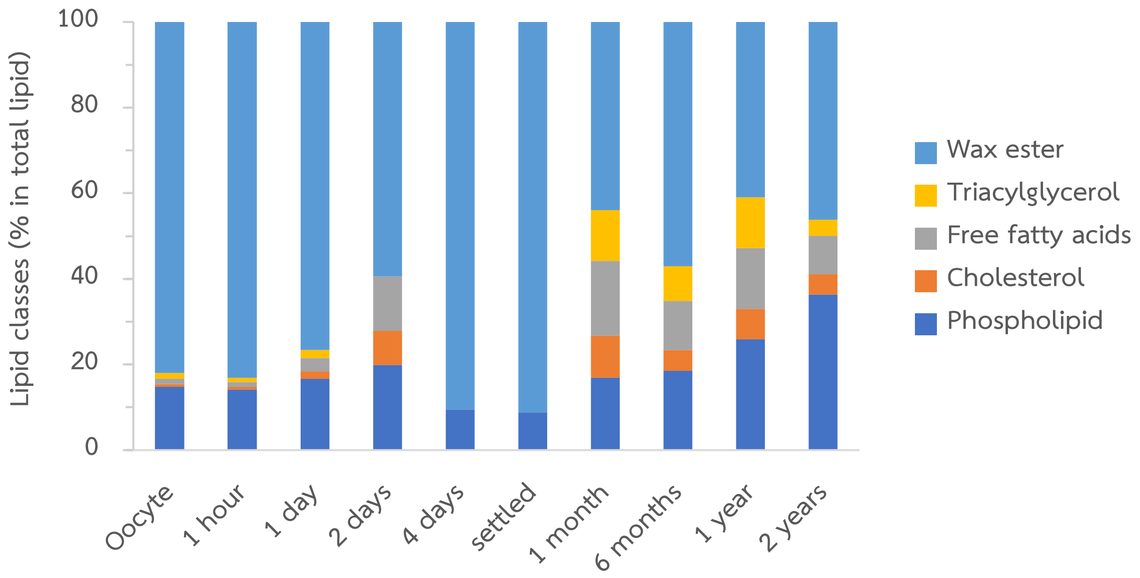


รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการังแต่ละชนิดตามระยะการเติบโต/อายุ

4.1.2 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

4.1.2.1 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Acropora humilis*

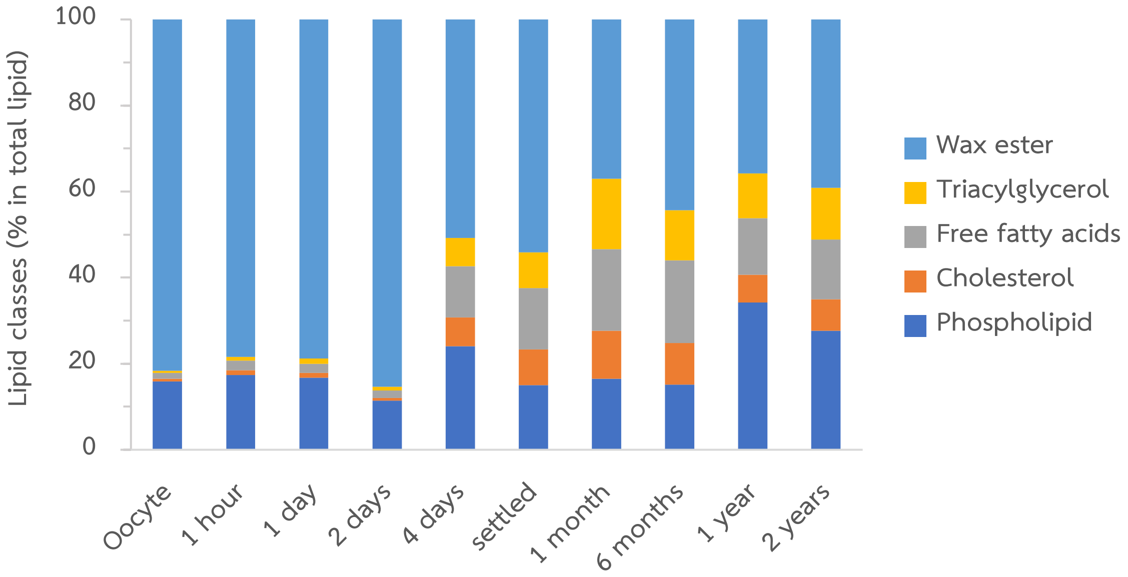
ผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora humilis* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.5 พบไขมันทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ wax ester, triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid ในทุกระยะการเติบโต ยกเว้น ปะการังระยะตัวอ่อนอายุ 2 วัน ไม่พบ triacylglycerol นอกจากนี้ ปะการังระยะตัวอ่อนอายุ 4 วัน และปะการังระยะหลังลงเกาะ ไม่พบ triacylglycerol, free fatty acids และ cholesterol อนึ่ง สัดส่วนชนิดไขมันในปะการังแตกต่างกันไปตามแต่ละอายุ โดยมี wax ester เป็นไขมันชนิดเด่น ที่มีสัดส่วนมากที่สุดในทุกระยะการเติบโต เริ่มต้นเซลล์ไข่มี wax ester 81.95 % และมีแนวโน้มสัดส่วนลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ขณะที่ไขมันที่เหลืออีก 4 ชนิด มีแนวโน้มของสัดส่วนชนิดไขมันเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.5 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora humilis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

4.1.2.2 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Acropora millepora*

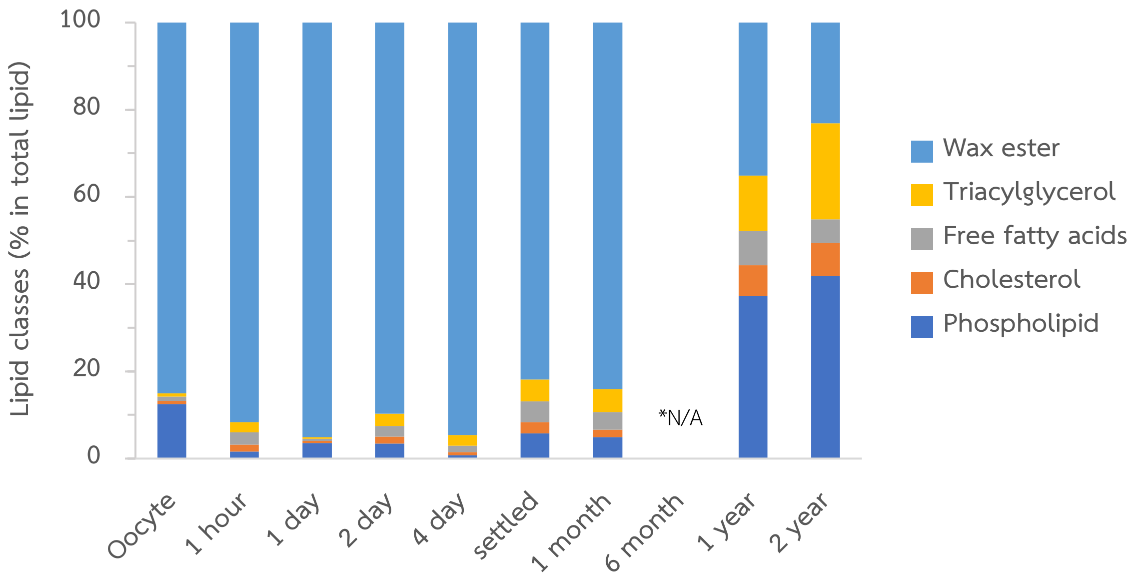
ผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora millepora* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.6 พบไขมันทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ wax ester, triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid ในทุกระยะการเติบโตอนึ่ง สัดส่วนชนิดไขมันในปะการังแตกต่างกันไปตามแต่ละอายุ โดยมี wax ester เป็นไขมันชนิดเด่นที่มีสัดส่วนมากที่สุดในทุกระยะการเติบโต ซึ่งเซลล์ไข่เริ่มต้นมี wax ester 81.67 % และมีแนวโน้มสัดส่วนลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น และลดลงอย่างชัดเจนเมื่อปะการังอายุ 4 วัน ตรงข้ามกับสัดส่วนชนิดไขมันที่เหลืออีก 4 ชนิด ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น



รูปที่ 4.6 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Acropora millepora* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

4.1.2.3 องค์ประกอบชนิดไขมันปะการัง *Platygyra sinensis*

ผลการศึกษาองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Platygyra sinensis* ตามระยะการเติบโตหรืออายุของปะการัง แสดงในรูปที่ 4.7 พบไขมันทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ wax ester, triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid ในทุกระยะการเติบโต ซึ่งสัดส่วนชนิดไขมันแตกต่างกันไปตามแต่ละอายุ โดยมี wax ester เป็นไขมันชนิดเด่น ที่มีสัดส่วนมากที่สุดในระยะเซลล์ไข่ถึงปะการังอายุ 1 เดือน ขณะที่ปะการังอายุ 1 ปี และ 2 ปี มี phospholipid เป็นไขมันชนิดเด่น ทั้งนี้ เซลล์ไข่เริ่มต้นมี wax ester 85.00 % และมีแนวโน้มสัดส่วนลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น และลดลงอย่างชัดเจนในปะการังอายุ 1 ปี ตรงข้ามกับสัดส่วนชนิดไขมันที่เหลืออีก 4 ชนิด ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น อนึ่ง ปะการัง *Platygyra sinensis* อายุ 6 เดือน ในโรงเพาะขยายพันธุ์ปะการังรอบปีที่เก็บตัวอย่าง มีจำนวนที่รอดชีวิตน้อย จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ไขมันได้

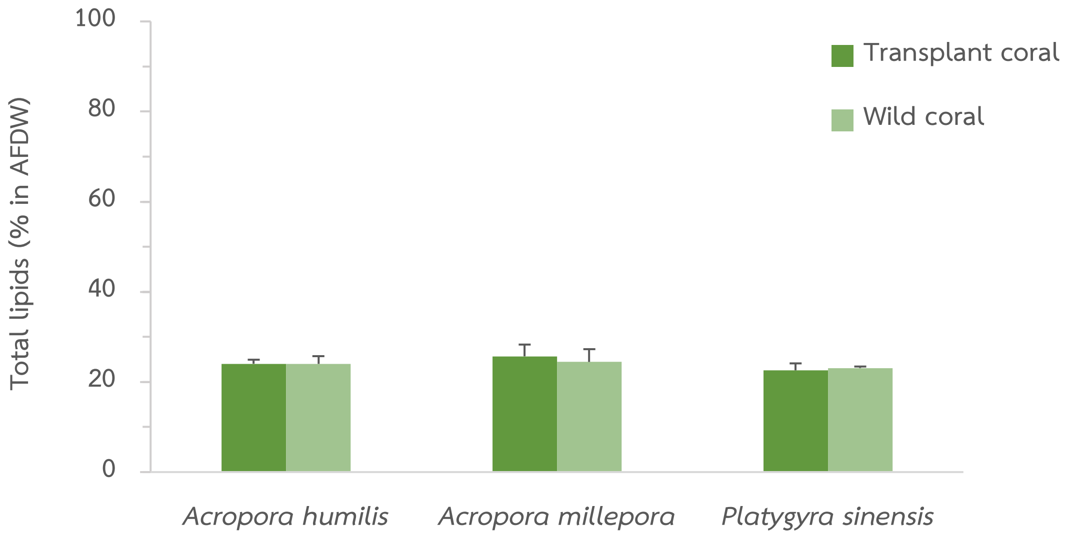


รูปที่ 4.7 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการัง *Platygyra sinensis* แต่ละระยะการเติบโต/อายุ

* N/A: Not available = ไม่มีข้อมูล

4.2 ปริมาณไขมันของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังตามธรรมชาติ

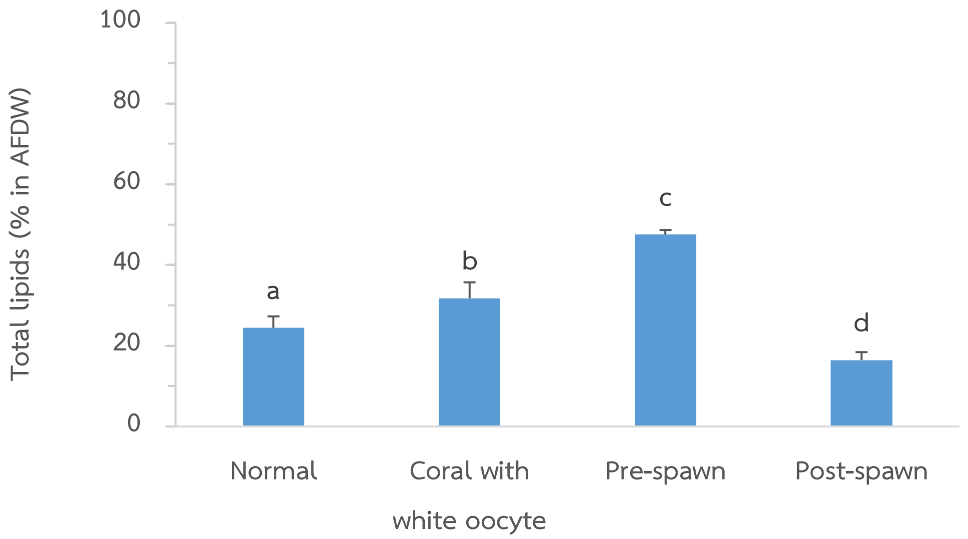
ผลการศึกษาปริมาณไขมันในปะการังระยะโตเต็มวัย ของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติ (ปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล) และปะการังตามธรรมชาติ (ปะการังที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ) ในปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis*, *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่า ปะการัง *Acropora humilis* ที่ย้ายปลูกมีปริมาณไขมัน 24.03 ± 0.91 % ใกล้เคียงกับปะการังตามธรรมชาติ 24.00 ± 1.72 % ซึ่งไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับปะการัง *Acropora millepora* (ปริมาณไขมันในปะการังย้ายปลูก 25.68 ± 2.61 %, ปะการังตามธรรมชาติ 24.44 ± 2.83 %) และปะการัง *Platygyra sinensis* (ปริมาณไขมันในปะการังย้ายปลูก 22.58 ± 1.54 %, ปะการังตามธรรมชาติ 23.09 ± 0.33 %) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปะการังทั้ง 3 ชนิด ทั้งปะการังย้ายปลูกและปะการังตามธรรมชาติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.8 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ของปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล (transplant coral) และปะการังตามธรรมชาติ (wild coral) ในปะการังแต่ละชนิด

4.3 ปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora*

ผลการศึกษาปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* แสดงในรูปที่ 4.9 พบว่า ปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณไขมันของปะการังระยะปกติที่ยังไม่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์คือ 24.44 ± 2.83 % ทั้งนี้ ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยช่วงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ระยะต้น พบปะการังสร้างเซลล์ไข่ที่มีลักษณะสีขาวขนาดเล็กภายในโพลิป ซึ่งระยะนี้ปะการังมีปริมาณไขมัน 31.76 ± 3.95 % และต่อเนื่องมาถึงก่อนปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 1 วัน ปะการังมีปริมาณไขมันสูงสุด 47.54 ± 1.12 % และลดลงอย่างมากหลังปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ 1 วัน ปริมาณไขมันลดลงเหลือ 16.44 ± 1.97 % ซึ่งน้อยกว่าปะการังในระยะปกติที่ไม่มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์



รูปที่ 4.9 ปริมาณไขมันโดยเฉลี่ย (± S.E.) ในช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora*

หมายเหตุ : ตัวอักษรยกตามแนวนอนในกราฟที่ต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

5.1.1 ปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในแต่ละระยะการเติบโตของปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis* และ *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* ที่มาจากการเพาะฟักในระบบอนุบาล โดยเก็บเซลล์สืบพันธุ์จากแนวปะการังในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ขณะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ตามธรรมชาติ พบว่าปริมาณไขมันของไข่ปะการังทั้ง 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้ *Acropora humilis* 75.26 %, *Acropora millepora* 73.07 %, และ *Platygyra sinensis* 71.53 % ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในไข่ปะการัง *Acropora millepora* จากเกาะ Orpheus ประเทศออสเตรเลีย มีปริมาณไขมันอยู่ที่ 69.1 % (Arai et al., 1993) และปะการัง *Goniastrea retiformis* จาก Okinawa ประเทศญี่ปุ่น มีปริมาณไขมัน 78.8 % (Figueiredo et al., 2012) ทั้งนี้ ปริมาณไขมันในไข่ปะการังที่มีจำนวนมากนี้ ส่งผลให้ตัวอ่อนปะการังรอดชีวิตได้นานจากการเผาผลาญพลังงานสำรองซึ่งมีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักมาใช้ในการดำรงชีวิต ดังนั้นตัวอ่อนปะการังเหล่านี้จึงสามารถล่องลอยอยู่ในมวลน้ำได้นานและมีโอกาสแพร่กระจายออกไปได้ไกล จากการศึกษาในตัวอ่อนปะการัง *Acropora latistella* จากเกาะ Magnetic และเกาะ Orpheus ทางตอนกลางของเกรตแบร์ริเออร์รีฟ ประเทศออสเตรเลีย สามารถมีชีวิตอยู่ในระยะตัวอ่อนล่องลอยในมวลน้ำได้นานสูงสุด 209 วัน (Graham et al., 2008) และตัวอ่อนปะการัง *Platygyra daedalea* จากเกาะ Heron ทางตอนใต้ของเกรตแบร์ริเออร์รีฟ ประเทศออสเตรเลีย สามารถรอดชีวิตได้นานสูงสุด 124 วัน (Nozawa and Harrison, 2000) ในขณะที่ปะการัง *Heliopora coerulea* ซึ่งปะการังชนิดนี้มีลักษณะการสืบพันธุ์แบบปล่อยตัวอ่อนระยะว่ายน้ำจากโคโลนีออกสู่มวลน้ำ ตัวอ่อนปะการังชนิดนี้มีปริมาณไขมันเพียง 54.2% และสามารถรอดชีวิตได้นานสูงสุด 30 วัน แตกต่างจากปะการัง *Pocillopora damicornis* ที่มีการสืบพันธุ์ลักษณะ

เดียวกัน ตัวอ่อนสามารถรอดชีวิตได้สูงสุดนาน 100 วัน (Harii et al., 2002) เนื่องจากตัวอ่อนระยะว่ายน้ำของ *Heliopora coerulea* ไม่มีสาหร่ายซูแซนเทลลีร่วมอาศัย ขณะที่ตัวอ่อนของ *Pocillopora damicornis* ได้รับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากโคโลนีแม่พันธุ์ ทำให้สามารถสังเคราะห์แสงสร้างพลังงานได้ตั้งแต่ระยะตัวอ่อน (Harii et al., 2010; Richmond, 1982) จึงมีอัตราการรอดชีวิตที่นานกว่า

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในระยะตัวอ่อน จากเซลล์ไข่ไปเป็นตัวอ่อนหลังปฏิสนธิ 1 ชั่วโมง ปริมาณไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากระยะนี้เซลล์ไข่หลังได้รับการปฏิสนธิเริ่มมีการแบ่งเซลล์ ต่อเนื่องมาถึงตัวอ่อนอายุ 1 วัน มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากเซลล์ไข่ที่มีลักษณะทรงกลมกลายเป็นตัวอ่อนปะการังที่มีรูปร่างกลมแบน ลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ และกลับมามีลักษณะกลมอีกครั้งเมื่อมีอายุ 2 วัน กลายเป็นตัวอ่อนว่ายน้ำระยะเริ่มต้นที่ยังว่ายน้ำไม่ได้หรือว่ายได้เล็กน้อย ต่อมาพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะว่ายน้ำอายุ 4 วัน ที่มีลักษณะกลมรี สามารถว่ายน้ำได้อย่างรวดเร็วและมีพฤติกรรมคืบคลานหาที่ลงเกาะบนพื้นผิว (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550; พีรดนย์ เกิดผล, 2559) โดยปริมาณไขมันมีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงการเติบโตระยะต้นจากเซลล์ไข่ถึงตัวอ่อนระยะว่ายน้ำก่อนการลงเกาะ ตัวอ่อนเหล่านี้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไขมันประมาณ 20 – 30 % ในปะการังเขากวาง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Harii et al. (2007) ในปะการังเขากวาง *Acropora tenuis* ซึ่งตัวอ่อนมีปริมาณไขมันลดลงประมาณ 22 % หลังผ่านไป 5 วัน ขณะที่ปะการังสมองในการศึกษาครั้ง นี้มีปริมาณไขมันลดลงต่ำกว่าปะการังเขากวาง มีค่าอยู่ที่ประมาณ 10 % สอดคล้องกับการศึกษาในตัวอ่อนปะการัง *Goniastrea aspera* ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์เดียวกับปะการัง *Platygyra sinensis* ที่มีอัตราการเผาผลาญพลังงานโดยใช้ออกซิเจน (oxygen consumption) ต่ำกว่าตัวอ่อนของปะการังเขากวาง (Graham et al., 2013) โดยตัวอ่อนปะการังจะมีอัตราการเผาผลาญพลังงานโดยใช้ออกซิเจนสูงสุดในช่วงตัวอ่อนระยะว่ายน้ำ เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระนาบแนวดิ่ง (Okubo et al., 2008) ทั้งนี้ ปริมาณไขมันของตัวอ่อนปะการังอายุ 4 วัน และปะการังระยะหลังลงเกาะ มีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากตัวอ่อนปะการังมีการลงเกาะอย่างรวดเร็วหลังทำการลงแผ่นกระเบื้องเพื่อใช้ในการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังในวันที่ 4 รวมถึงหลังจากการลงเกาะปะการังจะมีอัตราการเผาผลาญพลังงานโดยใช้ออกซิเจนลดน้อยลง (Okubo et al., 2008) อนึ่ง การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในระยะตัวอ่อน เกี่ยวข้องกับการที่ไขมันถูกนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนา การว่ายน้ำเคลื่อนที่ หรืออื่น ๆ

เพื่อหาพื้นที่ลงเกาะที่เหมาะสมต่อการเติบโต (Graham et al., 2013; Harii et al., 2002; Richmond, 1987)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของปะการังหลังการลงเกาะบนพื้นผิว พบว่าจากปะการังระยะหลังลงเกาะไปเป็นปะการังอายุ 1 เดือน มีปริมาณไขมันลดลงประมาณ 25 – 30 % เนื่องจากปะการังจำเป็นต้องใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานหลักในการดำรงชีวิต จนกว่าจะรับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากมวลน้ำภายนอกเข้ามาร่วมอาศัยภายในเนื้อเยื่อ ซึ่งสาหร่ายซูแซนเทลลีจะเข้าสู่เนื้อเยื่อปะการังภายใน 1 เดือน (Hayashibara et al., 1997; ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) อย่างไรก็ตาม อัตราการใช้พลังงานของปะการังจะลดต่ำลงภายใน 1 สัปดาห์หลังการปฏิสนธิ (Graham et al., 2013; Harii et al., 2007; Okubo et al., 2008) หลังจากปะการังรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้าสู่เนื้อเยื่อแล้ว สาหร่ายซูแซนเทลลีจะสังเคราะห์แสงสร้างอาหารให้ปะการังใช้ในการดำรงชีวิตเป็นหลัก และเมื่อมีพลังงานบางส่วนหลงเหลือจะถูกเก็บสะสมในรูปของไขมัน (Chen et al., 2017) เป็นเหตุผลให้ปะการังอายุ 6 เดือน ในการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจากปะการังอายุ 1 เดือน ทั้งนี้ หลังจากผ่านไป 1 ปี ปริมาณไขมันในปะการังกลับลดลงเนื่องจากปะการังที่เพาะเลี้ยงในระบบเพาะฟัก มีปัจจัยแวดล้อมจำกัด เช่น แสง การหมุนเวียนน้ำและปริมาณสารอาหารในมวลน้ำที่น้อยกว่าทะเลตามธรรมชาติ (Sheridan et al., 2013) ในทางกลับกัน อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติค่อนข้างน้อย เนื่องจากปริมาณตะกอนและมลพิษ รวมถึงมีโอกาสในการถูกล่าสูง (Westneat and Resing, 1988) นอกจากนี้ เมื่อผ่านไป 2 ปี ปะการังมีปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณไขมันของปะการังวัยอ่อนอายุ 1 ปี และ 2 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.2 องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังในแต่ละระยะการเติบโต

จากการศึกษานี้ พบว่าเซลล์ไข่ของปะการังที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด มีไขมัน wax ester, triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid เป็นองค์ประกอบ โดยมี wax ester เป็นไขมันชนิดเด่นที่มีสัดส่วนมากที่สุด เริ่มต้นเซลล์ไข่มี wax ester โดยประมาณมากกว่า 80 % เช่นเดียวกับการศึกษาของ Arai et al. (1993) ในไข่ปะการัง *Acropora millepora* จากเกาะ Orpheus ประเทศออสเตรเลีย พบว่ามีสัดส่วน wax ester 81.8 % และจากการศึกษา

ของ Figueiredo et al. (2012) ในไข่ปะการัง *Goniastrea retiformis* จาก Okinawa ประเทศญี่ปุ่น พบว่ามีสัดส่วน wax ester 86.3 % รวมถึงจากการศึกษาของ Okubo et al. (2020) ในปะการัง *Dipsastraea lizardensis* จากเกาะ Sesoko, Okinawa ประเทศญี่ปุ่น พบว่ามีสัดส่วน wax ester 87 % ซึ่งโดยทั่วไปเซลล์ไข่ปะการังมีสัดส่วนชนิดไขมันเป็น wax ester ประมาณ 60 – 80 % (Harii et al., 2007; Harii et al., 2010; Padilla-Gamiño et al., 2013) ทั้งนี้ wax ester ที่มีสัดส่วนสูงในไข่ปะการัง มีส่วนสำคัญในการช่วยให้ของเซลล์สืบพันธุ์ปะการังลอยขึ้นมาผสมกันบนผิวน้ำ (Arai et al., 1993; Okubo et al., 2020) เพื่อเพิ่มโอกาสให้เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังต่างโคโลนีมีการปฏิสนธิกัน ส่งผลต่อการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม (Harrison, 2011) นอกจากนี้ wax ester ยังเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ตัวอ่อนปะการังได้รับจากโคโลนีแม่พันธุ์ผ่านเซลล์สืบพันธุ์ เพื่อใช้ในกระบวนการพัฒนาและดำรงชีวิตระหว่างล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ รวมถึงหลังลงเกาะก่อนจะรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้าร่วมอาศัยภายในเนื้อเยื่อ (Figueiredo et al., 2012)

ในการศึกษาครั้งนี้ องค์ประกอบชนิดไขมันในปะการัง มีการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนชนิดไขมันตามระยะการเติบโต โดยพบว่า wax ester มีแนวโน้มสัดส่วนลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นในปะการังทุกชนิดที่ศึกษา เนื่องจาก wax ester เป็นแหล่งพลังงานสำรองที่ถูกเผาผลาญเพื่อเป็นพลังงานสำหรับใช้ในการดำรงชีวิตในปะการังระยะตัวอ่อนเป็นหลัก (Harii et al., 2007) ขณะที่ปะการัง *Heliopora coerulea* มีสัดส่วน wax ester น้อยกว่า phospholipid เนื่องจากตัวอ่อนปะการังชนิดนี้ถูกปล่อยออกจากโคโลนีสู่มวลน้ำในระยะตัวอ่อนว่ายน้ำ และมีการลงเกาะบนพื้นผิวอย่างรวดเร็ว ซึ่งการที่สัดส่วนของ wax ester น้อยส่งผลต่อความสามารถในการลอยตัว ดังนั้นตัวอ่อนปะการังชนิดนี้จึงลงเกาะบนพื้นผิวได้ง่าย (Harii et al., 2002) ในทางกลับกัน สัดส่วนชนิดไขมันของไขมันที่เหลืออีก 4 ชนิด ได้แก่ triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid มีแนวโน้มสัดส่วนเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในระยะการเติบโตจากเซลล์ไข่ถึงตัวอ่อนปะการังระยะหลังลงเกาะก่อนรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้ามาภายในเนื้อเยื่อนั้น ปะการังมีการเผาผลาญ wax ester เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต ปริมาณไขมันลดลง สัดส่วน triacylglycerol, free fatty acids, cholesterol และ phospholipid จึงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ หลังจากปะการังรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้ามาภายในเนื้อเยื่อแล้ว สาหร่ายซูแซนเทลลีจะสร้างพลังงานให้ปะการังใช้ในการดำรงชีวิต รวมถึงผลิตไขมันโดยส่งผ่าน lipid body (LB) สู่ปะการัง (Chen et al., 2021) เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เป็นผลให้สัดส่วนของชนิดไขมันเหล่านี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สูงขึ้นอีกด้วย อนึ่ง cholesterol และ phospholipid เป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และเยื้อหุ้มออร์แกเนลล์ต่าง ๆ (Imbs, 2013)

องค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังที่ศึกษาทุกชนิด พบไขมันทั้ง 5 ชนิด ในทุกระยะการเติบโต ยกเว้น ปะการัง *Acropora humilis* ที่ไม่พบ triacylglycerol ในตัวอ่อนปะการังอายุ 2 วัน ถึงระยะหลังลงเกาะ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lin et al. (2013) ที่ไม่พบ triacylglycerol หรือตรวจพบน้อยมาก (น้อยกว่า 1 %) ในระยะเซลล์ไข่ปะการัง เนื่องจาก triacylglycerol เป็นพลังงานสำรองเช่นเดียวกับ wax ester ซึ่ง triacylglycerol อาจถูกเผาผลาญเป็นลำดับแรกเพื่อใช้เป็นพลังงานในตัวอ่อนปะการังบางชนิด นอกจากนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ปะการัง *Acropora humilis* ไม่พบ free fatty acids และ cholesterol ในตัวอ่อนปะการังอายุ 4 วัน และระยะหลังลงเกาะ เนื่องมาจาก free fatty acids และ cholesterol รวมถึง triacylglycerol ถูกเผาพลาญเป็นพลังงานและใช้หมดไป อีกทั้ง triacylglycerol และ free fatty ปะการังไม่สามารถสร้างได้ด้วยตัวเอง ต้องอาศัยการผลิตจากสาหร่ายซูแซนเทลลี ซึ่งส่งผ่าน lipid body มาสู่เนื้อเยื่อปะการัง (Chen et al., 2015; Chen et al., 2017) ซึ่งเมื่อพิจรณาในตัวอ่อนปะการังที่ได้รับสาหร่ายซูแซนเทลลีจากโคโลนีแม่พันธุ์ เช่น *Pocillopora damicornis* และ *Montipora digitata* พบสัดส่วนของ triacylglycerol มากกว่าตัวอ่อนปะการังที่ไม่มีสาหร่ายซูแซนเทลลีร่วมอาศัยอีกด้วย (Harii et al., 2010) นอกจากนั้น cholesterol ถึงจะไม่ถูกส่งผ่าน lipid body จากสาหร่ายซูแซนเทลลี แต่ปะการังสามารถสร้างได้ด้วยตัวเอง (Chen et al., 2015) รวมถึงได้รับจากการใช้ tentacle ในการจับเหยื่อที่มีขนาดเล็กกินเป็นอาหาร (Palardy et al., 2005) ดังนั้น จะเห็นได้จากปะการัง *Acropora humilis* ในการศึกษานี้ที่พบองค์ประกอบชนิดไขมันทั้ง 5 ชนิด อีกครั้ง ตั้งแต่ปะการังอายุ 1 เดือนขึ้นไปหลังจากปะการังรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้าสู่เนื้อเยื่อแล้ว

5.2 ปริมาณไขมันของปะการังเพาะฟักที่นำกลับคืนสู่ธรรมชาติและปะการังตามธรรมชาติ

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไขมันในปะการังระยะโตเต็มวัย ของปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล และปะการังที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ ในปะการังเขากวาง 2 ชนิด *Acropora humilis*, *Acropora millepora* และปะการังสมอง 1 ชนิด *Platygyra sinensis* บริเวณพื้นที่อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปะการัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ย้ายปลูกและปะการังตามธรรมชาติ รวมถึงไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดอีกด้วย ทั้งนี้ ปะการังระยะโตเต็มวัยในการศึกษานี้ มีปริมาณไขมันประมาณ 22 – 25 % ซึ่งโดยทั่วไปปะการังระยะโตเต็มวัยมีไขมันในเนื้อเยื่อประมาณ 10 – 30 % ของน้ำหนักแห้ง (Imbs, 2013; Yamashiro et al., 1999) ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง อุณหภูมิ ความลึก (Hamoutene et al., 2008; Imbs and Yakovleva, 2012; Treignier et al., 2008) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ปะการังเพาะฟักที่ย้ายปลูกสู่ทะเล ซึ่งมาจากการเพาะขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีปริมาณไขมันเทียบเท่าปะการังตามธรรมชาติ กล่าวได้ว่าปะการังที่มาจากการเพาะฟักแบบอาศัยเพศ มีศักยภาพทัดเทียมกับปะการังตามธรรมชาติในเรื่องของไขมัน ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงสมรรถภาพ ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และการรอดชีวิตของปะการังได้ (Bergé and Barnathan, 2005)

5.3 ปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง *Acropora millepora*

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไขมันช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของปะการังเขากวาง *Acropora millepora* บริเวณแนวปะการังเขื่อนกันคลื่นเกาะเตาหม้อ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณไขมันของปะการังในแต่ละช่วงการพัฒนาและปล่อยเซลล์สืบพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยปริมาณไขมันของปะการังเพิ่มสูงขึ้นช่วงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งปะการังชนิดนี้มีลักษณะการสืบพันธุ์แบบ hermaphroditic spawner ที่สามารถปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ทั้งเซลล์ไข่และสเปิร์มได้ในเวลาเดียวกันและมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ครั้งเดียวในรอบปี (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) ช่วงต้นของการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์พบเซลล์ไข่มีลักษณะกลมขนาดเล็ก สีขาวอยู่ภายในโพลิปปะการัง และเมื่อพร้อมปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ปะการังมีเซลล์ไข่สีชมพูเข้มพร้อมถุงสเปิร์ม ทั้งนี้ สีของเซลล์ไข่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดปะการัง (Harrison et al., 1984) ซึ่งปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นสูงสุดช่วงก่อนปล่อยเซลล์สืบพันธุ์และปริมาณไขมันในเนื้อเยื่อลดลงประมาณ 30 % หลังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Conlan et al. (2020) ในปะการัง *Acropora millepora* จากเกาะ Halfway ทางตอนใต้ของเกรตแบร์ริเออร์รีฟ ประเทศออสเตรเลีย ที่ปริมาณไขมันลดลงอย่างผิดปกติหลังจากมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ เนื่องจากปะการังใช้พลังงานส่วนมากไปกับการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์ไข่ของปะการังประกอบด้วยไขมันเป็นจำนวนมาก (Okubo et al., 2020) หลังการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ปะการังจึงมีปริมาณไขมันลงลดอย่างมาก (Leuzinger et al., 2003; Sale et al.,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2019) อย่างไรก็ตาม หากปะการังมีสภาวะที่ผิดปกติ เช่น มีการแตกหักของชิ้นส่วนปะการัง ปะการังจะทำการสลายเซลล์สืบพันธุ์และนำพลังงานไปใช้ในการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย เพื่อเอาชีวิตรอด แทนการนำพลังงานไปใช้ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Okubo et al., 2007)

จากการศึกษาที่ผ่านมา ปริมาณและองค์ประกอบชนิดไขมันของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะการเติบโต เริ่มต้นเซลล์ไข่มีปริมาณไขมันเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง wax ester ซึ่งเป็นไขมันชนิดเด่นที่มีสัดส่วนมากที่สุด ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในการดำรงชีวิตของตัวอ่อนปะการังหลังการปฏิสนธิก่อนที่จะรับสาหร่ายซูแซนเทลลีเข้าร่วมอาศัยภายในเนื้อเยื่อ หลังจากนั้นสาหร่ายซูแซนเทลลีจะทำหน้าที่สร้างพลังงานรวมถึงไขมันให้ปะการังใช้ในการดำรงชีวิตเป็นหลัก (Chen et al., 2017) ทั้งนี้ การที่ไข่ปะการังประกอบด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปริมาณไขมันจำนวนมากนี้ถูกถ่ายทอดผ่านโคโลนีแม่พันธุ์ระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ภายในโพลิปปะการัง ดังนั้นไขมันในปะการังจึงลดลงอย่างมากหลังมีการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่มวลน้ำ และ wax ester ที่มีสัดส่วนสูงในไข่ปะการัง มีส่วนช่วยให้เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังลอยขึ้นมาผสมกันบนผิวน้ำ เพิ่มโอกาสให้เซลล์สืบพันธุ์ของปะการังต่างโคโลนีผสมกัน ส่งผลต่อการเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม (Harrison, 2011) อย่างไรก็ตาม อัตรารอดของตัวอ่อนปะการังในธรรมชาติมีน้อยมาก เทคนิคการเพาะขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศจึงมีบทบาทสำคัญในการฟื้นฟูแนวปะการัง จากการที่ปะการังเพาะฟักได้รับการดูแลในระบบเลี้ยงส่งผลให้มีอัตรารอดมากกว่าปะการังในธรรมชาติ (ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550) ซึ่งเมื่อย้ายปลูกสู่ทะเล ในปะการังระยะโตเต็มวัยมีปริมาณไขมันเทียบเท่าปะการังที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ การศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของไขมันซึ่งถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของปะการัง ตั้งแต่การปฏิสนธิ การพัฒนาและแพร่กระจายของตัวอ่อน การเติบโต และการสืบพันธุ์ สามารถสร้างความเข้าใจในบทบาทของไขมันต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของปะการัง และนำมาประกอบการจัดการปะการังเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรแนวปะการังต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Anthony, K., Hoogenboom, M., Maynard, J., Grottoli, A. and Middlebrook, R., 2009. Energetics approach to predicting mortality risk from environmental stress: A case study of coral bleaching. Functional Ecology, 23: 539-550.

Anthony, K.R.N., 1999. Coral suspension feeding on fine particulate matter. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 232(1): 85-106.

Arai, I. et al., 1993. Lipid composition of positively buoyant eggs of reef building corals. Coral Reefs, 12(2): 71-75.

Bergé, J.-P. and Barnathan, G., 2005. Fatty Acids from Lipids of Marine Organisms: Molecular Biodiversity, Roles as Biomarkers, Biologically Active Compounds, and Economical Aspects. Advances in biochemical engineering/biotechnology, 96: 49-125.

Berry, K.L.E., Hoogenboom, M.O., Brinkman, D.L., Burns, K.A. and Negri, A.P., 2017. Effects of coal contamination on early life history processes of a reef-building coral, *Acropora tenuis*. Marine Pollution Bulletin, 114(1): 505-514.

Carlon, D.B. and Olson, R.R., 1993. Larval dispersal distance as an explanation for adult spatial pattern in two Caribbean reef corals. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 173(2): 247-263.

Chavanich, S. et al., 2014. Coral restoration techniques in the Western Pacific region. UNESCO-IOC/WESTPAC, Bangkok Office.

Chavanich, S., Siripong, A., Sojisuporn, P. and Menasveta, P., 2005. Impact of Tsunami on the seafloor and corals in Thailand. Coral Reefs, 24: 535-535.

Chen, H.-K., Rosset, S., Wang, L.H. and Chen, C.-S., 2021. The characteristics of host lipid body biogenesis during coral-dinoflagellate endosymbiosis. PeerJ, 9: e11652.

Chen, H.-K. et al., 2015. A Compartmental Comparison of Major Lipid Species in a Coral-Symbiodinium Endosymbiosis: Evidence that the Coral Host Regulates Lipogenesis of Its Cytosolic Lipid Bodies. PLoS One, 10: e0132519.

Chen, H.-K. et al., 2017. Coral lipid bodies as the relay center interconnecting diel-dependent lipidomic changes in different cellular compartments. Scientific

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Reports, 7(1): 3244.

Conlan, J.A., Bay, L.K., Jones, A., Thompson, A. and Francis, D.S., 2020. Seasonal variation in the lipid profile of *Acropora millepora* at Halfway Island, Great Barrier Reef. Coral Reefs, 39(6): 1753-1765.

Edmunds, P., Gates, R. and Gleason, D., 2001. The biology of larvae from the reef coral *Porites astreoides*, and their response to temperature disturbances. Marine Biology, 139: 981-989.

Figueiredo, J. et al., 2012. Ontogenetic change in the lipid and fatty acid composition of scleractinian coral larvae. Coral Reefs, 31(2): 613-619.

Gleason, D. and Hofmann, D., 2011. Coral larvae: From gametes to recruits. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology - J EXP MAR BIOL ECOL, 408.

Graham, E.M., Baird, A.H. and Connolly, S.R., 2008. Survival dynamics of scleractinian coral larvae and implications for dispersal. Coral Reefs, 27(3): 529-539.

Graham, E.M., Baird, A.H., Connolly, S.R., Sewell, M.A. and Willis, B.L., 2013. Rapid declines in metabolism explain extended coral larval longevity. Coral Reefs, 32(2): 539-549.

Grottoli, A.G., Rodrigues, L.J. and Juarez, C., 2004. Lipids and stable carbon isotopes in two species of Hawaiian corals, *Porites compressa* and *Montipora verrucosa*, following a bleaching event. Marine Biology, 145(3): 621-631.

Hamoutene, D., Puestow, T., Miller-Banoub, J. and Wareham, V., 2008. Main lipid classes in some species of deep-sea corals in the Newfoundland and Labrador region (Northwest Atlantic Ocean). Coral Reefs, 27(1): 237-246.

Harii, S., Kayanne, H., Takigawa, H., Hayashibara, T. and Yamamoto, M., 2002. Larval survivorship, competency periods and settlement of two brooding corals, *Heliopora coerulea* and *Pocillopora damicornis*. Marine Biology, 141(1): 39-46.

Harii, S., Nadaoka, K., Yamamoto, M. and Iwao, K., 2007. Temporal changes in settlement, lipid content and lipid composition of larvae of the spawning hermatypic coral *Acropora tenuis*. Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER, 346: 89-96.

Harii, S., Yamamoto, M. and Hoegh-Guldberg, O., 2010. The relative contribution of dinoflagellate photosynthesis and stored lipids to the survivorship of symbiotic

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

larvae of the reef-building corals. Marine Biology, 157: 1215-1224.

Harrison, P. et al., 1984. Mass Spawning in Tropical Reef Corals. Science (New York, N.Y.), 223: 1186-9.

Harrison, P.L., 2011. Sexual Reproduction of Scleractinian Corals. In: Z. Dubinsky and N. Stambler (Editors), Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 59-85.

Hayashibara, T., Ohike, S. and Kakinuma, Y., 1997. Embryonic and larval development and planula metamorphosis of four gamete-spawning Acropora (Anthozoa, Scleractinia), Proceedings of the 8 th International Coral Reef Symposium, Panama, pp. 1231-1236.

Highsmith, R.C., 1982. Reproduction by Fragmentation in Corals. Marine Ecology Progress Series, 7(2): 207-226.

Houlihan, D.F., Carter, C.G. and McCarthy, I.D., 1995. Chapter 8 Protein synthesis in fish. In: P.W. Hochachka and T.P. Mommsen (Editors), Biochemistry and Molecular Biology of Fishes. Elsevier, pp. 191-220.

Imbs, A. and Yakovleva, I., 2012. Dynamics of lipid and fatty acid composition of shallow-water corals under thermal stress: An experimental approach. Coral Reefs - CORAL REEF, 31.

Imbs, A.B., 2013. Fatty acids and other lipids of corals: Composition, distribution, and biosynthesis. Russian Journal of Marine Biology, 39(3): 153-168.

Imbs, A.B., Latyshev, N., Dautova, T. and Latypov, Y., 2010. Distribution of lipids and fatty acids in corals by their taxonomic position and presence of zooxanthellae. Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER, 409: 65-75.

Jones, R., Ricardo, G. and Negri, A., 2015. Effects of sediments on the reproductive cycle of corals. Marine Pollution Bulletin, 100.

Ju, S.-J., Harvey, H., Gómez-Gutiérrez, J. and Peterson, W., 2006. The role of lipids during embryonic development of the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera*. Limnology and oceanography, 51: 2398-2408.

Lee, R., Hagen, W. and Kattner, G., 2006. Lipid storage in marine zooplankton. Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER, 307: 273-306.

Leuzinger, S., Anthony, K.R.N. and Willis, B.L., 2003. Reproductive energy investment in

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

corals: scaling with module size. Oecologia, 136(4): 524-531.

Lin, C., Wang, L.-H., Meng, P.-J., Chen, C.-S. and Tsai, S., 2013. Lipid content and composition of oocytes from five coral species: potential implications for future cryopreservation efforts. PLoS One, 8(2): e57823-e57823.

Lin, C., Wang, L.H., Fan, T.-Y. and Kuo, F., 2012. Lipid Content and Composition during the Oocyte Development of Two Gorgonian Coral Species in Relation to Low Temperature Preservation. PLoS One, 7: e38689.

Lordan, R., Tsoupras, A. and Zabetakis, I., 2017. Phospholipids of Animal and Marine Origin: Structure, Function, and Anti-Inflammatory Properties. Molecules, 22(11): 1964.

Mehdinia, A., Sheijooni Fumani, N., Saleh, A., Vajed Samiei, J. and Seyed Hashtroudi, M., 2015. Seasonal Changes in the Content and Composition of Lipids in *Acropora downingi*. JPG, 6(21): 1-8.

Nozawa, Y. and Harrison, P., 2000. Larval settlement patterns, dispersal potential, and the effect of temperature on settlement of larvae of the reef coral, *Platygyra daedalea*, from the Great Barrier Reef. Proceedings of the 9 th International Coral Reef Symposium, Bali. Indonesia, 23-27, 1: 23-27.

Okubo, N., Motokawa, T. and Omori, M., 2007. When fragmented coral spawn? Effect of size and timing on survivorship and fecundity of fragmentation in Acropora formosa. Marine Biology, 151: 353-363.

Okubo, N., Nakano, Y. and Mita, M., 2020. Lipid composition of gametes in scleractinian reef-building corals: wax-esters generate buoyancy for the gametes. Invertebrate Reproduction & Development, 64(4): 291-295.

Okubo, N., Yamamoto, H., Nakaya, F. and Okaji, K., 2008. Oxygen consumption of a single embryo/planula in the reef-building coral *Acropora intermedia*. Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER, 366: 305-309.

Padilla-Gamiño, J.L. et al., 2013. Are all eggs created equal? A case study from the Hawaiian reef-building coral *Montipora capitata*. Coral Reefs, 32(1): 137-152.

Palacios, E. et al., 2002. Relation between lipid and fatty acid composition of eggs and larval survival in white pacific shrimp (*Penaeus vannamei*, Boone, 1931). Aquaculture International, 9: 531-543.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Palardy, J., Grottoli, A. and Matthews, K., 2005. Effects of upwelling, depth, morphology and polyp size on feeding in three species of Panamanian corals. Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER, 300: 79-89.

Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I. and Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. Aquaculture, 155(1): 103-115.

Raven, J.A. and Beardall, J., 2003. Carbohydrate Metabolism and Respiration in Algae. In: A.W.D. Larkum, S.E. Douglas and J.A. Raven (Editors), Photosynthesis in Algae. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 205-224.

Richmond, R., 1982. Energetic considerations in the dispersal of *Pocillopora damicornis planulae*. Proc. 4Th Int. Coral Reef Symp., Manila, 2: 153-156.

Richmond, R.H., 1987. Energetics, competency, and long-distance dispersal of planula larvae of the coral *Pocillopora damicornis*. Marine Biology, 93(4): 527-533.

Ritson-Williams, R. et al., 2010. New Perspectives on Ecological Mechanisms Affecting Coral Recruitment on Reefs. Smithsonian Contributions to Marine Sciences, 38: 457.

Rodrigues, L.J., Grottoli, A.G. and Pease, T.K., 2008. Lipid class composition of bleached and recovering *Porites compressa* Dana, 1846 and *Montipora capitata* Dana, 1846 corals from Hawaii. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 358(2): 136-143.

Sale, T.L., Hunter, C.L., Hong, C. and Moran, A.L., 2019. Morphology, lipid composition, and reproduction in growth anomalies of the reef-building coral *Porites evermanni* and *Porites lobata*. Coral Reefs, 38(5): 881-893.

Scott, A., Harrison, P.L. and Brooks, L.O., 2013. Reduced salinity decreases the fertilization success and larval survival of two scleractinian coral species. Marine Environmental Research, 92: 10-14.

Sewell, M., 2005. Utilization of lipids during early development of the sea urchin *Evechinus chloroticus*. Marine Ecology Progress Series, 304: 133-142.

Sheridan, C., Kramarsky-Winter, E., Sweet, M., Kushmaro, A. and Leal, M.C., 2013. Diseases in coral aquaculture: causes, implications and preventions. Aquaculture, 396-399: 124-135.

Smith, L.D., Gilmour, J.P. and Heyward, A.J., 2008. Resilience of coral communities on

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

an isolated system of reefs following catastrophic mass-bleaching. Coral Reefs, 27(1): 197-205.

Solomon, S.L. et al., 2019. Lipid class composition of annually bleached Caribbean corals. Marine Biology, 167(1): 7.

Szmant, A. and Meadows, M.G., 2006. Developmental changes in coral larval buoyancy and vertical swimming behavior: Implications for dispersal and connectivity. Proc 10th Int Coral Reef Symp, 1: 431-437.

Tagliafico, A. et al., 2017. Lipid enriched diets reduce the impacts of thermal stress in corals. Marine Ecology Progress Series, 573.

Treignier, C., Grover, R., Ferrier-Pagès, C. and Tolosa, I., 2008. Effect of Light and Feeding on the Fatty Acid and Sterol Composition of Zooxanthellae and Host Tissue Isolated from the Scleractinian Coral *Turbinaria reniformis*. Limnology and oceanography, 53: 2702-2710.

Viyakarn, V. et al., 2015. Effect of Lower pH on Settlement and Development of Coral, *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758). Ocean Science Journal, 50: 475-480.

Westneat, M. and Resing, J., 1988. Predation on coral spawn by planktivorous fish. Coral Reefs, 7: 89-92.

Yamashiro, H., Oku, H., Higa, H., Chinen, I. and Sakai, K., 1999. Composition of lipids, fatty acids and sterols in Okinawan corals.

Yamashiro, H., Oku, H. and Onaga, K., 2005. Effect of bleaching on lipid content and composition of Okinawan corals. Fisheries Science, 71(2): 448-453.

ชโลทร รักษาทรัพย์, 2550. อัตรารอดและการเติบโตของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora* spp. ในระบบเพาะเลี้ยง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีรดนย์ เกิดผล, 2559. ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปะการังสมอง *Platygyra sinensis* และ ปะการังโขด *Porites lutea* บริเวณแสมสาร จังหวัดชลบุรี, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ภานุชนาถ ชินกลาง
วัน เดือน ปี เกิด	7 ตุลาคม 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปีการศึกษา 2559
ที่อยู่ปัจจุบัน	387 ซ.โรหิตสุข ถ.รัชดาภิเษก แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
ผลงานตีพิมพ์	Panutchanat Chinklang, Wipada Lalitpattarakit, Heung-Sik Park, Se-Jong Ju, Chiahsin Lin, Voranop Viyakarn and Suchana Chavanich. 2020. Settlement and lipid class compositions of planula larvae of corals under changes of temperatures, The 46th Congress on Science, Technology and Technology-based Innovation (STT46), 5-7 October 2020, Ramkhamhaeng University, Bangkok.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University