

ผลของอุณหภูมิจึงแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง กรณีศึกษาเกาะสี่ซัง ประเทศไทย



นางสาวบุษปกรณ อุดมทรัพย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF TEMPERATURE AND AMMONIA TO CORAL HEALTH LEVELS A CASE  
STUDY AT SICHANG ISLAND, THAILAND

Miss Bussapakorn Udomsap



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง กรณีศึกษาเกาะสีซัง ประเทศไทย
โดย	นางสาวบุษปกรณ์ อุดมทรัพย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมภพ รุ่งสุภา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเจียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(ดร.สมภพ รุ่งสุภา)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชนาธิป ผาริโน)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพร ภูประเสริฐ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิสา มหาสันทนะ)

บุษปกรณ์ อุดมทรัพย์ : ผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง กรณีศึกษา เกาะสีซัง ประเทศไทย (THE EFFECTS OF TEMPERATURE AND AMMONIA TO CORAL HEALTH LEVELS A CASE STUDY AT SICHANG ISLAND, THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.เพ็ชรพร เขาวงกตเจริญ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. สมภพ รุ่งสุภา, 141 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง เขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด โดยใช้การทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เพื่อหาร้อยละสุขภาพและร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการัง ด้วยการประเมินจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง และคำนวณค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ( $LC_{50}$ ) ที่เวลา 48 ชั่วโมง ด้วยการวิเคราะห์แบบโพรบิท และคำนวณร้อยละการยึดโพลีของปะการังเขากวางและปะการังจาน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับร้อยละสุขภาพปะการัง ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ไม่สามารถคำนวณค่า  $LC_{50}$  ได้ เนื่องจากปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมน้อยกว่าร้อยละ 50 แต่ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง สามารถหาค่า  $LC_{50}$  ได้ เนื่องจากปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 โดยที่ผลสามารถยืนยันได้จากค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลี ดังนั้นค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมงของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ในการศึกษาครั้งนี้ มีเท่ากับ 0.043 0.075 และ 0.054 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีซังเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560 พบว่าอุณหภูมิ น้ำทะเลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ  $29.07 \pm 1.23$  องศาเซลเซียส และปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ  $0.063 \pm 0.007$  มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยค่ามาตรฐานแอมโมเนียมีค่าเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 5970234221 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS: TEMPERATURE / AMMONIA / CORAL HEALTH LEVELS / CORAL BLEACHING / ACUTE TOXICITY / ACROPORA SP. / TURBINARIA SP. / PORITES SP.

BUSSAPAKORN UDOMSAP: THE EFFECTS OF TEMPERATURE AND AMMONIA TO CORAL HEALTH LEVELS A CASE STUDY AT SICHANG ISLAND, THAILAND.  
ADVISOR: ASSOC. PROF. PETCHPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D., CO-ADVISOR: SOMPOP RUNGSUPA, Ph.D., 141 pp.

This research aimed to study the effects of temperature and ammonia on the health levels of *Acropora sp.*, *Turbinaria sp.*, and *Porites sp.* by using acute toxicity testing. The acute effects were monitored at temperatures of 30°C and 33°C with the concentrations of ammonia varied at 0 0.05 0.07 and 0.1 mgN/L, respectively at 24 and 48 hrs. The experiments were carried out in triplicate to calculate health level percentages by coral health chart evaluation. The acute toxicity (LC<sub>50</sub>) at 48 hrs was calculated by using Probit analysis. The active polyp percentages of *Acropora sp.* and *Turbinaria sp.* was analyzed with comparison to the health level percentages. According to the findings at temperatures of 30°C (at 24 and 48 hrs) and 33°C (at 24 hrs), the LC<sub>50</sub> could not be investigated because the effects was insufficient to cause a decline in coral health was not below 50%. On the other hand, at a temperature of 33°C at 48 hrs, the LC<sub>50</sub> could be evaluated. The results strongly indicated that a decline in coral health percentages exceeded 50%. The results were confirmed by Zooxanthellae density. Therefore, the LC<sub>50</sub> at 48 hrs in this study of *Acropora sp.*, *Turbinaria sp.*, and *Porites sp.* were equal to 0.043, 0.075 and 0.054 mgN/L, respectively. The seawater quality around Sichang Island in March July and December, 2017 indicated that the average seawater temperature was equal to 29.07±1.23°C and ammonia was equal to 0.063±0.007 mgN/L. The standard ammonia is equal to 0.07 mgN/L.

Department:	Environmental Engineering	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Field of Study:	Environmental Engineering	Co-Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร. สมภพ รุ่งสุภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ ชี้แนะแนวทางปฏิบัติ หลักการในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งแก้ไขสิ่งบกพร่องมาตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย เล่มวิทยานิพนธ์ การเขียนบทความ และคำแนะนำในการเสนอผลงานในที่สาธารณะ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเชียร ที่กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร. ชนาทิป ฝาริโน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพร ภูประเสริฐ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิสา มหาสันทนะ ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำแนะนำจนทำให้เล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านสำหรับคำสั่งสอนและให้ความรู้เกี่ยวกับงานทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิตเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี สำหรับการช่วยเหลือและสนับสนุนในการทดลอง เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำด้านเอกสาร ความช่วยเหลือด้านต่างๆ และขอขอบคุณการสนับสนุนอุปกรณ์วิเคราะห์จาก Global Environmental System Leaders Program, Keio University, Japan

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช รุ่นที่ 38/2560 และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์บางส่วนจากภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ทุกคน สำหรับการให้คำปรึกษา กำลังใจ ความช่วยเหลือดูแลตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยและเล่มวิทยานิพนธ์นี้

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ .....	ฏ
คำนิยาม .....	ณ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกาะสีซัง .....	4
2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต.....	4
2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศ.....	5
2.1.3 ประชากร.....	5
2.1.4 การประกอบอาชีพ .....	5
2.1.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	5
2.2 ชีววิทยาของปะการังและสาหร่ายซูแซนเทลลี .....	7
2.2.1 ปะการังเขากวาง ( <i>Acropora sp.</i> ).....	7
2.2.2 ปะการังจาน ( <i>Turbinaria sp.</i> ).....	8

2.2.3 ปะการังโหนด ( <i>Porites sp.</i> ).....	9
2.3 ปะการังฟอกขาว (Coral bleaching).....	10
2.4 การฟอกขาวกับชนิดปะการัง .....	12
2.5 ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญต่อสุขภาพปะการัง .....	14
2.5.1 อุณหภูมิ (Temperature).....	14
2.5.2 ความเค็ม (Salinity) .....	15
2.5.3 แสง .....	16
2.5.4 ความเป็นกรดต่าง (pH).....	16
2.5.5 แอมโมเนีย (Ammonia).....	17
2.6 คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll).....	20
2.7 มลพิษที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ทางทะเล .....	21
2.8 แผนภูมิสุขภาพปะการัง.....	23
2.9 ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity).....	24
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	24
บทที่ 3 แผนการทดลองและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	31
3.1 แผนการทดลอง .....	31
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี.....	33
3.2.1 เครื่องมือ .....	33
3.2.2 อุปกรณ์ .....	33
3.2.3 สารเคมี.....	34
3.3 การเตรียมตัวอย่างปะการังและน้ำทะเลที่ใช้ในการทดลอง.....	35
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างปะการัง.....	35
3.3.2 การเตรียมน้ำทะเล.....	35



3.4 รวบรวมข้อมูลและศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง .....	36
3.4.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ .....	36
3.4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง .....	36
3.5 วิธีดำเนินการวิจัย การศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับ สุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด .....	37
3.6 การประเมินระดับสุขภาพปะการังจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง .....	39
3.7 ศึกษาการยึดโพลีปของปะการัง .....	40
3.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	40
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง .....	41
4.1 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการัง เขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด .....	41
4.1.1 ปะการังเขากวาง .....	41
4.1.2 ปะการังจาน .....	44
4.1.3 ปะการังโขด .....	47
4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีกับร้อยละสุขภาพ ปะการังและผลการตรวจวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ .....	51
4.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการยึดโพลีปของปะการังกับร้อยละสุขภาพ ปะการัง .....	58
4.4 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และร้อยละการยึดโพลีปของปะการัง .....	63
4.5 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง .....	64
4.5.1 อุณหภูมิน้ำทะเล .....	65
4.5.2 ความเค็ม .....	67
4.5.3 ความเป็นกรดต่าง .....	69

4.5.4 ปริมาณออกซิเจนละลาย .....	70
4.5.5 ปริมาณแอมโมเนีย.....	72
5.5.6 ปริมาณไนเตรท .....	73
4.6 ข้อเสนอแนะแนวทางปฏิบัติและแนวทางในการป้องกันแก้ไข.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และความสำคัญกับงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....	81
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	81
5.2 สรุปผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง .....	82
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	84
5.4 ความสำคัญกับงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....	85
รายการอ้างอิง .....	88
ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลไทยประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการัง.....	97
ภาคผนวก ข ข้อมูลสถิติคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง ประจำปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2558.....	101
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนีย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลี และการคำนวณโพธิท .....	129
ภาคผนวก ง ภาพการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง .....	137
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	141

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 ตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย .....	33
ตารางที่ 3-2 ร้อยละสุขภาพของปะการัง.....	39
ตารางที่ 4-1 ร้อยละสุขภาพปะการังเขากวางที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 และ 33 องศาเซลเซียส .....	42
ตารางที่ 4-2 ร้อยละสุขภาพปะการังงานที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 และ 33 องศาเซลเซียส.....	45
ตารางที่ 4-3 ร้อยละสุขภาพปะการังโขดที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 และ 33 องศาเซลเซียส .....	48
ตารางที่ 4-4 ร้อยละสุขภาพปะการังและความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง .....	53
ตารางที่ 4-5 ร้อยละสุขภาพปะการังและความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง .....	55
ตารางที่ 4-6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในตุ่มคลองของปะการังเขากวาง ปะการังงาน และปะการังโขด.....	57
ตารางที่ 4-7 ร้อยละการยึดโพลิของปะการังเขากวางและปะการังงานที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส .....	58
ตารางที่ 4-8 ร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลิของปะการังเขากวาง.....	60
ตารางที่ 4-9 ร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลิของปะการังงาน .....	60
ตารางที่ 4-10 จุดเก็บตัวอย่าง .....	64
ตารางที่ 4-11 อุณหภูมิน้ำทะเล.....	66
ตารางที่ 4-12 ความเค็ม.....	68
ตารางที่ 4-13 ความเป็นกรดต่าง.....	70
ตารางที่ 4-14 ปริมาณออกซิเจนละลาย .....	71
ตารางที่ 4-15 ปริมาณแอมโมเนีย .....	73
ตารางที่ 4-16 ปริมาณไนเตรท .....	74
ตารางที่ ก-1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลไทยประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการัง .....	98
ตารางที่ ก-2 จุดเก็บตัวอย่าง.....	102
ตารางที่ ก-3 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2553.....	103
ตารางที่ ก-4 ความเค็มปี 2553.....	104
ตารางที่ ก-5 แอมโมเนียปี 2553.....	104
ตารางที่ ก-6 ไนเตรทปี 2553.....	105
ตารางที่ ก-7 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2554.....	107
ตารางที่ ก-8 ความเค็มปี 2554.....	107

ตารางที่ ภ-9 ปริมาณออกซิเจนละลายปี 2554 .....	108
ตารางที่ ภ-10 แอมโมเนียปี 2554.....	108
ตารางที่ ภ-11 ไนเตรทปี 2554 .....	109
ตารางที่ ภ-12 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2555 .....	112
ตารางที่ ภ-13 ความเค็มปี 2555.....	112
ตารางที่ ภ-14 ปริมาณออกซิเจนละลายปี 2555.....	113
ตารางที่ ภ-15 แอมโมเนียปี 2555.....	113
ตารางที่ ภ-16 ไนเตรท ปี 2555.....	114
ตารางที่ ภ-17 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2556 .....	117
ตารางที่ ภ-18 ความเค็มปี 2556.....	117
ตารางที่ ภ-19 ความเป็นกรดต่างปี 2556.....	118
ตารางที่ ภ-20 ปริมาณออกซิเจนละลายปี 2556.....	118
ตารางที่ ภ-21 แอมโมเนียปี 2556.....	119
ตารางที่ ภ-22 ไนเตรทปี 2556 .....	119
ตารางที่ ภ-23 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2557 .....	122
ตารางที่ ภ-24 ความเค็มปี 2557.....	122
ตารางที่ ภ-25 ความเป็นกรดต่างปี 2557.....	122
ตารางที่ ภ-26 ปริมาณออกซิเจนละลายปี 2557 .....	123
ตารางที่ ภ-27 แอมโมเนียปี 2557.....	123
ตารางที่ ภ-28 ไนเตรทปี 2557 .....	124
ตารางที่ ภ-29 อุณหภูมิน้ำทะเลปี 2558.....	126
ตารางที่ ภ-30 ความเค็มปี 2558.....	127
ตารางที่ ภ-31 ความเป็นกรดต่างปี 2558.....	127
ตารางที่ ภ-32 ปริมาณออกซิเจนละลายปี 2558.....	127
ตารางที่ ภ-33 แอมโมเนียปี 2558.....	127
ตารางที่ ภ-34 ไนเตรทปี 2558 .....	128

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2-1 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาเกาะสีชัง.....	4
ภาพที่ 2-2 ปะการังเขากวาง ( <i>Acropora sp.</i> ) .....	7
ภาพที่ 2-3 ปะการังจาน ( <i>Turbinaria sp.</i> ) .....	8
ภาพที่ 2-4 ปะการังโขด ( <i>Porites sp.</i> ) .....	9
ภาพที่ 2-5 สภาวะการเปลี่ยนแปลงสุขภาพของปะการัง .....	11
ภาพที่ 2-6 โครงสร้างคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a).....	21
ภาพที่ 2-7 แผนภูมิสุขภาพปะการัง (Coral health chart).....	23
ภาพที่ 2-8 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณเกาะภูเก็ต.....	29
ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	32
ภาพที่ 3-2 ชั้นปะการังที่ใช้ในการทดลอง.....	35
ภาพที่ 3-3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	37
ภาพที่ 3-4 แบบจำลองชุดการทดลอง .....	38
ภาพที่ 3-5 ระดับสีที่ใช้ในการประเมินระดับสุขภาพปะการัง.....	39
ภาพที่ 4-1 การวิเคราะห์โพรบิทคำนวณหาค่า LC <sub>50</sub> ของปะการังเขากวาง.....	42
ภาพที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงของปะการังเขากวาง ( <i>Acropora sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง .....	43
ภาพที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงของปะการังเขากวาง ( <i>Acropora sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง .....	43
ภาพที่ 4-4 การวิเคราะห์โพรบิทคำนวณหาค่า LC <sub>50</sub> ของปะการังจาน.....	44
ภาพที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงของปะการังจาน ( <i>Turbinaria sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง .....	46
ภาพที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงของปะการังจาน ( <i>Turbinaria sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง .....	46
ภาพที่ 4-7 การวิเคราะห์โพรบิทคำนวณหาค่า LC <sub>50</sub> ของปะการังโขด .....	47
ภาพที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงของปะการังโขด ( <i>Porites sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	49
ภาพที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงของปะการังโขด ( <i>Porites sp.</i> ) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	49
ภาพที่ 4-10 การขั้บเมือกของปะการังจานที่พบในการทดลอง .....	52

ภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ อุณหภูมิตั้งที่ 30 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ของ ก) ปะการังเขากวาง ข) ปะการังจาน และ ค) ปะการังโขด.....	54
ภาพที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ของ ก) ปะการังเขากวาง ข) ปะการังจาน และ ค) ปะการังโขด.....	56
ภาพที่ 4-13 ร้อยละการยึดโพลีปของปะการังเขากวาง ( <i>Acropora</i> sp.) ที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	59
ภาพที่ 4-14 ร้อยละการยึดโพลีปของปะการังจาน ( <i>Turbinaria</i> sp.) ที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	59
ภาพที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลีปของปะการังเขากวางที่ อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	61
ภาพที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลีปของปะการังจานที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง.....	62
ภาพที่ 4-17 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	65
ภาพที่ 4-18 อุณหภูมิ น้ำทะเล.....	67
ภาพที่ 4-19 ความเค็ม.....	68
ภาพที่ 4-20 ตำแหน่งแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย.....	68
ภาพที่ 4-21 ความเป็นกรดต่าง.....	70
ภาพที่ 4-22 ปริมาณออกซิเจนละลาย.....	71
ภาพที่ 4-23 ปริมาณแอมโมเนีย.....	73
ภาพที่ 4-24 ปริมาณไนเตรท.....	74
ภาพที่ ๓-1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ.....	102
ภาพที่ ๓-2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2553.....	105
ภาพที่ ๓-3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2554.....	110
ภาพที่ ๓-4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2555.....	115
ภาพที่ ๓-5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2556.....	120
ภาพที่ ๓-6 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2557.....	125
ภาพที่ ๓-7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2558.....	128
ภาพที่ ๓-8 แผ่น Sedgewick rafter counting chambers.....	133

ภาพที่ ภ-9 เซลล์สำหรับจ่ายซูแซนเทลลี.....	117
ภาพที่ ภ-10 สำหรับจ่ายซูแซนเทลลีที่ 48 ชั่วโมง .....	133
ภาพที่ ภ-11 ชิ้นปะการังที่ตัดแล้วปรับสภาพในบ่อน้ำทะเลกรอง โดยมีการให้อากาศตลอดเวลา...	138
ภาพที่ ภ-12 ตัวอย่างการติดตั้งชุดการทดลอง.....	138
ภาพที่ ภ-13 แท่งปรับอุณหภูมิ.....	120
ภาพที่ ภ-14 หลอดฝาเกลียว.....	138
ภาพที่ ภ-15 ชุดกรองน้ำทะเล.....	121
ภาพที่ ภ-16 กระจกกรอง GF/C 0.2 ไมครอน.....	139
ภาพที่ ภ-17 วัดค่าคลอโรฟิลล์เอโดยใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์.....	121
ภาพที่ ภ-18 เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ .....	139
ภาพที่ ภ-19 เครื่องวัดแอมโมเนีย.....	121
ภาพที่ ภ-20 สารละลายแอมโมเนียและแอมโมเนียมคลอไรด์.....	139
ภาพที่ ภ-21 ชุดอุปกรณ์การวัดคุณภาพน้ำทะเล.....	122
ภาพที่ ภ-22 เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายหัววัด .....	140
ภาพที่ ภ-23 ตัวอย่างการนับจำนวนโพลิปของปะการัง .....	140

## คำนิยาม

LC <sub>50</sub> (50% Lethal Concentration)	ค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำที่เป็นสาเหตุทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ภายในระยะเวลาที่กำหนด
โคโลนี (Colony)	ส่วนประกอบของปะการังประกอบด้วยโครงสร้างหินปูน โพลิป และเนื้อเยื่อ
เนื้อเยื่อ (Tissue)	ส่วนที่ทำให้ปะการังมีสีส้ม เป็นที่อยู่อาศัยของสาหร่ายซูแซนเทลลี
ปะการังฟอกขาว (Coral bleaching)	ภาวะที่ปะการังมีสีซีดจางลงจนมองเห็นเป็นสีขาว ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลี
โพลิป (Polyp)	ตัวของปะการัง
ร้อยละสุขภาพปะการัง (Health percentages)	<p>ค่าร้อยละสุขภาพที่แปลงค่าจากระดับสุขภาพเป็นตัวเลข ได้แก่</p> <p>ระดับสุขภาพดีมาก คิดเป็นร้อยละ 100</p> <p>ระดับสุขภาพดี คิดเป็นร้อยละ 83.33</p> <p>ระดับสุขภาพปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 66.67</p> <p>ระดับสุขภาพพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 50</p> <p>ระดับสุขภาพแย่ คิดเป็นร้อยละ 33.33</p> <p>ระดับสุขภาพเสื่อมโทรม คิดเป็นร้อยละ 16.67</p>
วิเคราะห์โพรบิท (Probit analysis)	การคำนวณค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (LC <sub>50</sub> ) ของความเข้มข้นแอมโมเนียที่ทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50
สาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae)	สาหร่ายเซลล์เดี่ยวขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงสร้างอาหาร ช่วยเร่งกระบวนการสร้างหินปูน และสร้างสีส้มให้ปะการัง



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปะการัง (Corals) เป็นสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในไฟลัมไนดาเรีย (Cnidaria) ชั้นแอนโทซัว (Anthozoa) ลำดับสเคลอแรคตินี (Scleractinia) มีโครงสร้างเป็นหินปูนรูปทรงต่างๆ เช่น เป็นแผ่น ก้อนหรือมีกิ่งก้าน ห่อหุ้มตัวเป็นชั้นนอกเพื่อรองรับเนื้อเยื่อตัวปะการังที่เป็นทรงกระบอกเล็กแผ่ขยายไปเรื่อยๆจนกลายเป็นแนวปะการังอยู่ใต้ท้องทะเล ปะการังได้รับอาหารผ่านทางหนวดที่ปลายกระบอกโบกพัดเพื่อจับอาหารที่เป็นแพลงก์ตอนในน้ำ และมาจากสารอาหารที่สาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae) ทำการสังเคราะห์แสงสร้างขึ้น ซึ่งสาหร่ายซูแซนเทลลีเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเนื้อเยื่อของตัวปะการัง ปะการังและสาหร่ายจะอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย โดยสาหร่ายจะช่วยเร่งกระบวนการสร้างหินปูนและสร้างสีสันทให้แก่ตัวปะการัง ส่วนปะการังก็ให้ที่อยู่แก่สาหร่าย ปะการังจะเติบโตได้ดีในบริเวณที่น้ำทะเลมีอุณหภูมิคงที่ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส มีแสงแดดพอประมาณน้ำไม่ขุ่น และมีความลึกของน้ำไม่เกินกว่า 50 เมตร (อัญชลี จันทร์คง, 2557) แนวปะการังมีความสำคัญเนื่องจากเป็นที่อยู่อาศัย ที่หลบภัย แหล่งอนุบาลของสัตว์ทะเล เป็นแนวป้องกันช่วยลดความรุนแรงของคลื่นที่กระทำต่อชายฝั่ง เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลที่สวยงาม และมีคุณค่าทางด้านการศึกษาค้นคว้าวิจัยที่มีประโยชน์มากมาย เมื่อสภาวะแวดล้อมในทะเลมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ น้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความเค็มของน้ำทะเลลดลง (Rungsupa และคณะ, 2016; 2018) สาหร่ายจะผลิตสารที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของปะการัง ปะการังจะเกิดความเครียดและขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ การสูญเสียสาหร่ายนี้จะทำให้ปริมาณรงควัตถุในปะการังลดลง (Fitt และคณะ, 2000) นอกจากอุณหภูมิและความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ส่งผลต่อปะการังแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมซึ่งแอมโมเนียอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อระดับสุขภาพและก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อปะการังเช่นกัน (Hansuebsai และคณะ, 2018) ในปัจจุบันอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้สุขภาพของปะการังเสื่อมโทรม และจากรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออก พ.ศ.2558 พบว่าพื้นที่ที่พบปะการังในทะเลของจังหวัดชลบุรี มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) เกินค่ามาตรฐาน คือ มากกว่า 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าปะการังอยู่ในความเสี่ยงจากคุณภาพน้ำทะเลที่เสื่อมโทรมลง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) โดยระบบนิเวศทางทะเลเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี บริเวณอ่าวไทยตอนใน ปัจจุบันมีการระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆของชุมชนและเรือขนถ่ายสินค้า การเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งที่ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์

และสาหร่ายบางชนิดปกคลุมแนวปะการังเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชังเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแอมโมเนียอาจมีส่วนในการทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมหรือเกิดการฟอกขาวมากขึ้น (Coverdale และคณะ, 2013) นอกจากนี้ข้อมูลในปัจจุบันเกี่ยวกับผลของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีจำกัดมาก จึงแนะนำให้ใช้เกณฑ์เดียวกับปลาได้ด้วยความระมัดระวัง (Lawson, 1995) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด แบบเฉียบพลัน (Acute toxicity test) โดยการประเมินสุขภาพปะการังในรูปแบบระดับสุขภาพปะการัง (Coral health levels) ด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการัง (Coral health chart) ซึ่งเป็นแผนภูมิสีมาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิง ที่มีราคาไม่แพง เป็นเครื่องมือที่ใช้ได้ง่ายและสามารถใช้ได้ในหลายสถานการณ์ นอกจากนี้ยังสามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของปะการังได้ในหลายสภาวะ (Siebeck และคณะ, 2006) ร่วมกับการศึกษาร้อยละการยึดโพลีของปะการังจากภาพถ่าย และคำนวณค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของความเข้มข้นแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรมลงมากกว่าร้อยละ 50 (50% Lethal Concentration: LC<sub>50</sub>) โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis) เพื่อศึกษาค่าที่ปลอดภัยของระดับความเข้มข้นแอมโมเนียต่อสุขภาพของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขดของพื้นที่เกาะสีชังที่เป็นตัวแทนของปะการังแบบกิ่งก้าน แบบแผ่น และแบบก้อน ตามลำดับ เนื่องจากปะการังทั้งสามชนิดมีความต้านทานต่อการฟอกขาวได้แตกต่างกัน (หรรษา จรรย์แสง, 2542) และเพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูปะการังในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับความเข้มข้นของแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด เพื่อหาค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการังทั้งสามชนิด ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis)

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาปะการัง ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

การศึกษาวิจัยกำหนดขอบเขต ดังนี้

1.3.1 สืบหาข้อมูลทุติยภูมิค่าคุณภาพน้ำทะเลบริเวณรอบพื้นที่เกาะสีชัง ปี 2553-2558 และศึกษาคุณภาพน้ำทะเลเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560 โดยพารามิเตอร์ที่วัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลายด้วยเครื่องวัดแบบหลายหัววัด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสารอาหาร คือ

ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) ที่ห้องปฏิบัติการสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล เกาะสีชัง ชลบุรี ซึ่งกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง

1.3.2 ปะการังที่ใช้ในการวิจัยทำการศึกษาทั้งหมดสามชนิด ได้แก่ ปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ซึ่งเป็นตัวแทนของปะการังแบบกิ่งก้าน ปะการังแบบแผ่น และปะการังแบบก้อน ตามลำดับ และเป็นปะการังชนิดเด่นที่พบมากบริเวณเกาะสีชัง โดยนำตัวอย่างปะการังมาจากโรงอนุบาลปะการัง

1.3.3 ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 4 ระดับ คือ 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส โดยค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียกำหนดจากช่วงค่าปริมาณแอมโมเนียของเกาะสีชังที่สำรวจจากข้อมูลทุติยภูมิและจากการทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยปริมาณแอมโมเนียที่กำหนดในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 ให้มีค่าไม่เกิน 0.07 และปริมาณแอมโมเนียที่มากกว่าค่ามาตรฐานแต่ไม่มากเกินไปจนทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรมก่อนเวลา 24 ชั่วโมงหรือไม่น้อยเกินไปจนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในเวลา 24 ชั่วโมง และอุณหภูมิกำหนดจากอุณหภูมิปกติของน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง คือ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่มีรายงานว่าทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรม คือ 33 องศาเซลเซียส

1.3.4 คำนวณค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของความเข้มข้นแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ( $LC_{50}$ ) โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิต (Probit analysis) จากการประเมินระดับสุขภาพปะการังด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการัง

1.3.5 วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในน้ำด้วย Ammonia medium range และ Phenol-Hypochlorite Method ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วย Acetone extraction ตามวิธีของ Fitt และคณะ (2000)

1.3.6 ประเมินสุขภาพปะการังจากการหาค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีที่พบในตู้ทดลอง ด้วยการนับจำนวนเซลล์สาหร่าย และคำนวณค่าร้อยละการยึดโพลีปของปะการังจากการถ่ายภาพ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับร้อยละสุขภาพปะการัง

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลเบื้องต้นของระดับแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขดของพื้นที่เกาะสีชัง

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้อมูลทั่วไปเกาะสีชัง

##### 2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอเกาะสีชัง มี 1 ตำบล คือ ตำบลท่าเวววงษ์ มีพื้นที่ทั้งหมดอยู่บนเกาะสีชัง โดยมีพื้นที่ประมาณ 7.9 ตารางกิโลเมตร (เฉพาะพื้นดิน) เกาะสีชังตั้งอยู่ที่พิกัดเส้นรุ้ง 13 องศา ถึง 12 องศาเหนือ และระหว่างเส้นแวง 10 องศา 48 ลิปดา ถึง 100 องศา 51 ลิปดาตะวันออก (ภาพที่ 2-1) อยู่บริเวณอ่าวไทยตรงกันข้ามกับอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เกือบกึ่งกลางอ่าวไทยตอนใน โดยค่อนมาทางชายฝั่งทะเลด้านตะวันออก ทำให้เกาะสีชังเป็นที่กำบังคลื่นลมจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นพื้นที่จอดทอดสมอเรือเดินสมุทรขนถ่ายสินค้าขนาดใหญ่ที่กินน้ำลึกไม่สามารถเข้าสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยาได้ และอยู่ใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกงทำให้ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำสายนี้มากที่สุด (สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559) มีเกาะบริวาร 8 เกาะ คือ เกาะขามใหญ่ เกาะขามน้อย เกาะปรัง เกาะร้านดอกไม้ เกาะยายเท้า เกาะค้ำควา เกาะท้ายตาหมื่น และเกาะสัมปันธ์



ภาพที่ 2-1 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาเกาะสีชัง (สำนักพิมพ์สารคดี, 2560)

### 2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิประเทศพื้นที่ตำบลท่าหลวง อำเภอกะสีซัง มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา หินปูนกลางทะเลอ่าวไทย ไม่มีพื้นที่การเกษตร ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ ลำธาร และหนองบึง ไม่มีแหล่งน้ำใต้ดิน อาศัยน้ำฝนในการยังชีพเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่เป็นหินร้อยละ 70 พื้นที่ดินร้อยละ 30 มีความลาดชันมาก ทำให้เวลาฝนตกน้ำฝนไหลไปตามพื้นที่อย่างรวดเร็ว

ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมมี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม และฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์

### 2.1.3 ประชากร

อำเภอกะสีซัง มีประชากร 4,580 คน เป็นประชากรชาย 2,272 คน และหญิง 2,308 คน จำนวนครัวเรือน 1,984 ครัวเรือน นอกจากนี้กะสีซังยังมีประชากรแฝงอีกประมาณ 3,000 คน ซึ่งได้แก่ กลุ่มคนรับจ้างที่มากับเรือขนส่งสินค้า กลุ่มคนที่มาทำงานโดยไปกลับทุกวัน ข้าราชการของหน่วยงานต่างๆ เป็นต้น (เทศบาลตำบลกะสีซัง, 2560)

### 2.1.4 การประกอบอาชีพ

เดิมประชาชนชาวกะสีซังประกอบอาชีพประมงพื้นบ้านร้อยละ 70 เนื่องจากมีทรัพยากรสัตว์น้ำที่อุดมสมบูรณ์ ต่อมาเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของอุตสาหกรรม การท่องเที่ยวทำให้รูปแบบการประกอบอาชีพเปลี่ยนไป จนในปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่บนเกาะสีซังได้ประกอบอาชีพค้าขายร้อยละ 25 บริการการท่องเที่ยวร้อยละ 35 อาชีพประมงพื้นบ้านลดจำนวนลงเหลือเพียงร้อยละ 20 และการเกษตรมีน้อย เนื่องจากศักยภาพของพื้นที่ไม่เหมาะสมกับการทำการเกษตร

### 2.1.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

อำเภอกะสีซัง แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดังนี้ (โสภิต สร้อยสอดศรี, 2552)

1. การใช้ที่ดินเพื่อการสร้างที่อยู่อาศัย พบอยู่ในพื้นที่ชุมชนทางฝั่งตะวันออกของเกาะ โดยเฉพาะบริเวณชุมชน ซึ่งมีอาคารประเภทบ้านเรือนกระจุกตัวกันอย่างหนาแน่น เช่น ชุมชนตลาดท่าบนและตลาดท่าล่าง ลักษณะทางกายภาพของชุมชนเป็นการเกิดขึ้นตามพฤติกรรมการอยู่อาศัย ไม่ได้มีการวางผังชุมชน นอกจากนี้ยังพบการอาศัยที่กระจุกตัวหนาแน่นตามแนวถนนหลายสาย เช่น ถนนวัฒนา ถนนมาลินี เป็นต้น

2. การใช้ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม พบกระจายตัวสอดแทรกอยู่กับที่ดินประเภทที่พักอาศัย โดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่และประชากรหนาแน่น เช่น บริเวณตลาดท่าบนและตลาด

ท่าล่าง รวมทั้งบริเวณถนนอัษฎางค์จนถึงเขตพระราชฐาน โดยกลุ่มกิจกรรมด้านพาณิชย์กรรม ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มกิจกรรมพาณิชย์กรรมเพื่อการใช้สอยในกิจวัตรประจำวัน การค้าขายสินค้าอุปโภค บริโภค การบริการขนาดเล็ก เช่น ร้านค้าของชำ ร้านอาหาร ร้านตัดผม ซึ่งเป็นกิจการของคนในพื้นที่ และกลุ่มกิจกรรมพาณิชย์กรรมเพื่อการท่องเที่ยว ได้แก่ โรงแรม รีสอร์ท บังกะโล รวมทั้งกิจกรรมการค้า การนำเที่ยว กิจการประเพณีบางส่วนเป็นของกลุ่มนายทุนจากภายนอกเกาะเข้ามาเช่าพื้นที่เพื่อประกอบอาชีพ

**3. การใช้ที่ดินประเภทสถาบัน องค์กร และหน่วยงานราชการ** เป็นการใช้ที่ดินเพื่อสร้างหน่วยงานราชการบนเกาะ พบกระจายตัวตามแนวถนนอัษฎางค์ทางตอนเหนือของเกาะ เช่น เทศบาลตำบลเกาะสีชัง สำนักงานประถมศึกษา ที่ว่าการอำเภอเกาะสีชัง โรงพยาบาลเกาะสีชัง โรงเรียนอนุบาล ประถม และมัธยม ในความรับผิดชอบของกรมสามัญศึกษา เป็นต้น ส่วนสถานที่ตั้งหน่วยงานที่เกี่ยวกับระบบสาธารณูปโภคในเกาะจะมีการกระจายตัวตามตำแหน่งที่เหมาะสม ได้แก่ โรงผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 1 โรง อ่างเก็บน้ำชลประทาน 1 แห่ง ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของเกาะ โรงผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล ที่ตั้งถึงกับน้ำฝนตามหมู่บ้านต่างๆ พื้นที่รวบรวมและกองเก็บขยะ พื้นที่แยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ ยังมีการใช้ที่ประโยชน์ดินเพื่อการท่องเที่ยว เช่น เขตพระจุฑาธุชราชฐาน เป็นพื้นที่ดินของหน่วยงานราชการที่มีขนาดใหญ่ มีความโดดเด่นในตัว และเป็นพื้นที่ประวัติศาสตร์ของเกาะ ซึ่งช่วยส่งเสริมกิจกรรมประเภทการท่องเที่ยว นอกจากนี้ยังมีพิพิธภัณฑ์ลัทธิศาสนา ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวอีกแห่งหนึ่งที่มีความน่าสนใจ และเป็นพื้นที่ในการดูแลของหน่วยงานราชการ คือ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**4. การใช้ที่ดินประเภทสถานศึกษา** ส่วนใหญ่เป็นที่ตั้งของวัด ซึ่งมักตั้งอยู่บนภูเขาที่สังเกตเห็นได้จากระยะไกล รวมทั้งสำนักสงฆ์ ศาลเจ้า และสถานที่ศักดิ์สิทธิ์อื่นๆ ที่ดินลักษณะนี้มีขนาดใหญ่และต่อเนื่องเป็นผืนเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะใช้เพื่อกิจกรรมทางศาสนาแล้ว บางแห่งยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของเกาะสีชังอีกด้วย เช่น วัดจุฑาธุชธรรมสภาารามวรวิหาร วัดถ้ำยายปริก สำนักสงฆ์ถ้ำจักรพงษ์ และศาลเจ้าพ่อเขาใหญ่ เป็นต้น

**5. การใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม** พบได้บริเวณทางใต้ของเกาะ บริเวณแหลมมุง เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กจำนวนมากแทรกตัวปะปนอยู่ระหว่างอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ การย่อยหิน คลังสินค้า คลังน้ำมัน อุโมงค์เรือและอุต่อเรือขนาดเล็ก การใช้ที่ดินประเภทนี้มักก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ทางน้ำ และทางเสียง เป็นต้น

**6. การใช้ที่ดินประเภทนันทนาการ** พบได้ตามสถานศึกษาและหน่วยราชการ เช่น สนามฟุตบอลของโรงเรียน สวนหย่อมภายในหน่วยราชการ ลานเปตองของหน่วยงานราชการต่างๆ และอาคารอเนกประสงค์ด้านหน้าศาลเจ้าพ่อเขาใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ใกล้ชุมชน

## 2.2 ชีวิตวิทยาของปะการังและสาหร่ายซูแซนเทลลี

### 2.2.1 ปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*)

ปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) (ภาพที่ 2-2) เป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในวงศ์อะโครพอริดี (Acroporidae) (Ehrenberg, 1834) ลักษณะโคโลนีเป็นแบบกิ่งก้าน (Branching coral) แต่ละกิ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน มีสีน้ำตาลหลายชั้นกับบริเวณที่อาศัย ส่วนใหญ่มีสีเขียว ส้ม หรือ ชมพู (Veron, 2000) ตัวปะการังหรือโพลิป (Polyp) สามารถขยายการเจริญเติบโตในแนวตั้ง มีขนาดของโพลิปโดยเฉลี่ย 1-2 มิลลิเมตร (Anthony, 1999 และ Hall, 1997) พบได้ทั่วไปบริเวณมหาสมุทรอินเดียและน่านน้ำบริเวณอินโดแปซิฟิก โดยกระจายตัวอยู่บริเวณแนวปะการังชายฝั่ง (Hatta, 1999) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ปะการังชนิดนี้ต้องการเพื่อเจริญเติบโต จึงพบการกระจายตัวในเขตน้ำตื้นใกล้ชายฝั่งมากกว่าบริเวณเขตนํ้าลึก (Mundy และ Babcock, 1998)

ปะการังเขากวางสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเริ่มเมื่อปะการังเข้าสู่ช่วงเจริญพันธุ์ที่อายุประมาณ 3 ปี (Okubo และคณะ, 2009) ในอดีตพบการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช่วงใกล้ถึงคืนที่พระจันทร์เต็มดวงของฤดูร้อน จะปล่อยโดยเฉลี่ยประมาณ 3 คืนต่อปี ซึ่งปริมาณเซลล์สืบพันธุ์จะแตกต่างกันตามพิกัดภูมิศาสตร์ แนวปะการัง Great Barrier Reefs ประเทศออสเตรเลียปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช่วงเดือนมกราคม มีนาคม กันยายน และตุลาคม (Oliver, 1985) สำหรับแนวปะการังที่จังหวัดชลบุรี จะปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม (ชโลธร รักษาทรัพย์, 2550) การเจริญเติบโตและการรอดของปะการังขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ เช่น กระแสน้ำ ลม คลื่น ความเค็ม อาหาร ผู้ล่า เป็นต้น (Gilmour, 1999) ปัจจุบันแนวปะการังทั่วโลกกำลังอยู่ในสภาวะเสื่อมโทรม เนื่องจากปัจจัยทางด้านสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ปะการังเขากวางเป็นชนิดที่ถูกจัดอยู่ในรายชื่อปะการังที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของ International Union for Conservation of Nature (IUCN)



ภาพที่ 2-2 ปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

### 2.2.2 ปะการังจาน (*Turbinaria sp.*)

ปะการังจาน หรือ Disc coral (*Turbinaria sp.*) (ภาพที่ 2-3) จัดอยู่ในวงศ์เดนโตรไฟลิดี (Dendrophylliidae) ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Esper ในปี ค.ศ. 1794 มีลักษณะของโคโลนีคล้ายแผ่นจานหนาขนาดใหญ่ หรือบางโคโลนีปากแคบสูงคล้ายแจกัน ผิวด้านบนเรียบ มีโครงสร้างรองรับตัวปะการังหรือคอร์อลไลท์ยกตัวขึ้นเป็นถ้วย หรืออาจพับไปมามีรูปกลมขนาดเล็กทั่วแผ่นด้านบน และบริเวณขอบใบซึ่งเป็นที่อยู่ของตัวปะการัง ขนาดช่องประมาณ 1.5-4.5 มิลลิเมตร ซึ่งโคโลนีของปะการังจานจะเจริญเติบโตโดยการแตกหนวดเพิ่มมากขึ้น และคอร์อลไลท์ใหม่จะมีขนาดเล็กทำให้ปะการังมีพื้นผิวหนาแน่นขึ้น ซึ่งหมายความว่าคอร์อลไลท์ใหม่นี้เจริญเติบโตอยู่ระหว่างปะการังเดิมที่มีอยู่แล้วภายนอกของผนังคอร์อลไลท์ (Chang และ Sharon, 2009) ปะการังจานมักจะยื่นโพลีออกมาช่วงเวลากลางคืน สีของปะการังจานส่วนใหญ่จะเป็นสีน้ำตาลหรือเทา ซึ่งเป็นผลมาจากสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยและไม่อาศัยเพศ ปะการังจานมีถิ่นกำเนิดบริเวณน้ำอุ่นของภูมิภาคอินโดแปซิฟิก พบได้ในบริเวณน้ำตื้น และในประเทศไทยพบทั้งในอ่าวไทยและอันดามัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) เป็นปะการังชนิดที่สามารถมีชีวิตและเติบโตในบริเวณที่มีตะกอนสูง ในบริเวณที่แสงส่องถึงมากพอ ถึงแม้ว่าปะการังจานจะมีการกระจายสายพันธุ์ไปอย่างกว้างขวางแต่ปะการังจานเป็นชนิดที่ถูกจัดอยู่ในรายชื่อปะการังที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของ International Union for Conservation of Nature (IUCN) เนื่องจากปัญหาของพื้นที่นั้นๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้น ความเป็นกรดของน้ำทะเลเปลี่ยนแปลง รวมถึงการทำประมง การทำลายแนวปะการัง การท่องเที่ยว มลพิษ และการตกตะกอน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปะการังเกิดความเครียดจนมีความผิดปกติมากขึ้น ทำให้เกิดโรคและเกิดการฟอกขาวได้ (Hoeksema และคณะ, 2014)



ภาพที่ 2-3 ปะการังจาน (*Turbinaria sp.*) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)



### 2.2.3 ปะการังโขด (*Porites sp.*)

ปะการังโขด หรือ Hump coral (*Porites sp.*) (ภาพที่ 2-4) จัดอยู่ในวงศ์พอร์ติตี (Poritidae) ซึ่งในวงศ์นี้มี 3 สกุล คือ *Porites*, *Synaraea* และ *Goniopora* โดยปะการังโขดเป็นปะการังแข็งที่มีขนาดทั้งที่เป็นหัวเล็กๆ ถึงโขดขนาดใหญ่ 3-5 เมตร และที่เป็นกิ่ง มีลักษณะโคโลนีเป็นแบบก้อนที่เรียกว่า Microatoll โดยทั่วไปผิวค่อนข้างเรียบ ช่องคอรอลไลท์ขนาดประมาณ 1-1.5 มม. มักเห็นเป็นช่อง 5-6 เหลี่ยมอยู่ติดกัน มีผนังบางๆ คอรอลไลท์มีลักษณะเป็นก้อนขนาดใหญ่ คล้ายโขดหิน บางครั้งอาจมีลักษณะเป็นรูปวงแหวน หรือรูปเกือกม้า ปะการังโขดจะมีโพลีปขนาดเล็ก โดยโพลีปที่อยู่ทางด้านข้าง สามารถเจริญขยายออกไปได้เรื่อยๆ ทำให้ดูคล้ายแนวปะการังแบบวงแหวนขนาดเล็ก ปะการังในสกุล *Porites* จะเป็นผู้ให้อาศัยแก่ Christmas tree worms (*Spirobranchus giganteus*) (Flora และ Ely, 2003) ปะการังชนิดนี้เป็นปะการังที่พบมากในแนวปะการังทั่วไปและมีจำนวนมาก ครอบคลุมพื้นที่ของแนวปะการังส่วนใหญ่ตั้งแต่เขตน้ำขึ้นน้ำลงและที่ลึกลงไป เนื่องจากความสามารถในการกำจัดตะกอน โดยปะการังโขดจะสร้างเมือกมาปกคลุมตัวเองเพื่อดักตะกอน แล้วจึงขับแผ่นเมือกพร้อมตะกอนออกไป นอกจากนี้ปะการังโขดยังเป็นปะการังที่มีความทนทานต่อภัยธรรมชาติต่างๆ ทั้งแรงกระแทกจากคลื่นลมมรสุม (ศรีสกุล ภิรมย์วรารกร, 2553)



ภาพที่ 2-4 ปะการังโขด (*Porites sp.*) (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

## 2.2.4 สาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae)

*Symbiodinium sp.* หรือ Zooxanthellae อยู่ใน Division Dinophyta (Granados และคณะ, 2008) เป็น Dinoflagellate ขนาดประมาณ 10 - 20 ไมโครเมตร ดำรงชีวิตแบบพึ่งพา (Symbiosis) ในสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด (Littman และคณะ, 2008) มีลักษณะกลม ไม่เคลื่อนที่เมื่ออาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ และมีลักษณะเช่นเดียวกับ Dinoflagellate โดยทั่วไปคือ เป็น Gymnodinioid form มีการสร้าง Flagella เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่เมื่ออยู่ในมวลน้ำ สาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยแบบพึ่งพาในเนื้อเยื่อของปะการังมีบทบาทสำคัญในการดึงแคลเซียมคาร์บอเนตในมวลน้ำ เพื่อให้ปะการังใช้ในการสร้างโครงร่างแข็ง แสดงดังสมการ



จากนั้น  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  จะสลายตัวและให้ Calcium carbonate และ Carbon acid originate ซึ่ง Calcium carbonate จากสมการนี้จะเป็นที่เป็โครงร่างแข็งของปะการัง



จากนั้น Carbon acid originate จะสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด

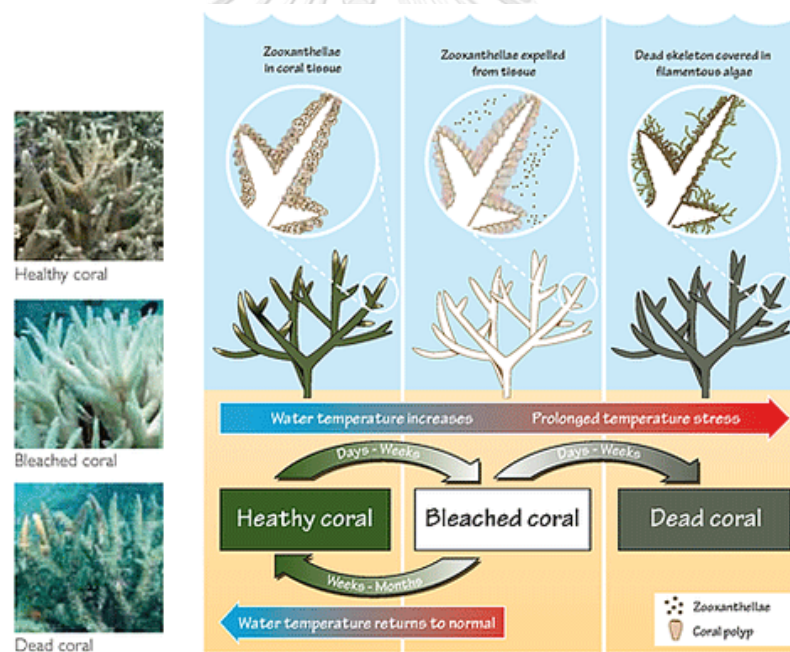


นอกจากการดึงแคลเซียมเพื่อสร้างโครงร่างแข็งแล้ว สาหร่ายซูแซนเทลลียังเป็นแหล่งสร้างอาหารที่สำคัญให้กับกลุ่มดอกไม้ทะเลและปะการังสูงถึงร้อยละ 95 ของแหล่งอาหารทั้งหมด โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Lesser, 2004) สาหร่ายซูแซนเทลลีเข้าสู่ปะการังได้สองระบบ คือ ระบบปิดหรือถ่ายทอดจากแม่สู่ลูกโดยตรง โดยการส่งผ่านจากไปยังไข่และเข้าสู่ตัวอ่อน (Hirose และคณะ, 2000) และระบบเปิด เป็นการที่ตัวอ่อนของปะการังได้รับเซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลีที่ว่ายในมวลน้ำ (Littman และคณะ, 2008)

## 2.3 ปะการังฟอกขาว (Coral bleaching)

คือ ภาวะที่ปะการังมีสีซีดจางลงจนมองเห็นเป็นสีขาว ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียสาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae) ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง ดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับปะการังแบบพึ่งพากัน (Mutualism) มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอยู่ร่วมกัน คือ 18 ถึง 28 องศาเซลเซียส สาหร่ายจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร ช่วยเร่งกระบวนการสร้างหินปูน สร้างสีสันทให้แกตัวปะการัง ส่วนปะการังก็ให้ที่อยู่แก่สาหร่าย โดยปกติเนื้อเยื่อของปะการังจะไม่มีสี เป็นเพียงเนื้อเยื่อใสๆเท่านั้น สีที่เห็นในปะการังจึงเป็นสีที่ได้รับมาจากสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ในตัวปะการัง เมื่อสภาวะแวดล้อมในทะเลมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความเค็มของน้ำทะเลลดลง สาหร่ายจะผลิต

สารที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของปะการัง ปะการังจึงต้องขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ การสูญเสียสาหร่ายเพื่อความอยู่รอด ทำให้ปริมาณรงควัตถุในปะการังลดลง ส่งผลให้ปะการังเหลือเพียงเนื้อเยื่อใส ทำให้เห็นสีขาวของโครงสร้างหินปูนที่อยู่ภายในหรือที่เรียกว่า ปะการังฟอกขาว (Fitt และคณะ, 2000) การที่ปะการังสูญเสียสาหร่ายไม่ได้มีผลเพียงสีสันเปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น แต่ยังหมายถึงสารอาหารที่ปะการังได้รับลดน้อยลงไปด้วย ทั้งนี้หากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงและกลับเข้าสู่ภาวะปกติในช่วงระยะเวลาอันสั้น สาหร่ายซูแซนเทลลีจะกลับเข้ามาอาศัยในเนื้อเยื่อปะการังตามเดิม ส่งผลให้ปะการังฟื้นตัวและกลับมามีชีวิตปกติได้อีกครั้ง แต่หากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานาน ปะการังก็จะเริ่มอ่อนแอและตายลงในที่สุด (ภาพที่ 2-5) การฟื้นตัวของปะการังภายหลังจากการฟอกขาวนั้นพบว่าปะการังสามารถฟื้นตัวได้ทั้งโคโลนีหรือเฉพาะบางส่วนของโคโลนีขึ้นอยู่กับสาเหตุของการฟอกขาว ระดับความรุนแรง รวมถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ของสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ร่วมอาศัย (Baker, 2003 และ Arthur และคณะ, 2006)



ภาพที่ 2-5 สภาวะการเปลี่ยนแปลงสุขภาพของปะการัง (IUCN, 2016)

## 2.4 การฟอกขาวกับชนิดปะการัง

การที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นกว่าปกติเป็นระยะเวลาสั้น ทำให้ปะการังต้องเผชิญกับระดับความร้อนที่สูงขึ้น ซึ่งส่งผลเสียต่อการอยู่ร่วมกันของปะการังและสาหร่ายเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อของปะการัง ปะการังแต่ละชนิดมีความต้านทานกับความร้อนที่สูงขึ้นต่างกัน คือต้านทานความร้อนได้ในระดับและระยะเวลาสั้นต่างกัน เมื่อปะการังไม่สามารถต้านทานได้ ปะการังจะขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อและอยู่ในสภาวะฟอกขาว ปะการังแต่ละชนิดมีความทนทานต่อสภาวะฟอกขาวแตกต่างกันไป เนื่องจากการที่ปะการังไม่มีสาหร่ายเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ร่วมกันนี้ทำให้ปะการังขาดพลังงานที่เคยได้รับจากสาหร่ายในการดำรงชีวิต ตามปกติปะการังแต่ละชนิดมีพลังงานสะสมภายในเนื้อเยื่อไม่เท่ากัน และมีความต้องการพลังงานในการดำรงชีวิตไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าระดับความร้อนลดลงสู่ปกติก่อนที่ปะการังจะหมดพลังงานสะสม ปะการังจะสามารถปรับตัวสู่สภาวะปกติได้ โดยการดึงเอาสาหร่ายเซลล์เดียวจากน้ำทะเลกลับเข้าสู่เนื้อเยื่อใหม่ และเริ่มดำเนินชีวิตปกติต่อไป แต่ถ้าระดับความร้อนสูงอยู่นานจนปะการังหมดพลังงานสะสม ปะการังก็จะเริ่มตายโดยอาจมีลักษณะเป็นการตายบางส่วนของโคโลนีหรือตายทั้งโคโลนี จากการติดตามสถานการณ์การฟอกขาวในปี 2553 ของหน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรมไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถจัดลำดับสกุลหรือชนิดปะการัง ออกเป็น 5 กลุ่ม เรียงจากปะการังที่เกิดการฟอกขาวน้อยที่สุด หรือมีความทนทานต่อการฟอกขาวสูงที่สุด ไปหาปะการังที่เกิดการฟอกขาวมากและตายจากการฟอกขาวมากที่สุดหรือมีความทนทานต่อการฟอกขาวต่ำที่สุด ได้ดังต่อไปนี้

**1. กลุ่มที่มีความทนทานสูงสุด** เป็นปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวน้อยมากหรือแทบไม่เกิดเลยในบางแนวปะการัง ได้แก่ ปะการังสีน้ำเงิน (*Heliopora coerulea*) พบในแนวปะการังหลายแห่งทางฝั่งทะเลอันดามัน กลุ่มปะการังลายดอกไม้โดยเฉพาะชนิดที่มีรูปทรงแผ่นตั้ง เช่น *Pavona decussata* และ *P. frondifera* พบมากในแนวปะการังฝั่งอ่าวไทย และปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea heliopora*) พบได้ทั่วไปทั้งแนวปะการังฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน แม้ว่าปะการังกลุ่มนี้จะมีความทนทานสูงมาก แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าปะการังดาวใหญ่ที่แทบจะไม่เกิดการฟอกขาวเลยกลับเกิดการตายบางส่วนของโคโลนีอย่างมากเนื่องจากเกิดโรครัดขึ้น โรครัดปะการังหลายชนิดทำให้ปะการังดาวใหญ่เกิดการตายบางส่วนของโคโลนีและเกิดการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ

**2. กลุ่มที่มีความทนทานค่อนข้างสูง** เป็นปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวเพียงบางส่วนของประชากร และประชากรส่วนใหญ่มีการฟื้นตัวกลับมาในสภาพปกติหรือเกิดการตายเพียงบางส่วนของโคโลนี โดยส่วนที่เหลือรอดมีมากกว่าร้อยละ 50 ของโคโลนี ได้แก่ กลุ่ม**ปะการังโขด** โดยเฉพาะกลุ่มที่มีรูปทรงก้อน เช่น *Porites lutea*, *P. lobata* และ *P. solida* และกลุ่มปะการังช่องดาว (*Astreopora sp.*) กลุ่มปะการังโขดรูปทรงก้อนนี้เป็นปะการังชนิดเด่นของแนวปะการังส่วนใหญ่ใน

ประเทศไทย ตั้งแต่ก่อนปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว โดยมักจะครอบคลุมพื้นที่แนวปะการังส่วนใหญ่ (เป็นสัดส่วนหลายเท่าของพื้นที่ครอบคลุมของปะการังชนิดอื่น) หลังจากอุณหภูมิน้ำทะเลลดลงสู่ระดับปกติ ปะการังโขดเป็นกลุ่มปะการังกลุ่มแรกๆ ที่สามารถฟื้นตัวกลับมามีสีปกติในหลายพื้นที่ ได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรเดิม ทำให้ปะการังเด่นที่ครอบคลุมพื้นที่แนวปะการังส่วนใหญ่ยังเป็นกลุ่มปะการังโขดเช่นเดิม

**3. กลุ่มที่มีความทนทานปานกลาง** เป็นกลุ่มปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวมากบ้างน้อยบ้าง และมีการฟื้นตัวมากน้อยแตกต่างกันทั้งในระดับประชากรและในระดับพื้นที่ ได้แก่ กลุ่มปะการังดอกเห็ด (*Fungia spp.*, *Ctenactis echinata*, *Herpolitha sp.*) ปะการังสมองร่องใหญ่ (*Symphyllia recta*) ปะการังถั่วสมอง (*Lobophyllia hemprichii*) ปะการังลูกโป่งใหญ่ (*Plerogyra sinuosa*) **ปะการังจาน** (*Turbinaria sp.*) และปะการังหลายชนิดในครอบครัว Faviidae เช่น ปะการังวงแหวน (*Favia sp.*) ปะการังรังผึ้ง (*Goniastrea sp.*) ปะการังช่องเหลี่ยม (*Favites sp.*) ปะการังช่องหนาม (*Echinopora lamellosa*) และกลุ่มปะการังหมวดดอกไม้ทะเล (*Goniopora sp.* และ *Alveopora sp.*) เป็นต้น ปะการังในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบหลักของแนวปะการัง จึงทำให้การตายหรืออัตราส่วนการลดลงของพื้นที่ของปะการังกลุ่มนี้ไม่ชัดเจนในภาพกว้างระดับแนวปะการัง

**4. กลุ่มที่มีความทนทานค่อนข้างต่ำ** เป็นกลุ่มปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวและมีการตายค่อนข้างสูง ส่วนของโคโลนีที่เหลือรอดมีน้อยกว่าร้อยละ 50 ของโคโลนี เช่น ปะการังสมองร่องเล็ก (*Platygyra sp.*) ปะการังใบร่องหนาม (*Merulina sp.*) ปะการังหนามขนุน (*Hydnophora sp.*) และปะการังแผ่นเปลวไฟ (*Pectinia sp.*) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพยายามจำแนกปะการังกลุ่มนี้จากกลุ่มที่มีความทนทานปานกลางยังไม่ใช่อันที่แน่ชัด เนื่องจากยังขาดข้อมูลสภาพกายภาพละเอียด เช่น การหมุนเวียนของกระแส น้ำ การบดบังแสงหรือปัจจัยอื่นที่ช่วยลดผลกระทบของอุณหภูมิและความร้อนเฉพาะของแต่ละแนวปะการัง รวมทั้งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของการเกิดฟอกขาวตามช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่อุณหภูมิน้ำทะเลเริ่มสูงผิดปกติ ซึ่งข้อมูลพื้นที่เหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจคุณสมบัติความทนทานของปะการังแต่ละชนิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

**5. กลุ่มที่มีความทนทานต่ำที่สุด** เป็นกลุ่มปะการังที่พบว่ามักจะเกิดการฟอกขาวทั้งโคโลนีและเกิดการฟอกขาวเกือบทั้งหมดของประชากรที่พบในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งเกิดการตายสูงมาก ได้แก่ **ปะการังกลุ่มเขากวาง** (*Acropora sp.*) โดยเฉพาะชนิดที่มีรูปทรงโต๊ะและรูปทรงกิ่งเขากวาง เช่น *Acropora hyacinthus*, *A. clathrata*, *A. florida* และ *A. muricata* เป็นต้น ส่วนปะการังเขากวางรูปทรงพุ่ม (*Digitate* และ *Corymbose*) ได้รับผลกระทบมากเช่นกัน แต่ยังพบเหลือรอดกระจายอยู่บ้างในหลายพื้นที่แม้ว่าจะมีการตายบางส่วนของโคโลนีค่อนข้างสูง เช่น *A. digitifera*, *A. samoensis*, *A. millepora* และ *A. tenuis* เป็นต้น นอกจากปะการังเขากวางยังมีปะการังกลุ่มอื่นที่

มีความต้านทานต่อการฟอกขาวต่ำ ได้แก่ ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) ปะการังผิวเกล็ดน้ำแข็ง (*Montipora sp.*) และปะการังผิวขี้ ( *Porites rus*) แม้ว่าปะการังเหล่านี้จะเกิดการฟอกขาวอย่างรุนแรงและมีการตายสูงมากแต่ยังพบเหลือรอดอยู่ในเกือบทุกพื้นที่ ปะการังเหล่านี้มีการเจริญเติบโตค่อนข้างเร็ว โดยเฉพาะปะการังผิวเกล็ดน้ำแข็งและปะการังผิวขี้ ส่วนปะการังดอกกะหล่ำมีวงจรการสืบพันธุ์เร็วทำให้เกิดการทดแทนประชากรได้เร็ว จึงมีการฟื้นตัวของประชากรในพื้นที่เร็ว (หน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย, 2554)

## 2.5 ปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญต่อสุขภาพปะการัง

### 2.5.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญต่อการฟอกขาวของปะการังและเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการอยู่รอด การเจริญเติบโตของปะการัง และการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซูแซนเทลลี (Baird และ Hughes 2000; Ferrier-Pagès และคณะ, 2007; Chow และคณะ, 2009) อุณหภูมิที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้จำนวนสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังลดลง แต่ไม่ส่งผลกับจำนวนรงควัตถุในสาหร่าย และอุณหภูมิยังส่งผลต่อการปล่อยตัวอ่อนและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของปะการัง (Nozawa, 2012) เช่น ปะการังเขากวางที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง การพัฒนาและการปล่อยเซลล์สืบพันธุ์สู่มวลน้ำจะเร็วกว่าปะการังที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (Baird และคณะ, 2000) นอกจากนั้นความทนทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของปะการังยังขึ้นอยู่กับระดับความเค็มเช่นกัน (Coles และ Jokiel, 1978) อุณหภูมิเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดการแพร่กระจายและความหลากหลายของชนิดปะการังในเขตละติจูดต่างๆ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเกิดแนวปะการังอยู่ในช่วงเฉลี่ย 26 ถึง 28 องศาเซลเซียส และมีความคงที่ เนื่องจากพบว่ากระบวนการตกตะกอนของแคลเซียมจากน้ำทะเลเพื่อสร้างโครงสร้างแข็งจะเกิดได้ดีในสภาพแวดล้อมดังกล่าว ซึ่งเป็นลักษณะของน้ำตื้นในเขตร้อน บริเวณนี้จึงเป็นแนวปะการังที่สมบูรณ์และมีจำนวนชนิดปะการังมากกว่าเมื่อเทียบกับเขตอบอุ่น (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2548) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลอาจส่งผลต่อปะการัง เช่น ทำให้เกิดการฟอกขาวหรือยับยั้งการสืบพันธุ์ หากอุณหภูมิของน้ำทะเลสูงขึ้นแม้เพียงเล็กน้อยในช่วงฤดูร้อนก็อาจส่งผลกระทบต่อแนวปะการังโดยเฉพาะในเขตร้อนได้ เช่น การเกิดปรากฏการณ์ฟอกขาวขึ้นในแนวปะการังบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน เมื่อ พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2538 และในอ่าวไทยเมื่อ พ.ศ.2541 มีสาเหตุจากอุณหภูมิน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นผิดปกติ คือ 31 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิกปกติ 29 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าปะการังที่ฟอกขาวส่วนใหญ่สามารถกลับคืนสู่สภาวะปกติได้ ยกเว้นปะการังเขากวางซึ่งมัก

ตายไป (हररชา जररย์แสง, 2542) และเนื่องจากอุณหภูมิน้ำทะเลถือเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปะการัง และสาหร่ายซูแซนเทลลี จึงมีผู้วิจัยได้กล่าวถึงผลของอุณหภูมิ เช่น

Hoegh-Guldberg และ Smith (1989): อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สาหร่ายมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำลง และการเผาผลาญออกซิเจนไม่ปกติ รวมถึงอัตราการหลุดออกจากปะการังเพิ่มมากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มขึ้นจากปกติ 27 องศาเซลเซียส เป็น 32 องศาเซลเซียส สาหร่ายจะมีสีจางลงและมีจำนวนต่อพื้นที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และหากเพิ่มอุณหภูมิเป็น 34 องศาเซลเซียส ปะการังจะตายภายใน 8 ชั่วโมง

Sakami (2000): อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความเข้มแสงที่ลดลง ทำให้ความทนทานของสาหร่ายที่แยกจากปะการังลดต่ำลง

## 2.5.2 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำเกิดจากเกลือต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ การตรวจวัดความเค็มเป็นการตรวจวัดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำที่พบในน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย โดยมีหน่วยเป็น practical salinity unit หรือ psu แสดงถึงค่าความเค็มที่วัดได้ ความเค็มของน้ำแต่ละแหล่งจะมีค่าแตกต่างกันไป โดยน้ำทะเลมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 35 psu น้ำจืดมีค่าไม่เกิน 0.5 psu น้ำกร่อยมีค่า 0.5 ถึง 30 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ปะการังต้องการความเค็มของน้ำทะเลค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 30 ถึง 36 psu (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2548) ปริมาณน้ำฝนและน้ำจืดที่ไหลลงทะเล ทำให้ระดับความเค็มของน้ำทะเลมีค่าแตกต่างกันตามพื้นที่และฤดูกาล ซึ่งความเค็มส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซูแซนเทลลีการเจริญเติบโตของตัวอ่อนปะการัง ลดความสามารถในการดำรงชีวิตเมื่อต้องเผชิญกับอุณหภูมิของน้ำทะเลที่สูงขึ้น (Muthiga และ Szmant, 1987) การเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างรวดเร็วอาจทำให้ปะการังตาย (Sakai และคณะ, 1989; Jokiel และคณะ, 1993) เนื่องจากประมาณร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายซูแซนเทลลี เช่น คาร์โบไฮเดรตและออกซิเจนจะถูกถ่ายโอนไปยังปะการังที่เหลือร้อยละ 10 ถึง 22 จะใช้สำหรับการหายใจและการเติบโตของสาหร่าย (Davies, 1984; Edmunds และ Davies, 1986) จากการศึกษาปะการังเขากวางที่อยู่ทางตอนใต้ของ Great Barrier Reef ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการไหลของน้ำจืดจากแผ่นดินลงสู่น้ำทะเล จนทำให้ความเค็มในบริเวณนั้นมีค่าลดลง พบว่า ปะการังแต่ละชนิดมีความทนทานต่อความเค็มที่ลดลงแตกต่างกัน โดยปะการังเขากวางมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงน้อย ค่าความเค็มที่ลดลงจึงทำให้ปะการังเขากวางเกิดการฟอกขาว เช่นเดียวกับพื้นที่อ่าวไทยที่ได้รับผลจากมวลน้ำจืดปริมาณมากไหลลงสู่ทะเล ส่งผลให้อ่าวไทยได้รับอิทธิพลของความเค็มที่ต่ำอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุหนึ่งของปะการังฟอกขาวในพื้นที่ โดยมีผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษาผลของความเค็มต่อปะการังและสาหร่าย เช่น

Muthiga และ Szmant (1987): ปะการังโดยปกติจะมีความทนทานต่อระดับความเค็มที่เปลี่ยนแปลง พบว่า เมื่อระดับความเค็มสูงขึ้นถึง 42 psu หรือ ลดลงถึง 10 psu ปะการังมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและอัตราการหายใจที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปะการังในระดับความเค็มปกติ เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ต่อเซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลีมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ลดลง

Edmondson (1928): ปะการังแข็งชนิดต่างๆสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้เล็กน้อย ปะการังจะอ่อนแอหรือตายถ้าความเค็มมีระดับน้อยกว่า 25 psu หรือมากกว่า 45 psu

Ferrier-Pagès และคณะ (1999): หากความเค็มของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง  $\pm 2$  psu จากระดับความเค็มปกติ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปะการังลดลง เนื่องจากอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดต่ำลงร้อยละ 50 โดยความเค็มที่ต่ำลงมีผลมากกว่าความเค็มที่เพิ่มขึ้น

### 2.5.3 แสง

แสงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการแพร่กระจาย การก่อตัว และพัฒนาของแนวปะการัง เนื่องจากปะการังมีความสัมพันธ์กับสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อยู่ในเนื้อเยื่อ สาหร่ายจำเป็นต้องอาศัยแสงในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในกระบวนการสร้างหินปูนของปะการัง และด้วยสาเหตุที่การส่องผ่านของแสงจะลดลงตามความลึกของน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปะการังที่สามารถสร้างแนวได้ในเขตอินโดแปซิฟิกส่วนใหญ่มีการกระจายอยู่ที่ความลึกไม่เกิน 30 เมตร (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2548)

### 2.5.4 ความเป็นกรดต่าง (pH)

น้ำทะเลปกติจะมีคุณสมบัติเป็นด่างเล็กน้อย โดยในน้ำทะเลจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะอยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก แต่ไม่ได้ทำให้น้ำทะเลมีฤทธิ์เป็นกรด เนื่องจากเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำจะอยู่ในหลายรูปแบบ คืออาจอยู่ในรูปในรูปของกรดคาร์บอนิก ที่สามารถแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออน ไบคาร์บอเนตไอออน และคาร์บอเนตไอออน ถ้าน้ำทะเลมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะเกิดปฏิกิริยา เพื่อ pH ให้เพิ่มขึ้น ทำให้ไฮโดรเจนไอออนลดลง แต่ถ้าน้ำทะเลมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้น จะเกิดการปรับ pH ให้ลดลง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้คือการมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำทะเล (อาทิตย์ ผลาผล, 2558)

ความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อตัวอ่อนของปะการัง ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อปะการังและสาหร่ายจะอยู่ในช่วง 8.0 ถึง 8.6 โดยน้ำทะเลที่มีความเป็นกรดต่างลดลงสามารถชะลอการเติบโตของโพลีปปะการังได้ ซึ่งความเป็นกรดต่างของน้ำ



ทะเลลดลงเป็นผลมาจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลต่อการอัตราการลงเกาะของตัวอ่อนและการลดลงของอัตราเมทาบอลิซึม และความเป็นกรดต่างที่ต่ำยังทำให้การเติบโตของโพลีปแรกเริ่มของตัวอ่อนปะการังเขากวางลดลง (Suwa และคณะ, 2010) โดย Reefkeeping Magazine (2008): ระบุว่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลธรรมชาติควรอยู่ที่ 8.0-8.3 และจากมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการังของกรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ว่าค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลควรอยู่ในช่วง 7.0-8.5

### 2.5.5 แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียจะอยู่ในภาวะสมดุลระหว่างแอมโมเนียไม่แตกตัวหรือแอมโมเนียอิสระ (Unionized Ammonia หรือ free ammonia,  $\text{NH}_3$ ) กับแอมโมเนียมไอออน (Ionized Ammonium หรือ Ammonium ion,  $\text{NH}_4^+$ ) ปฏิกิริยาสมดุลของสารละลายแอมโมเนียสามารถเขียนได้ดังสมการ  $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \longleftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$  ;  $K = 10^{-9}$  หรือ  $\text{NH}_4^+ \longleftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$  (มันสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา, 2539) สมดุลของสารละลายแอมโมเนียถูกควบคุมโดยความเป็นกรดต่างเป็นหลัก เมื่อความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไม่แตกตัวเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดต่างที่เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไม่แตกตัวเพิ่มขึ้น 10 เท่า ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม (Total Ammonia, TA) หรือเรียกสั้นๆ ว่า แอมโมเนีย (Lawson, 1995; Boyd และ Tucker, 1998) จึงเป็นผลรวมของความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนกับแอมโมเนียไม่แตกตัว  $\text{Total Ammonia (TA)} = \text{NH}_3 + \text{NH}_4$

#### พิษของแอมโมเนีย

ในแหล่งน้ำทั่วไปแอมโมเนียเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีนในน้ำ กล่าวคือ สัตว์น้ำเกือบทุกชนิดขับถ่ายของเสียที่เป็นสารไนโตรเจนมากกว่าร้อยละ 50 อยู่ในรูปของแอมโมเนีย แอมโมเนียเข้าสู่ผ่านทางปุย อาหารปลา ซึ่งสิ่งขับถ่ายของปลาและการเน่าเปื่อยของสารประกอบไนโตรเจน ของเสียที่ถูกขับถ่ายออกมาจะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียและแตกตัวผสมอยู่ในน้ำ ซึ่งแอมโมเนียเป็นพิษต่อปลาและปะการัง เพราะหากมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำมากเกินไปจะทำให้ปลาเน่าเสียได้ แอมโมเนียในน้ำอาจถูกกำจัดออกได้หลายทาง พืชและสัตว์สามารถใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน สำหรับการเจริญเติบโตและดำรงชีวิต พืชสามารถดูดซับแอมโมเนียได้อย่างรวดเร็ว แบคทีเรียบางอย่างสามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียให้เป็นไนเตรท แอมโมเนียจะถูกย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียซึ่งจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทที่มีพิษน้อยกว่า (มันสิน ตัณฑุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา, 2539) Ip และคณะ (2001) รายงานว่าการขับถ่ายของสารประกอบไนโตรเจนส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 90) เกิดขึ้นโดยผ่านทางเหงือกในรูปของแอมโมเนียไม่แตกตัว ( $\text{NH}_3$ ) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไม่แตกตัวที่ถูกขับถ่ายออกมานั้นมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 2.5-3

ของปริมาณอาหารที่กินเข้าไปในแต่ละวัน (Lawson, 1995 และ Hargreaves, 1998) แอมโมเนียยังได้จากสิ่งขับถ่ายที่เป็นของแข็งซึ่งส่วนใหญ่จะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วโดยแบคทีเรีย (Hargreaves, 1998) แอมโมเนียอาจมาจากอาหารเหลือตกค้าง Funge-Smith และ Briggs (1998) พบว่า สารอินทรีย์ในอาหารกึ่งเมื่อถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียจะได้แอมโมเนียกลับคืนสู่มวลน้ำ นอกจากนั้นน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำก็มีแอมโมเนียปนเปื้อนอยู่เช่นกัน แต่มีสัดส่วนน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแอมโมเนียที่ได้จากการขับถ่ายของสัตว์น้ำหรืออาหารเหลือตกค้าง แอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีทั้งประโยชน์และโทษต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทั่วไปแพลงก์ตอนพืชหรือผู้ผลิตอื่นๆ ใช้แอมโมเนียเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าไนเตรทเพราะสามารถเอาแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ไปสร้างกรดอะมิโนได้โดยตรง (มนูวดี หังสฤกษ์, 2531) เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำกว่า 0.03 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แพลงก์ตอนพืชหรือผู้ผลิตจะใช้ไนเตรทเพื่อการเจริญเติบโต (Hargreaves, 1998) แอมโมเนียยังจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบน้ำหมุนเวียน ก่อนเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียนจึงจำเป็นต้องเติมสารละลายแอมโมเนียลงไปในระบบเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น หากขาดการจัดการที่ดี แอมโมเนียสะสมถึงระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ แอมโมเนียเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในลักษณะทำให้เกิดตาย (Sublethal) มักอ่อนแอและติดโรคได้ง่าย มากกว่าที่จะทำให้เกิดตายทันที (Hargreaves, 1998) อ้างตาม Hurvitz และคณะ, (1997) ที่กล่าวว่าในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำการสูญเสียทางเศรษฐกิจเนื่องจากความเป็นพิษของแอมโมเนีย นั้นเกิดจากสัตว์น้ำสัมผัสกับระดับแอมโมเนียที่ต่ำเป็นเวลานานมากกว่าการสัมผัสกับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่สูงมากๆ ที่ทำให้ตายโดยทันที แอมโมเนียเป็นพิษต่อปลาในทางอ้อม กล่าวคือ เมื่อแอมโมเนียในน้ำสูงเกินไป ทำให้สัตว์น้ำขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อย และทำให้ระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้พีเอชของเลือดสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาต่างๆของเอนไซม์ นอกจากนั้นเมื่อระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ยังมีผลเสียอื่น เช่น เซลล์เม็ดเลือดแดงและเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงถูกทำลายการลดความสามารถในการลำเลียงออกซิเจนของเลือด เหงือกเสียหาย ทำให้เนื้อเยื่อมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น (Lawson, 1995) แต่ผลของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำที่รู้จักกันทั่วไปคือ ทำให้สัตว์น้ำกินอาหารลดลง ลดการเจริญเติบโต หรือลดความสามารถด้านภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนียมีดังนี้ (นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2554)

1. ความเป็นกรดต่าง มีผลต่อความเป็นพิษของแอมโมเนีย โดยเปลี่ยนสมดุลของแอมโมเนียทั้งสองรูป เมื่อความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น จะทำให้เพิ่มสัดส่วนของแอมโมเนียไม่แตกตัว ซึ่งเป็นรูปที่เป็นพิษ โดยน้ำที่มีความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 7 แอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ ) ส่วนน้ำที่มีความเป็นกรดต่างมากกว่า 7 แอมโมเนียจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ยิ่งน้ำมี

ความเป็นกรดต่างสูงกว่า 7 มากขึ้นแอมโมเนียจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแอมโมเนียมมากขึ้นทำให้ความเป็นพิษเพิ่มมากขึ้น

2. ระดับแอมโมเนียที่ผันแปร ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแอมโมเนียผันแปรทุกๆชั่วโมงเนื่องจากความผันแปรของระดับการขับถ่ายแอมโมเนีย จากการวิจัยพบว่า สัตว์น้ำทนต่อระดับแอมโมเนียที่คงที่ได้ดีกว่าระดับที่ผันแปร

3. การเคลื่อนไหว (Exercise) Randall และ Tsui (2002) กล่าวว่า ปลาที่ว่ายน้ำมีระดับแอมโมเนียในร่างกายสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ resting fish ซึ่งระดับแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นนี้ เกิดจากการย่อยสลายของ adenylate เป็น inosinemonophosphate (IMP) และแอมโมเนียม ( $\text{NH}_4^+$ )

4. ภาวะเครียด เมื่อสัตว์น้ำเครียดทำให้มีการสร้างแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ซึ่งภาวะเครียดนี้อาจเกิดจากมีสัตว์น้ำหนาแน่นเกินไป Randall และ Tsui (2002) พบว่า ปลาที่เครียดไวต่อแอมโมเนียในน้ำมากกว่าปลาที่ไม่เครียด

#### เกณฑ์ความเข้มข้นของแอมโมเนีย

เกณฑ์ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำยังไม่ชัดเจน เนื่องจากพบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในระบบหนึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ ขณะที่ความเข้มข้นเดียวกันในอีกระบบหนึ่งอาจไม่มีผลกระทบต่อสัตว์น้ำ (MacIntyre และคณะ, 2008) ขณะเดียวกันเกณฑ์ความปลอดภัยของแอมโมเนียต่อปลาส่วนมากได้จากการทดลองกับปลาเทราต์หรือปลาแซลมอน นอกจากนั้นปลาในเขตอบอุ่นทนทานต่อแอมโมเนียสูงกว่าปลาในเขตอบอุ่น และปลาน้ำจืดทนทานต่อแอมโมเนียสูงกว่าปลาทะเล ข้อมูลเกี่ยวกับผลของแอมโมเนียต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีจำกัดมาก อย่างไรก็ตามสามารถใช้เกณฑ์เดียวกับปลาได้ด้วยความระมัดระวัง (Lawson, 1995) เดิมนั้นเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานของแอมโมเนียต่อปลาแสดงเป็นมิลลิกรัมแอมโมเนีย ( $\text{mgNH}_3$ ) ต่อมาองค์กรด้านสิ่งแวดล้อมของอเมริกา อ้างตาม IP และคณะ (2001) แนะนำให้ใช้ความเข้มข้นแอมโมเนียรวมเป็นมิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) แสดงความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำ เพราะจากการวิเคราะห์ข้อมูลความเป็นพิษของแอมโมเนียรวมต่อสัตว์น้ำ ชี้ว่าความเป็นพิษแอมโมเนียรวมไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ และผลการวัดแอมโมเนียที่ได้วัดเป็นแอมโมเนียรวม แต่การวัดพีเอชของน้ำยังจำเป็นอยู่เพราะพีเอชเป็นตัวกำหนดความเป็นพิษของแอมโมเนียที่สำคัญ จากเอกสารที่รวบรวมได้ พบว่าเกณฑ์และค่ามาตรฐานความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อสัตว์น้ำสามารถใช้ค่าแอมโมเนียทั้งในรูปแอมโมเนียรวมและแอมโมเนียอิสระ

Wajsbrod และคณะ (1991): ได้แนะนำค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมไนโตรเจนและแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ที่ปลอดภัยสำหรับปลา seabream (*Sparus aurata*) ไว้ที่ 1.2 และ 0.064 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

Lawson (1995): ได้แนะนำระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมไนโตรเจน และแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ที่ปลอดภัยต่อปลาเมื่อสัมผัสกับแอมโมเนียเป็นเวลานาน (มากกว่า 2 ถึง 3 สัปดาห์) ไว้ที่ 1.0 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมดังกล่าวใกล้เคียงกับ IP และคณะ (2001) ที่ได้กำหนดไว้ที่ 0.99 มิลลิกรัมต่อลิตร

Frances และคณะ (2000): ได้กำหนดค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยของปลา silver perch (*Bidyanus bidyanus*) ในรูปของแอมโมเนียอิสระ ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ไว้ที่ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร

Rodrigues และคณะ (2007): ศึกษาพิษเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อปลาช่อนทะเลวัยรุ่น พบว่า ค่า  $\text{LC}_{50-96}$  ชั่วโมง เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) เมื่อคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 0.05 ก็จะได้เป็นที่ปลอดภัยต่อปลาช่อนทะเลซึ่งเท่ากับ 0.057 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรมควบคุมมลพิษ (2550): ได้กำหนดค่าปริมาณแอมโมเนียในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการัง คือ จะต้องไม่เกิน 70 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร หรือ 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร

MacIntyre และคณะ (2008): ได้แนะนำค่าที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำเมื่อสัมผัสกับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) แบบ intermittent และคงที่ไว้ที่ 0.05 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

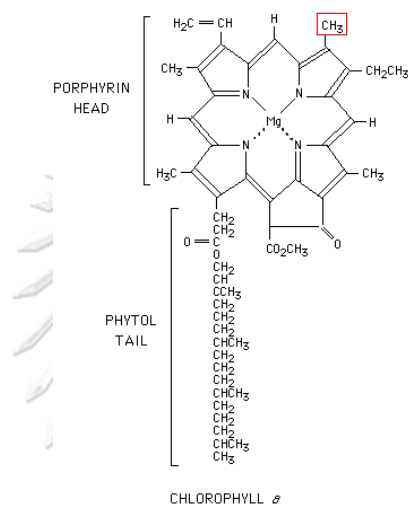
Reefkeeping Magazine (2008): ได้กำหนดค่าความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำทะเลธรรมชาติและระดับแนะนำในตู้เลี้ยงระบบปิดให้มีค่าน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากข้อมูลเหล่านี้จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อสัตว์น้ำเมื่อวัดเป็นแอมโมเนียรวมไนโตรเจนและแอมโมเนียอิสระ อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 1.2 และ 0.05 ถึง 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

## 2.6 คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) คือ รงควัตถุที่มีขนาดเล็กมากและเป็นสารประกอบที่มีสีเขียว สามารถพบได้ในส่วนที่มีสีเขียวของพืช สาหร่ายทุกชนิด และแบคทีเรียบางชนิด คลอโรฟิลล์เป็นโมเลกุลที่รับพลังงานจากแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อที่จะสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล จะได้นำไปใช้ในการดำรงชีวิต คลอโรฟิลล์อยู่ภายในโครงสร้างที่ชื่อว่า เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (Thylakoid membrane) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีเยื่อหุ้มที่อยู่ภายในออร์แกเนลล์ (Organelle) ที่ชื่อว่า คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) คลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นแสงสีฟ้าและแสงสีแดง แต่สามารถดูดกลืนช่วงคลื่นแสงสีเหลืองและแสงสีเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสง จะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงเอาไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ถูกดูดกลืน จึงสะท้อนออกมาเป็นแสงสีเขียวทำให้

มองเห็น คลอโรฟิลล์ในธรรมชาติมีหลายชนิด ซึ่งโครงสร้างของโมเลกุลหลักที่เหมือนกัน คือ มีวงแหวนไพโรล 4 วง แต่ละชนิดจะมีลักษณะโมเลกุลของโซ่ข้าง (Side chain) ที่แตกต่างกันไป ทำให้มีสมบัติการดูดกลืนที่แตกต่างกัน โดยที่คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) เป็นรงควัตถุหลักที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ขนาดของโมเลกุลใหญ่และไม่ละลายน้ำ คลอโรฟิลล์เอจะติดอยู่บริเวณเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ในเซลล์ ลักษณะโมเลกุลที่วงแหวนไพโรลวงที่สองมีโซ่ข้างเป็นหมู่เมทิล (-CH<sub>3</sub>) มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีชัดเจน คือ C<sub>55</sub>H<sub>77</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg แสดงดังภาพที่ 2-6 เพื่อความแม่นยำในการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะต้องทำการสกัดคลอโรฟิลล์ เอ ออกจากเซลล์ก่อน



ภาพที่ 2-6 โครงสร้างคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) (Major differences, 2013)

## 2.7 มลพิษที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ทางทะเล

ทะเลและชายฝั่ง นอกจากจะเป็นแหล่งผลิตปลาและสัตว์น้ำที่เป็นอาหารของคนไทย แหล่งใหญ่แล้ว ยังเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีความหลากหลายและมีคุณค่ามากมาย แต่ในปัจจุบันแหล่งทรัพยากรชายฝั่งทะเลของไทยเสื่อมโทรมลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากทะเลเป็นแหล่งสุดท้ายที่ของเสียจากแหล่งต่างๆ ถูกพัดมาตามลำน้ำแล้วสะสมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณอ่าวไทยซึ่งมีแม่น้ำที่สำคัญถึง 4 สายไหลมารวมกัน คือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง และยังมีสาเหตุสำคัญมาจากการพัฒนาด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วบริเวณชายฝั่ง ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างฟุ่มเฟือย โดยไม่คำนึงถึงความเสื่อมโทรมที่จะเกิดขึ้นกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการนำเอาเทคโนโลยีและวิทยาการต่างๆ มาใช้ในการดำเนินกิจกรรมในภาคการเกษตรอุตสาหกรรม พาณิชยกรรม และการท่องเที่ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดปัญหาจนเกิดเป็นมลพิษทางทะเล น้ำทะเลเสื่อมคุณภาพ และยังสร้างความเสียหายต่อพืชและสัตว์ที่อยู่อาศัยในทะเลและบริเวณชายฝั่งและความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้ก็ส่งผลย้อนกลับ

มายังมนุษย์ในด้านต่างๆเช่นเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบด้านเศรษฐกิจการท่องเที่ยว ด้านสุขภาพ หรือส่งผลให้เกิดความขัดแย้งทางสังคม เป็นต้น

**มลพิษทางทะเล** หมายถึง การที่มนุษย์นำเอาสิ่งต่างๆ ลงสู่สิ่งแวดล้อมในทะเล เช่น น้ำเสีย ขยะ ไม่ว่าจะเป็นโดยจงใจหรือไม่ หรือจะโดยทางตรงหรือโดยทางอ้อม เมื่อการกระทำนั้น ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ หรือการทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมในทะเลเสื่อมลง และทำให้คุณค่าทางสุนทรียภาพลดลง (กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

**แหล่งกำเนิดมลพิษ** มลพิษทางทะเลเกิดจากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรม และชุมชนเมืองต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ที่ดิน บริเวณชายฝั่งทะเล เช่น การเปลี่ยนพื้นที่การเกษตรไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม การเปลี่ยนป่าชายเลนไปเป็นนาุ้ง ทำให้สิ่งแวดล้อมทางทะเลเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว โดยมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต แหล่งกำเนิดมลพิษดังกล่าว สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดมลพิษจากชายฝั่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากที่สุด คือ ชุมชน สถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งอื่นๆที่สำคัญ ได้แก่ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ท่าเรือซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล และริมฝั่งแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล ซึ่งกิจกรรมจากชายฝั่งดังกล่าวทำให้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งและในทะเลเสื่อมโทรมลง

2. แหล่งกำเนิดมลพิษทางทะเล เกิดจากกิจกรรมในทะเลที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทางทะเล ได้แก่ การเดินเรือ การทำประมง และทำเทียบเรือบริเวณชายฝั่ง ทำให้ทะเลมีการปนเปื้อนของน้ำมันที่รั่วไหล นอกจากนี้การขุดร่องน้ำ การขุดเจาะก๊าซธรรมชาติและการทำเหมืองแร่ในทะเล ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายและเกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษ รวมทั้งปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

**มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง** ถูกแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550) เพื่อเป็นแนวทางในการนำหลักการการจัดการ และวิธีการมาควบคุมดูแลให้น้ำทะเลชายฝั่งสามารถเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อระบบนิเวศให้คงสภาพตามธรรมชาติ ตลอดจนให้มีการใช้ทรัพยากรทางทะเลอย่างเหมาะสม ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมวลมนุษย์ โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง มีดังนี้

ประเภทที่ 1 เพื่อการสงวนรักษาธรรมชาติ (Environmental preservation)

ประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง (Coral conservation)

การใช้ประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง หมายถึง บริเวณที่มีแหล่งปะการังสมบูรณ์ หรือปะการังที่เสื่อมโทรม แต่มีแนวโน้มที่จะฟื้นคืนสภาพได้ เช่น แนวปะการังในบริเวณอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะพีพี เกาะลันตา เกาะช้าง เป็นต้น โดยมีมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 2

เป็นตัวควบคุมคุณภาพน้ำทะเล ให้มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นพื้นที่อนุรักษ์แหล่งปะการัง (ค่ามาตรฐานแสดงในภาคผนวก ก)

ประเภทที่ 3 เพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่นๆ (Conservation of natural resource)

ประเภทที่ 4 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง (Aquaculture)

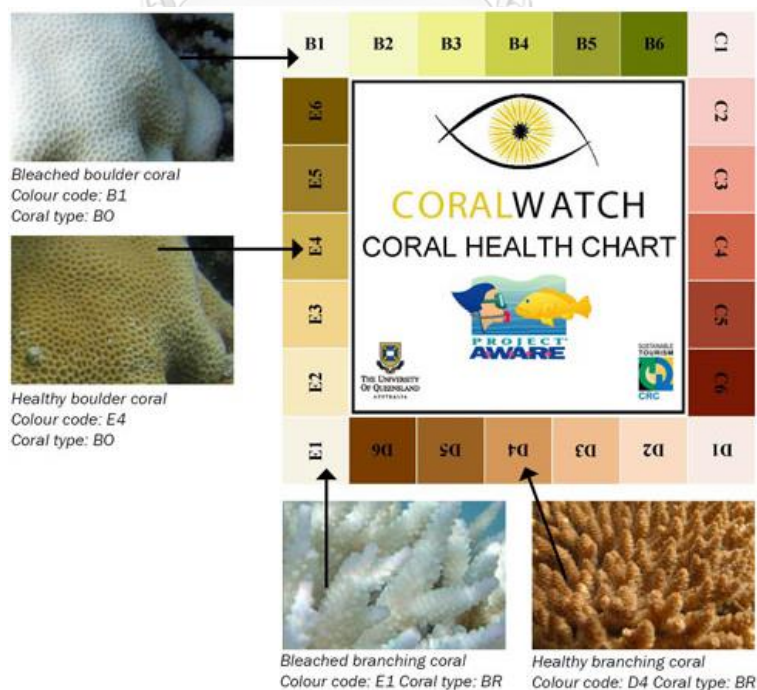
ประเภทที่ 5 เพื่อการว่ายน้ำ (Water contact sport)

ประเภทที่ 6 เพื่อการกีฬาทางน้ำอื่นๆ (Water proximity sport)

ประเภทที่ 7 บริเวณแหล่งอุตสาหกรรม (Industrial zone)

## 2.8 แผนภูมิสุขภาพปะการัง

แผนภูมिसีนี้ถูกสร้างขึ้นในปี 2002 โดยอ้างอิงจากสีที่แท้จริงของการฟอกขาวและสุขภาพของปะการัง แต่ละช่องสีที่ติดกันสอดคล้องกับจำนวนของผู้ที่อยู่อาศัยอยู่ร่วมกันในเนื้อเยื่อของปะการัง จำนวนประชากรของผู้ที่อาศัยอยู่ร่วมกัน มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับสุขภาพของปะการัง โดยต้องเทียบสีของปะการังกับสีของแผนภูมินี้เพียง 1 สี หลังจากนั้นบันทึกรหัสสีที่ตรงกันกับประเภทของปะการัง โดยสีระดับที่ 6 เป็นตัวแทนของปะการังที่มีสุขภาพดี และสีระดับที่ 1 เป็นตัวแทนของปะการังที่มีสุขภาพเสื่อมโทรม (ภาพที่ 2-7)



ภาพที่ 2-7 แผนภูมิสุขภาพปะการัง (Coral health chart) (Coral watch, 2002)

## 2.9 ความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

หมายถึง ผลเสียที่เกิดขึ้นภายหลังจากการได้รับสารเคมีทางปากหรือทางผิวหนัง ในปริมาณหนึ่ง เพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง ภายในเวลา 24 ชั่วโมงหรือทุก 24 ชั่วโมง ความเป็นพิษเฉียบพลันนั้นได้จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity test) ซึ่งเป็นการทดสอบความปลอดภัยของสารเคมีที่ให้สัตว์ทดลองในระยะสั้น เพื่อหาค่า  $LC_{50}$  (50% Lethal Concentration) ซึ่งหมายความว่า ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศหรือในน้ำที่เป็นสาเหตุทำให้กลุ่มของสัตว์ทดลองร้อยละ 50 (ครึ่งหนึ่ง) ตายภายในระยะเวลาที่กำหนด (ศรีศักดิ์ สุนทรไชย, 2558) โดยจะคำนวณค่า  $LC_{50}$  ได้จากการคำนวณที่เรียกว่าโพรบิท ซึ่งเป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์คำนวณที่ ถูกพัฒนาโดย Finney ในปี 1952 และเลือกใช้ค่า  $LC_{50}$  เนื่องจากค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่า  $LC_{50}$  จะอยู่ใกล้มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า LC อื่นๆ ค่าลอการิทึมของความเข้มข้นมีจำนวนที่ตอบสนองต่อระดับค่า  $LC_{50}$  สูงที่สุด และค่าในช่วง  $LC_{50}$  จะมีการเปลี่ยนแปลงของความชันหรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้อยกว่าช่วงอื่นๆ ดังนั้น  $LC_{50}$  จึงเป็นค่าที่ใช้สำหรับเป็นค่ามาตรฐานถึงการแสดงค่าความเป็นพิษของสารในสิ่งมีชีวิต

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bassim และ Sammarco (2003): จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำและสารอาหาร ในแนวปะการังรอบโลก ระบบนิเวศของแนวปะการังจึงกลายเป็นสิ่งที่น่ากังวลมากยิ่งขึ้น ได้ทำการศึกษาผลจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำทะเลกับตัวอ่อนสาหร่ายของปะการังสมอง (*Diploria strigose*) (Dana, 1846) ระยะเวลามากกว่า 9 วัน ทำการทดลองนี้เพื่อพิจารณาว่าการเพิ่มขึ้นตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการเอาชีวิตรอดของตัวอ่อนปะการังหรือไม่ โดยพิจารณาความถี่ในการลงเกาะด้วย ตัวอ่อนจะถูกนำมาไว้ในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 28 30 และ 32 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิในบรรยากาศตอนเก็บตัวอย่าง อยู่ที่ 29 องศาเซลเซียส) ตัวอ่อนในอุณหภูมิ 30 และ 32 องศาเซลเซียส จะมีความทนทานประมาณร้อยละ 50 และ 70 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าตัวอ่อนที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ในแต่ละอุณหภูมิ แต่ละกลุ่มตัวอ่อนจะถูกแยกออกจากกัน และจะสัมผัสกับแอมโมเนียม (ในรูป  $NH_4Cl$ ) ที่ความเข้มข้น 0 และ 20 ไมโครโมลต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นนี้จะคล้ายคลึงกับปริมาณที่ตรวจพบในน้ำทะเลของแนวปะการังในปัจจุบันของรัฐฟลอริดา ที่อุณหภูมิ 30 ถึง 32 องศาเซลเซียส จะทำให้ขั้นตอนการพัฒนาตัวอ่อนปะการังระยะต่างๆ ช้าหรือหยุดชะงัก ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เวลาที่ตัวอ่อนใช้ในการว่ายน้ำในโหมดการค้นหาจะมากกว่าที่อุณหภูมิ 28 หรือ 30 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 28 และ 30 องศาเซลเซียส ตัวอ่อนจะตอบสนองต่อแสงคล้ายกับปะการังแข็งชนิดอื่น การตอบสนองต่อแสงเบื้องต้นจะเป็นเชิงบวก และจะกลายเป็นเชิงลบเมื่อมากกว่าและเท่ากับ 50 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ



น้ำทะเล 32 องศาเซลเซียส ตัวอ่อนจะตอบสนองต่อแสงเชิงลบทันที โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มอุณหภูมิในน้ำทะเลจะทำให้การเคลื่อนที่และอัตราการลงของตัวอ่อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอุณหภูมิ และความเข้มข้นแอมโมเนียมที่มีอยู่ก็เป็นสาเหตุของตัวแปรที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน และผลจากการลดลงนี้ ผลกระทบจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

Baohua และคณะ (2004): ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ แอมโมเนีย และไนเตรทต่อการฟอกขาวของปะการัง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ปะการังเขากวาง (*Acropora nobilis*) พรหมทะเล (*Palythoa sp.*) และ ดอกไม้ทะเล (*Alveopora verrilliana*) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปะการังอยู่ในช่วง 23 ถึง 28 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการฟอกขาวหรือปะการังจะขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อถ้าอุณหภูมียุ่่นนอกช่วงดังกล่าว ในการทดลองกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ คือ 25 และ 32 องศาเซลเซียส ให้ปะการังอยู่เป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ปะการังไม่ได้ขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ แต่ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ปะการังขับสาหร่ายออกหลังชั่วโมงที่ 2 และขับออกเกือบทั้งหมดหลังจากชั่วโมงที่ 18 และเมื่อเปรียบเทียบ 3 สายพันธุ์ พบว่าดอกไม้ทะเลทนต่ออุณหภูมิได้น้อยกว่าอีก 2 สายพันธุ์ และเกิดการฟอกขาวขึ้นในช่วงเวลาสั้น และได้กำหนดความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรทที่ใช้ในการทดลอง คือ 0 0.001 0.01 0.1 และ 1 มิลลิโมลต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่าในทุกความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรทปะการังเขากวางมีการฟอกขาวมากที่สุด รองลงมา คือ ดอกไม้ทะเล โดยทั้ง 3 สายพันธุ์ จะขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อหรือเกิดการฟอกขาวจากแอมโมเนียมากกว่าไนเตรท ซึ่งปะการังเขากวางพบการฟอกขาวมากที่สุดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรท 0.1 และ 0.01 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ พรหมทะเลพบการฟอกขาวมากที่สุดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรท 0.001 มิลลิโมลต่อลิตร และดอกไม้ทะเลพบการฟอกขาวมากที่สุดที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรท 1 และ 0.001 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ

Siebeck และคณะ (2006): การประเมินขอบเขตของการฟอกขาวปะการังได้กลายเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาที่มุ่งไปยังความเข้าใจสภาวะของแนวปะการัง ในการศึกษาที่แผ่นเทียบสีที่ใช้อ้างอิงจะแยกความแตกต่างของสีปะการังที่พัฒนาโดยวิธีที่ไม่แพง เติบโตและแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว สำหรับการประเมินการฟอกขาว แผ่นเทียบสีจะกำหนด 6 ระดับ ซึ่งบ่งชี้ถึงความสว่างและความเข้มของสี มีทั้งหมด 4 สีเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสภาพการฟอกขาว อัตราการเปลี่ยนแปลงของปะการังตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นในการอาศัยอยู่ร่วมกันของสาหร่ายและจำนวนของคลอโรฟิลล์ เอ และด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นสภาพการฟอกขาวของแนวปะการัง วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมกับผู้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะมีความผิดพลาดของผู้สังเกตอยู่ที่  $\pm 1$  ระดับสี เทคนิคนี้จะพัฒนาความสามารถในการประเมินสภาพด้วยการสังเกตด้วยสายตาและทำให้เกิดแนวโน้มที่จะประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพของปะการังไวและกว้างขึ้น

กมลพร พัฒนศิริ (2556): อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความเค็มที่ลดลงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ฟอกขาวในปะการังและสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด เพื่อให้ทราบบทบาทความสำคัญของปัจจัยทั้งสองจึงทำการศึกษาความทนทานต่ออุณหภูมิและความเค็มใน Zooxanthellae ที่แยกจากปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) ปะการังดอกเห็ด (*Fungia fungites*) และดอกไม้ทะเล (*Epiactis sp.*) โดยทำการแยกเลี้ยงเซลล์ Zooxanthellae แบบปลอดเชื้อและทำการทดลองที่ 3 ระดับอุณหภูมิ ได้แก่ 27 (ควบคุม) 30 และ 33 องศาเซลเซียส โดยในแต่ละระดับอุณหภูมิประกอบด้วย 4 ระดับความเค็ม ได้แก่ 15 25 28 (ควบคุม) และ 33 psu สุ่มนับเซลล์ทุก 2 วัน เป็นเวลา 14 วัน ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเติบโตจำเพาะของ Zooxanthellae ในแต่ละระดับอุณหภูมิและความเค็มมีปฏิสัมพันธ์กับชนิดของผู้ให้อาศัยอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยที่ระดับอุณหภูมิ 27 และ 30 องศาเซลเซียส Zooxanthellae มีอัตราการเติบโตปกติ แต่มีค่าอัตราการเติบโตจำเพาะต่ำที่ระดับความเค็มต่ำ ในขณะที่ระดับอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส Zooxanthellae ไม่สามารถเติบโตได้ โดยเซลล์ส่วนใหญ่ตายในวันที่ 8 ของการทดลอง ยกเว้น Zooxanthellae ที่แยกจากดอกไม้ทะเล ที่ระดับความเค็มสูง เซลล์ส่วนใหญ่ตายในวันที่ 14 ซึ่งเป็นเวลาสิ้นสุดการทดลอง โดยเซลล์มีสีซีดจางและแสดงลักษณะของการสูญเสีย Cytoplasmic Organelles อย่างชัดเจน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิสูงและความเค็มต่ำส่งผลกระทบต่อการเติบโตและลักษณะเซลล์ของ Zooxanthellae

Kuanui และคณะ (2015): ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเค็มต่อการเจริญเติบโต การอยู่รอด และประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของปะการัง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) ปะการังเขากวาง (*Acropora millepora*) และปะการังสมอง (*Porites sinensis*) ที่มีอายุ 6 และ 18 เดือน โดยให้ปะการังสัมผัสกับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 5 อุณหภูมิ คือ 18 23 28 (อุณหภูมิปกติ) 33 และ 38 องศาเซลเซียส และระดับความเค็มที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 22 27 32 (ความเค็มปกติ) 37 และ 42 psu ผลการศึกษาพบว่าปะการังทั้ง 3 ชนิดไม่เจริญเติบโต อยู่ไม่รอด และมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่อุณหภูมิ 18 23 33 และ 38 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ปะการังสามารถเจริญเติบโตและอยู่รอดได้ เนื่องจากปะการัง *P. sinensis* มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มสูงสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มที่ 22 27 32 และ 37 psu ส่วนปะการังอีก 2 ชนิดสามารถเจริญเติบโตและอยู่รอดได้ที่ระดับความเค็ม 32 psu เท่านั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจึงมีผลต่อความเครียดของปะการังมากกว่าความเค็ม

Viyakarn และคณะ (2015): ศึกษาผลของการลดความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลต่อการลงเกาะและพัฒนาของตัวอ่อนปะการังดอกกะหล่ำ ที่เขาหมาจอก อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี โดยกำหนดระดับความเป็นกรดต่าง 3 ระดับ คือ 7.6 7.9 และ 8.1 (ควบคุม) และทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำรอบพื้นที่

ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม และความแตกต่าง ผลการศึกษาพบว่า การลดระดับความเป็นกรดต่างของน้ำส่งผลให้อัตราการลงเกาะและการพัฒนาของตัวอ่อนปะการังลดลงที่ระดับ 7.6 ปะการังมีอัตราการลงเกาะร้อยละ 3.33 และการพัฒนาตัวอ่อนหยุดในระยะเวลาที่ 2 หลังผ่านไป 8 ชั่วโมง แต่ที่ระดับ 8.1 อัตราการลงเกาะสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 26.67 และสามารถพัฒนาตัวอ่อนได้จนถึงระยะสุดท้าย (ระยะที่ 8) และที่ระดับ 7.9 ตัวอ่อนพัฒนาได้ถึงระยะที่ 7 นั้นหมายความว่า การลดระดับความเป็นกรดต่างให้น้อยกว่าระดับปกติจะส่งผลกระทบต่อ การลงเกาะและการพัฒนาตัวอ่อนของปะการัง

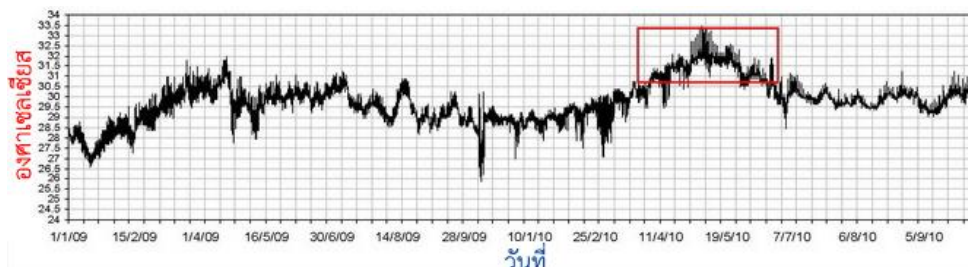
Chow และคณะ (2016): ได้ทำการประเมินสุขภาพขั้นพื้นฐานของปะการังโดยการประเมินปริมาณการฟอกขาวหรือการเปลี่ยนสีของปะการังที่เกี่ยวข้องกับร้อยละของความขาวด้วยการถ่ายภาพดิจิทัลของปะการังดอกไม้ทะเล นำรูปที่ถ่ายไปเปลี่ยนเป็นสีดำขาว แล้วใช้เทคนิควิเคราะห์รูปด้วยคอมพิวเตอร์ ปะการังที่ฟอกขาวโดยสมบูรณ์จะถูกนำไปประมาณเป็นร้อยละของความขาวซึ่งจะใกล้เคียงกับค่าร้อยละ 100 การทดลองนี้ได้ใช้ปะการังดอกไม้ทะเลในการทดลอง ซึ่งผลการทดลองพบว่าความรุนแรงของร้อยละความขาวแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ที่เชื่อมโยงกับระดับการฟอกขาวของปะการัง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าวิธีการนี้ควรจะมีการติดตามตรวจสอบซ้ำเพิ่มเติมในแต่ละโคโลนีของปะการังเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เด่นชัดในสี ซึ่งจะเป็นการประเมินสุขภาพขั้นพื้นฐานของปะการัง นอกจากนี้ร้อยละของความขาวที่ใช้ในการอ้างอิงของปะการังที่มีชนิดแตกต่างกัน สามารถทำให้เป็นมาตรฐานได้ สำหรับใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเวลาผ่านไป เพื่อระบุระดับความรุนแรงร้อยละของความขาวที่มีความเชื่อมโยงกับการฟอกขาวของปะการัง ดังนั้นวิธีการนี้ควรจะเป็นเครื่องมือที่ง่ายและแม่นยำในการประเมินสุขภาพของปะการังได้อย่างรวดเร็ว

Rungsupa และคณะ (2018): ได้ศึกษาการประเมินทางภาพถ่ายของความเครียดปะการัง: ผลของความเค็มต่ำต่อปะการังเขากวาง ปะการังดอกไม้ทะเล และปะการังลายดอกไม้ที่เกาะสีซัง ประเทศไทย โดย ปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) ปะการังดอกไม้ทะเล (*Goniopora sp.*) และ ปะการังลายดอกไม้ (*Pavona sp.*) ได้รับการทดสอบความเครียดด้วยความเค็มต่ำและความเค็มปกติที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 psu ตามลำดับ ภายใต้การถ่ายภาพน้ำและการสังเกตด้วยสายตาของปะการังถูกบันทึกไว้ที่เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง วิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิวและร้อยละการยึดโพลีป ด้วยการเปรียบเทียบกับ การสังเกตด้วยสายตา การทดลองดำเนินการภายใต้อุณหภูมิของน้ำค้ำที่และควบคุมความเข้มของแสงได้น้ำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความเค็มที่ต่ำลงมีผลต่อสุขภาพของปะการัง ค่าสุขภาพแอนโทรปีของปะการังเขากวาง เท่ากับ 1.57-1.62 และปะการังลายดอกไม้ เท่ากับ 4.26-4.46 ในทางตรงกันข้ามสำหรับปะการังดอกไม้ทะเลไม่มีค่าสุขภาพ

เอนโทรปี สามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์ค่าสุขภาพเอนโทรปีเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับการประเมินสุขภาพปะการังเขากวางและปะการังลายดอกไม้ เนื่องจากเป็นปะการังที่มีโพลิปลี่ยน ในขณะที่การสังเกตกิจกรรมปะการังด้วยสายตาและร้อยละการยึดโพลิปเหมาะสำหรับปะการังดอกไม้ทะเล เนื่องจากเป็นปะการังที่มีโพลิปยึดยาว

สำหรับในประเทศไทยจากการรายงานผลกระทบของปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวต่อแนวปะการัง จ.ตราด ปี 2553 โดยศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตะวันตก พบว่า ปะการังชนิดเด่นที่แสดงการฟอกขาวรุนแรง ได้แก่ ปะการังในกลุ่มปะการังเขากวาง (*Acroporidae*) ปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) และปะการังโหนด (*Porites lutea*) ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการฟอกขาวมากที่สุด คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้น ตามรายงานการศึกษาการตอบสนองของปะการังและแนวปะการังต่อเหตุการณ์การฟอกขาวของแนวปะการังปี 2534 ในทะเลอันดามัน ประเทศไทยของ อุกกฤต สตฤมินทร์ (2536) พบว่าบริเวณแนวปะการังสถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเล จ.ภูเก็ต เกิดการฟอกขาวในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นผิดปกติในปี 2534 โดยอุณหภูมิเฉลี่ยมากกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยปกติของฤดูร้อน 1-3 องศาเซลเซียส ติดต่อกันประมาณ 2 เดือนครึ่ง เช่นเดียวกับรายงานผลกระทบของการฟอกขาวต่อแนวปะการัง จ.ตราด โดยศูนย์วิจัยและทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตะวันออก พบว่า แนวปะการังโดยรวมฟอกขาวร้อยละ 70-80 เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนจาก 29 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคม 2553 เป็น 32 องศาเซลเซียส ในเดือนพฤษภาคม 2553 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการฟอกขาวที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี ในปี 2553 ที่มีอุณหภูมิ น้ำทะเลขณะนั้นอยู่ที่ 32.7 องศาเซลเซียส รวมถึงการฟอกขาวสามารถเกิดจากความเค็มที่ต่ำลงได้ เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยผลกระทบจากเหตุการณ์อุทกภัยปี 2554 ทำให้ปะการังบริเวณเกาะค้ำควา จ.ชลบุรี เกิดการฟอกขาว ซึ่งมีรายงานความเค็มอยู่ที่ 11.08 psu และในปี พ.ศ.2553 นับเป็นปีที่แนวปะการังเสียหายมากที่สุดเป็นประวัติการณ์ อุณหภูมิ น้ำทะเลจากปกติ 29 องศาเซลเซียส ได้เริ่มสูงขึ้นจนมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ปลายเดือนมีนาคม พ.ศ.2553 สามสัปดาห์ต่อมาปะการังได้เริ่มฟอกขาวแผ่พื้นที่เป็นวงกว้างคลุมทะเลทั้งฝั่งอันดามันและอ่าวไทย จึงได้ตั้งข้อสังเกตว่า ณ อุณหภูมิตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะเป็นจุดวิกฤตที่กระตุ้นให้เกิดการฟอกขาวของปะการัง ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบอื่นด้วยที่เป็นตัวกระตุ้นร่วม จากการสำรวจโดยหลายหน่วยงาน พบว่าในแต่ละพื้นที่มีปะการังฟอกขาวมากน้อยต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าบริเวณนั้นมีปะการังชนิดใดเป็นพวกที่ขึ้นครอบคลุมพื้นที่มาก หากพวกที่ขึ้นคลุมพื้นที่มากเป็นพวกที่ไวต่อการฟอกขาว พื้นที่นั้นก็จะได้รับผลกระทบมาก อย่างเช่น แนวปะการังที่มีปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) เมื่อประมาณโดยภาพรวมทั้งประเทศแล้ว พบว่าปะการังแต่ละแห่งฟอกขาวมากถึงร้อยละ 30 ถึง 95 ปะการังทุกชนิดฟอกขาวเกือบทั้งหมด ยกเว้น ปะการังสีน้ำเงิน (*Helipora coerulea*) ปะการังลายดอกไม้ (*Pavona decussata*) และปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea*)

*heliopora*) ที่ยังคงต้านอยู่ได้ และจากรายงานอุณหภูมิน้ำทะเลรอบเกาะภูเก็ตในปี 2553 ที่เพิ่มจากอุณหภูมิปกติ 29 องศาเซลเซียส เป็น 33.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2-8) ติดต่อกันเป็นเวลา 30 วัน ทำให้ปะการังบริเวณนั้นฟอกขาวบางส่วนหรือทั้งหมด (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)



ภาพที่ 2-8 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณเกาะภูเก็ต ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ.2552 ถึง กันยายน พ.ศ.2553 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า

1. ปัจจุบันผลกระทบที่มีต่อสุขภาพปะการังมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำทะเลมีแนวโน้มที่สูงขึ้น และยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อระดับสุขภาพปะการัง ทำให้ปะการังและระบบนิเวศปะการังใต้ท้องทะเลเสื่อมโทรมไปเมื่อสภาวะแวดล้อมในทะเลมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความเค็มของน้ำทะเลลดลง สาหร่ายจะผลิตสารที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของปะการัง ปะการังจึงต้องขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ การสูญเสียสาหร่ายเพื่อความอยู่รอด ทำให้ปริมาณรงควัตถุในปะการังลดลง ส่งผลให้ปะการังเหลือเพียงเนื้อเยื่อใส ทำให้เห็นสีขาวของโครงสร้างหินปูนที่อยู่ภายใน การที่ปะการังสูญเสียสาหร่ายไม่ได้มีผลเพียงสีสันเปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น แต่ยังมีหมายถึงสารอาหารที่ปะการังได้รับลดน้อยลงไปด้วย สาหร่ายจึงเป็นตัวแทนสุขภาพของปะการัง

2. ณ พื้นที่ศึกษา บริเวณเกาะสี่ซัง จ.ชลบุรี นอกจากปัจจัยด้านอุณหภูมิของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นแล้ว ระบบนิเวศทางทะเลเกาะสี่ซัง ปัจจุบันมีการระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆของชุมชนและเรือนถ่ายสินค้า การเพาะเลี้ยงบริเวณชายฝั่งที่ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์และสาหร่ายบางชนิดปกคลุมแนวปะการังเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลบริเวณเกาะสี่ซังเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแอมโมเนียอาจมีส่วนในการทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมหรือเกิดการฟอกขาวมากขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลในปัจจุบันเกี่ยวกับผลของแอมโมเนียที่ปลดปล่อยต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีจำกัดมาก จากงานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสุขภาพปะการัง พบว่ามีปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อสุขภาพปะการังหรือการฟอกขาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิที่มากกว่า 30 องศาเซลเซียส ความเค็มที่ลดลงต่ำกว่า 30 psu ความเป็นกรดต่างที่น้อยกว่า 8

ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทที่มากกว่า 0.1 และ 0.01 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนทำให้ตัวอ่อนของปะการังได้รับผลกระทบและสุขภาพปะการังเสื่อมโทรมลง

ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการัง ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 4 ระดับ คือ 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และอุณหภูมิกำหนดจากอุณหภูมิปกติของน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง คือ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส คือ อุณหภูมิน้ำทะเลสูงสุดของเกาะสีชังที่ตรวจวัดได้และเป็นอุณหภูมิที่มีรายงานว่าทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรม (มากกว่า 30 องศาเซลเซียส) และจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิคุณภาพน้ำทะเลบริเวณพื้นที่เกาะสีชัง พบว่า ค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ที่ 31 psu และค่าความเป็นกรดต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 8.1 จึงนำมาเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีสภาพใกล้เคียงกับน้ำทะเลบริเวณเกาะสีชัง และทำการคำนวณหาค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง จากการประเมินระดับสุขภาพปะการังด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการัง เพื่อหาค่าระดับแอมโมเนียที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขดของพื้นที่เกาะสีชัง ร่วมกับประเมินสุขภาพปะการังด้วยการหาค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลี และใช้เทคนิคการถ่ายภาพเพื่อคำนวณหาตัวร้อยละการยึดโพลิปของปะการัง

## บทที่ 3

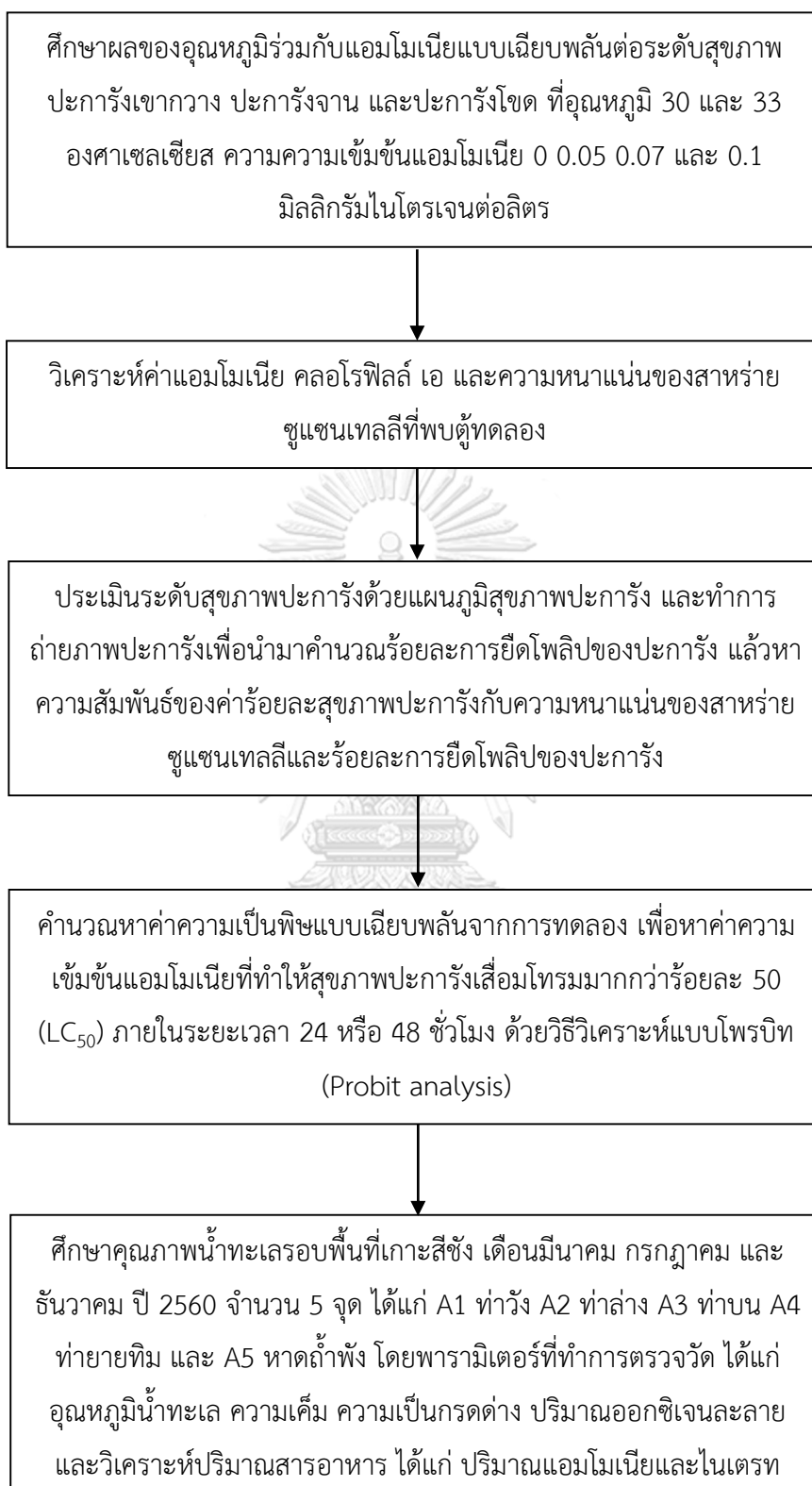
### แผนการทดลองและวิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการังทั้งสามชนิด ได้แก่ ปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ที่เป็นตัวแทนของปะการังแบบกิ่งก้าน ปะการังแบบแผ่น และปะการังแบบก้อน ตามลำดับ โดยกำหนดค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่แตกต่างกัน 4 ความเข้มข้น คือ 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร กำหนดอุณหภูมิที่ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย คลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลี (Zooxanthellae density) ที่พบในตู้ทดลอง นำปะการังทั้งสามชนิดที่ใช้ในการทดลองมาจากโรงอนุบาลปะการัง ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาปะการัง ของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

โดยทำการทดลอง คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด

จากนั้นประเมินระดับสุขภาพปะการังด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการัง และทำการถ่ายภาพปะการังเพื่อนำมาคำนวณร้อยละการยึดโพลีปของปะการัง แล้วหาความสัมพันธ์ของค่าร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีและร้อยละการยึดโพลีปของปะการัง ทำการคำนวณหาค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลันจากการทดลอง (Acute toxicity test) เพื่อหาค่าความเข้มข้นแอมโมเนียที่ทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 (50% Lethal Concentration: LC<sub>50</sub>) ภายในระยะเวลา 24 หรือ 48 ชั่วโมง ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis) และศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังเดือน มีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560 จำนวน 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง โดยพารามิเตอร์ที่ทำการตรวจวัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง ปริมาณออกซิเจนละลาย และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท (ภาพที่ 3-1)



ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงานวิจัย



ตารางที่ 3-1 ตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปร	พารามิเตอร์
ตัวแปรอิสระ	- ชนิดปะการัง ได้แก่ ปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด - ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร - อุณหภูมิน้ำทะเลที่ 30 และ 33 องศาเซลเซียส
ตัวแปรตาม	- ระดับสุขภาพของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด
ตัวแปรควบคุม	- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง 3 ลิตร - ความเค็มของน้ำทะเล 31 psu - ความเป็นกรดต่างของน้ำทะเล (pH 8.1) - ช่วงเวลาที่เก็บผลการทดลอง (ตอนกลางวัน)

### 3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

#### 3.2.1 เครื่องมือ

เครื่องชั่งสารเคมีทศนิยม 4 ตำแหน่ง (OHAUS)

กล้องดิจิทัล (Olympus stylus TG-4)

Ammonia medium range (HANNA HI 96715)

เครื่องวัดแบบหลายหัววัด (Multi-parameter water quality checker) (Horiba U-50)

pH Meter (Horiba LAQUAtwin)

Salt Meter (Horiba LAQUAtwin)

Nitrate Meter (Horiba LAQUAtwin)

เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Absorption spectrophotometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll meter)

ตู้อบสารเคมี

กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง

#### 3.2.2 อุปกรณ์

กระดาษชั่งสารเคมี (Lab paper)

ช้อนตักสาร (Spatula)

แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)

ปีกเกอร์ (Beaker)  
 กระบอบอกตวง (Cylinder)  
 ขวดแก้วสีชา (Amber glass bottle)  
 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 100 500 และ 1000 มิลลิลิตร  
 ปิเปต (Pipet) ขนาด 0.02 0.1 1 และ 10 มิลลิลิตร  
 หลอดทดลอง (Test tube)  
 กระดาษกรอง GF/C 0.2 ไมครอน  
 หลอดเซนติฟิว (Centrifuge tube)  
 ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร  
 สายยาง  
 หัวฟู่ให้อากาศ  
 ท่อพีวีซี  
 แท่งให้ความร้อน (Heating rod)  
 หลอดไฟ  
 แผ่น Sedgewick rafter counting chambers  
 ปั๊มลมให้อากาศ (Air pump)  
 ผ้ากรอง 20 ไมครอน

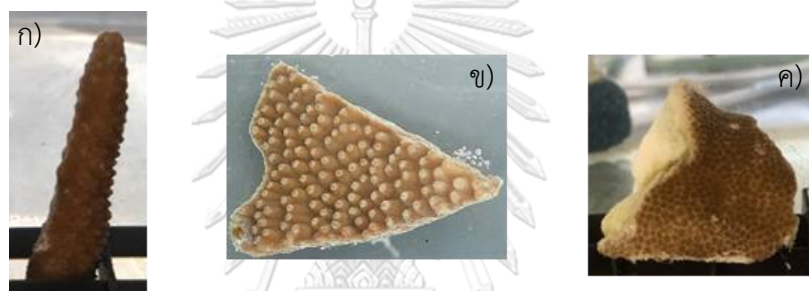
### 3.2.3 สารเคมี

แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride)  
 น้ำกลั่น de-ionized (DI Water)  
 ฟีนอล (Phenol)  
 เอธิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol)  
 โซเดียมไนโตรปริสไซด์ (Sodium nitroprusside)  
 โซเดียมไดคลอโรไอโซไซยาเนต (Sodium dichloroisocyanurate)  
 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)  
 ไตรโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต (tri-Sodium citrate dihydrate)  
 แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate)  
 อะซิโตน (Acetone)

### 3.3 การเตรียมตัวอย่างปะการังและน้ำทะเลที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่างปะการัง

นำโคลนของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด จากโรงอนุบาลปะการัง มาตัดเป็นชิ้นขนาดความยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร (ภาพที่ 3-2) จากโคลนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร แล้วนำแต่ละชิ้นไปยึดติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานก่อนนำไปปรับสภาพ ในบ่อน้ำทะเลกรองสภาวะปกติที่มีการให้อากาศและน้ำไหลเวียนตลอดเวลา เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และต้องนำปะการังที่จะใช้ในการทดลองไปเทียบกับระดับสีของแผนภูมิสุขภาพปะการังก่อนให้มีระดับสีเริ่มต้นเป็นระดับสีที่ 5-6 (ตัวแทนของปะการังที่มีสุขภาพดีถึงดีมาก) จากนั้นจึงนำไปศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับระดับของแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง ณ ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาปะการังของสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 3-2 ชิ้นปะการังที่ใช้ในการทดลอง ก) ปะการังเขากวาง ข) ปะการังจาน และ ค) ปะการังโขด

#### 3.3.2 การเตรียมน้ำทะเล

น้ำทะเลกรองที่ใช้ในโรงอนุบาลปะการัง ใช้ในการปรับสภาพปะการังก่อนการทดลอง และใช้ในการทดลอง เป็นน้ำทะเลธรรมชาติจากบริเวณหน้าสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเลและศูนย์ฝึกนิสิต เกาะสีชัง เนื่องจากเป็นบริเวณที่น้ำทะเลมีความสะอาดมากที่สุด ก่อนนำมาใช้ต้องนำน้ำทะเล ปริมาตร 1 ตัน มากรองโดยการกรองทราย (Sand filter) ที่ใช้ผ้ากรองขนาดรูพรุน 20 ไมครอน เพื่อให้ได้น้ำทะเลที่สะอาด ไม่มีสิ่งปนเปื้อน และเก็บไว้ใช้ตลอดการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเพื่อทำการตรวจวัดเซลล์ของสาหร่ายชนิดอื่นก่อน เนื่องจากจะมีการศึกษาค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลี

### 3.4 รวบรวมข้อมูลและศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง

#### 3.4.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังปี 2553-2558 (ภาคผนวก ข) เพื่อนำมากำหนดค่าความเป็นกรดต่างและความเค็มที่ใช้ในการทดลองให้เป็นค่าที่คงที่ตลอดการทดลอง และเปรียบเทียบแนวโน้มของค่าอุณหภูมิ น้ำทะเลและปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลพบว่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลที่เกาะสีชังมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.1 และความเค็มมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31 psu

#### 3.4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลทั่วไปในเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560 โดยคุณภาพน้ำที่วัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย ด้วยเครื่องวัดแบบหลายหัววัด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสารอาหาร คือ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) ที่ห้องปฏิบัติการสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล เกาะสีชัง ชลบุรี

ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง (ภาพที่ 3-3) โดยการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็นการกำหนดรอบเกาะเพื่อให้สอดคล้องกับจุดเก็บตัวอย่างของข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลทุติยภูมิ ซึ่งแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเป็นตัวแทนของลักษณะพื้นที่ที่มีการใช้ต่างกัน ดังนี้

จุดที่ A1 ท่าวัง: เกาะสีชังทิศตะวันออก ตัวแทนของบริเวณที่มีชุมชนและสถานประกอบการ เช่น ร้านอาหาร โรงแรม

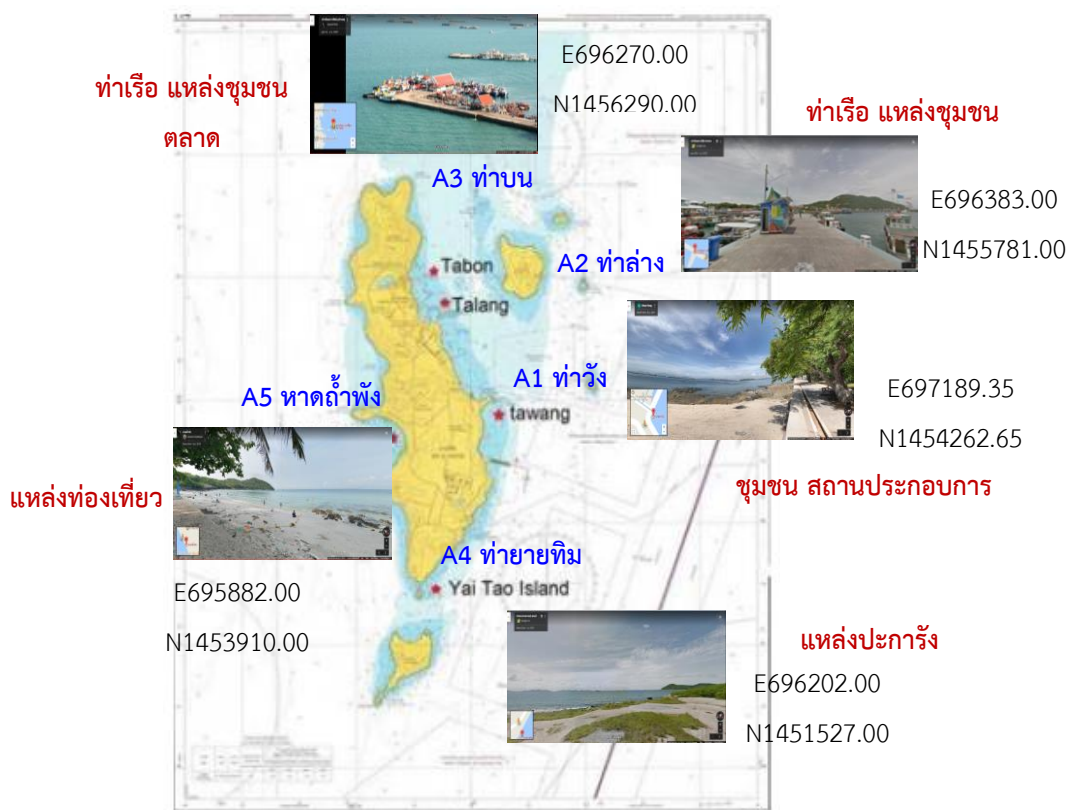
จุดที่ A2 ท่าล่าง: เกาะสีชังทิศตะวันออก ตัวแทนของบริเวณที่มีแหล่งชุมชนหนาแน่นท่าเรือและตลาด

จุดที่ A3 ท่าบน: เกาะสีชังทิศเหนือ ตัวแทนของบริเวณที่เป็นแหล่งชุมชนและท่าเรือ

จุดที่ A4 ท่ายายทิม: เกาะสีชังทิศใต้ ตัวแทนของบริเวณที่เป็นแหล่งอนุรักษ์ปะการัง

จุดที่ A5 หาดถ้ำพัง: เกาะสีชังทิศตะวันตก ตัวแทนของบริเวณที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล

โดยที่จุด A1 A2 และ A3 เป็นจุดของแหล่งชุมชนที่มีอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้สามจุดนี้เป็นบริเวณสำคัญของจุดที่มีการปล่อยน้ำเสีย



ภาพที่ 3-3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

### 3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด

1. ติดตั้งชุดทดลองโดยการเตรียมตู้กระจกขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 14 x 22 x 16 เซนติเมตร จำนวน 12 ตู้ แต่ละตู้ใส่น้ำทะเลที่กรองสะอาด ปริมาตร 3 ลิตร ควบคุมความเค็มและความเป็นกรดต่างให้คงที่ ต่อสายยางและหัวฟู่ให้อากาศในแต่ละตู้กระจก โดยปรับอัตราการไหลอากาศให้เท่ากัน และวางหัวฟู่ให้อากาศในแต่ละตู้ให้มีตำแหน่งที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 3-4)
2. เตรียมแอมโมเนียจากแอมโมเนียมคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ที่นำไปอบให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นออกแล้ว ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัม ไนโตรเจนต่อลิตร ใส่ลงในตู้กระจก ความเข้มข้นละ 3 ตู้ (3 ซ้ำ) จากนั้นทำการปรับอุณหภูมิของน้ำแต่ละตู้ให้เป็น 30 (ควบคุม) และ 33 องศาเซลเซียส ด้วยแท่งให้ความร้อน (Glass heating rod)
3. นำชิ้นปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด จากโรงอนุบาลปะการังใส่ลงในตู้กระจกตู้ละ 3 ชิ้น (รวมชนิดละ 36 ชิ้น) โดยทำการทดลองใส่ปะการังครั้งละชนิด

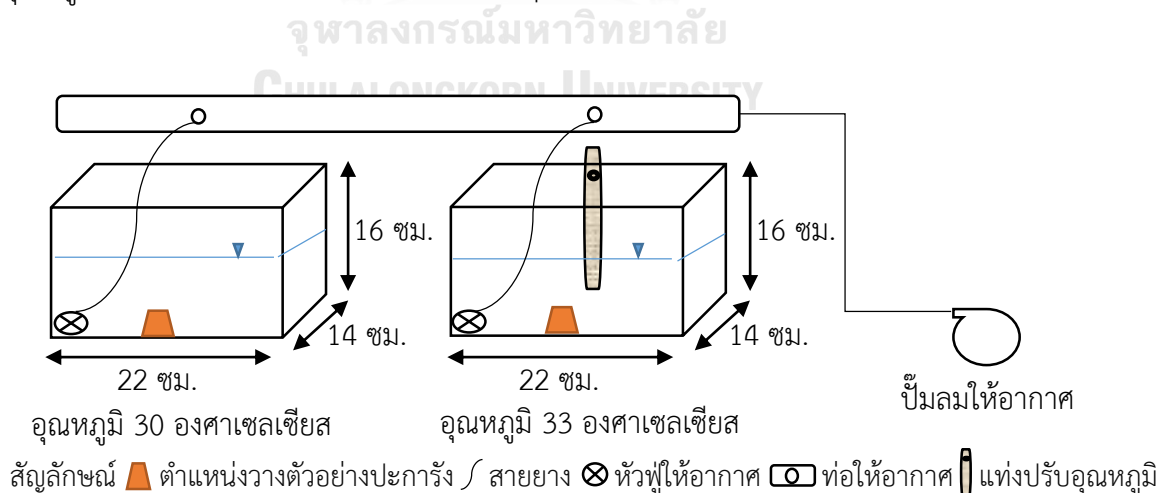
4. บันทึกภาพ วัดค่าอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดแอมโมเนียด้วย Ammoia medium range วัดความเค็มด้วย Salt meter วัดความเป็นกรดต่างด้วย pH meter และบันทึกสีของปะการังแต่ละชั้นที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับแผนภูมิสุขภาพปะการังทุก 0 12 และ 24 ชั่วโมง

5. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละตู้กระจกใส่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าแอมโมเนียด้วย Phenol-Hypochlorite method ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ด้วย Acetone extraction ตามวิธีของ Fitt และคณะ (2000) และค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลี (วิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค) แล้วเปลี่ยนน้ำทะเลที่เติมและไม่เติมแอมโมเนียปริมาตรร้อยละ 50 ของปริมาตรน้ำเดิม จากนั้นบันทึกภาพ วัดค่าอุณหภูมิ แอมโมเนีย ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง

6. เมื่อครบ 48 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละตู้กระจกใส่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลี และบันทึกสีของปะการังแต่ละชั้นที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับแผนภูมิสุขภาพปะการัง

หมายเหตุ การบันทึกภาพปะการังทั้งหมดทั้งก่อนและหลังการทดลอง จะต้องกำหนดจุดบันทึกภาพที่ตำแหน่งเดิมด้วยกล้องดิจิทัล ภายใต้แสงที่คงที่และโหมดที่เกี่ยวข้องในระดับเดียวกันก่อนบันทึกภาพ

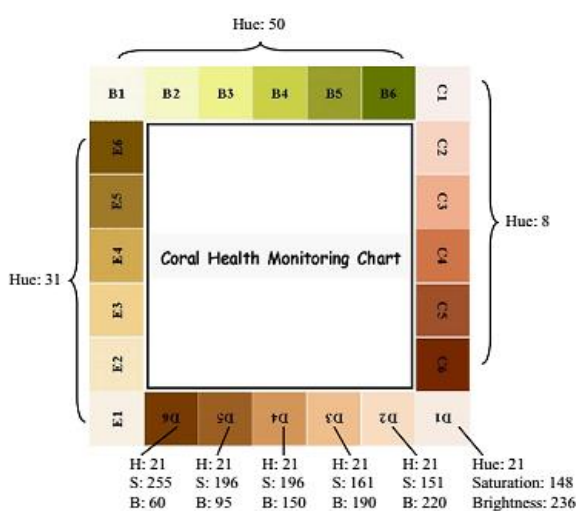
7. เมื่อครบ 48 ชั่วโมง นำปะการังที่ได้ทำการทดลองแล้วมาใส่ลงในบ่อปรับสภาพที่มีน้ำทะเลปกติที่ผ่านการกรองแล้ว เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับสุขภาพปะการังหลังสัมผัสกับอุณหภูมิและความเข้มข้นแอมโมเนียที่ระดับต่างๆ



ภาพที่ 3-4 แบบจำลองชุดการทดลอง

### 3.6 การประเมินระดับสุขภาพปะการังจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง

ทำการบันทึกภาพและประเมินระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการัง ซึ่งดัดแปลงมาจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง (Coral health chart) จาก Coral Watch (2002) (ภาพที่ 3-5) โดยกำหนดระดับสุขภาพปะการังเป็น 6 ระดับ กำหนดให้สีระดับที่ 6 เป็นตัวแทนของปะการังที่มีสุขภาพดีมาก และสีระดับที่ 1 เป็นตัวแทนของปะการังที่มีสุขภาพเสื่อมโทรม แล้วเปลี่ยนระดับสีที่ประเมินได้ให้เป็นร้อยละสุขภาพของปะการัง (ตารางที่ 3-2) ถ้าปะการังมีระดับสีต่ำกว่าระดับที่ 3 แสดงว่าปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50



ภาพที่ 3-5 ระดับสีที่ใช้ในการประเมินระดับสุขภาพปะการัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-2 ร้อยละสุขภาพของปะการัง

ระดับ	สุขภาพ	ร้อยละสุขภาพ	ร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรม
6	ดีมาก	100.00	0.00
5	ดี	83.33	16.67
4	ปานกลาง	66.67	33.33
3	พอใช้	50.00	50.00
2	แย่	33.33	66.67
1	เสื่อมโทรม	16.67	83.33

### 3.7 ศึกษาการยึดโพลีของปะการัง

ทำการบันทึกภาพถ่ายปะการัง เพื่อนำมานับจำนวนโพลีที่ยึดของปะการัง โดยเปลี่ยนสีภาพถ่ายจากสีจริงเป็นสีขาวดำ (256 gray scales) แล้วทำการนับจำนวนโพลีที่ยึด แทนสัญลักษณ์ด้วยจุดสีขาวและจำนวนโพลีทั้งหมดแทนสัญลักษณ์ด้วยจุดสีแดง จากนั้นทำการคำนวณหาร้อยละการยึดโพลีของปะการังจากสมการ (Rungsupa และคณะ, 2018)

$$\text{ร้อยละการยึดโพลีของปะการัง} = 100 \times \text{จำนวนโพลียึด} / \text{จำนวนโพลีทั้งหมด}$$

### 3.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการบันทึกจำนวนปะการังที่มีระดับสุขภาพต่ำกว่าระดับที่ 3 (ปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50) ในแต่ละระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย (0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส และนำค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังมาคำนวณหาค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 (LC<sub>50</sub>) จากการทดสอบค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute toxicity test) ที่เวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis) (Finney, 1952) ในโปรแกรม excel จากนั้นทำการประเมินระดับสุขภาพของปะการังจากการหาค่าความหนาแน่นสำหรับรายชูแซนเทลลีและคำนวณร้อยละการยึดโพลีของปะการัง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นของสาหร่ายชูแซนเทลลี และความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพกับร้อยละการยึดโพลีของปะการัง



## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เพื่อหาร้อยละสุขภาพของปะการัง ด้วยการประเมินจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง และคำนวณค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ( $LC_{50}$ ) ที่เวลา 48 ชั่วโมงของแอมโมเนียที่ทำให้ระดับสุขภาพปะการังเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 หรือจนปะการังเกิดการฟอกขาว ด้วยการวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis) ของปะการังทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลการศึกษาของปะการังแต่ละชนิดแสดงดังนี้

##### 4.1.1 ปะการังเขากวาง

ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ร้อยละสุขภาพของปะการังเขากวางที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4-1 ภาพที่ 4-2 และ 4-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางถึงดี (มีสีอยู่ในระดับมากกว่า 3 ขึ้นไป) คิดเป็นร้อยละ 79.63-83.33 และร้อยละ 79.63-74.07 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับแย่มากถึงดี คิดเป็นร้อยละ 48.89-79.63 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของทั้งสามสภาวะ พบว่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 จึงไม่สามารถนำไปหาค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังมีระดับสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ( $LC_{50}$ ) ได้ แต่ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับแย่มากถึงพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 25.93-48.15 และมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ในทุกความเข้มข้นของแอมโมเนีย คิดเป็นร้อยละ 51.85-74.07 โดยที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมสูงสุด เท่ากับร้อยละ 74.07 และเมื่อนำค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังไปคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท พบว่าที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง คือ 0.043 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ภาพที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 ร้อยละสุขภาพปะการังเขากวางที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ
	0 ชม.	12 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	ต่อเนื่อง 48 ชม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	0	0.05	0.07	0.1	
	83.33	83.33	79.63	79.63	20.37
	90.74	81.48	81.48	79.63	20.37
	88.89	85.18	81.48	75.93	24.07
	90.74	90.74	83.33	74.07	25.93

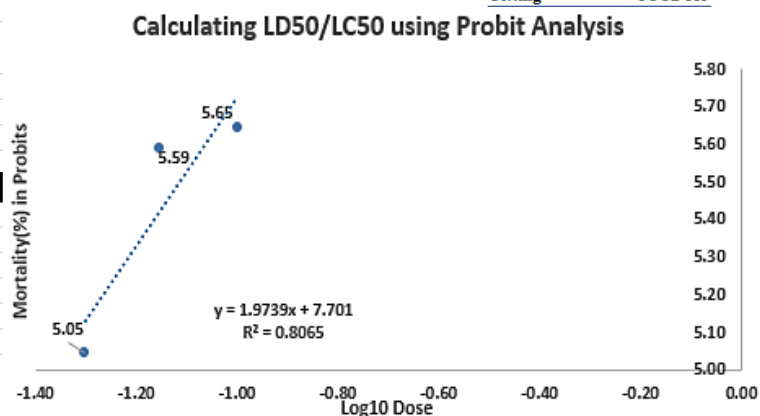
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ
	0 ชม.	12 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	ต่อเนื่อง 48 ชม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	0	0.05	0.07	0.1	
	83.33	59.26	48.89	48.15	51.85
	87.03	87.03	79.63	31.48	68.52
	85.18	59.26	53.70	27.78	72.22
	87.03	83.33	51.85	25.93	74.07

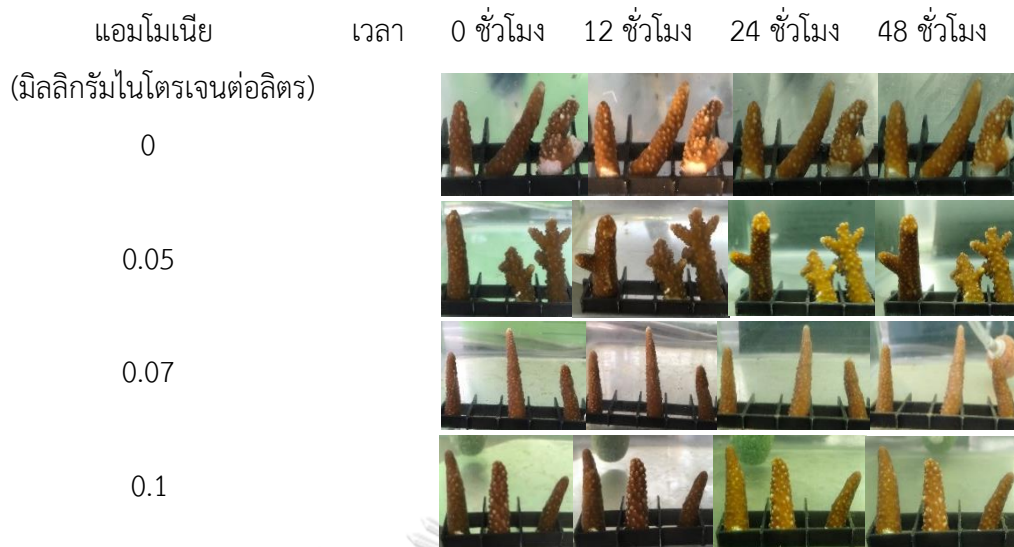
	Dose/Conc. Total	Dead
Control	0.00	100
2	0.05	100
3	0.07	100
4	0.10	100

Calculating LD50/LC50 using Probit Analysis		
Gr	Log10 Dose	Empirical Probits
2	-1.30	5.05
3	-1.15	5.59
4	-1.00	5.65

CURVE FITTING	
Slope	1.974
Intercept	7.701
SD (σ)	0.507
SE	0.121
R <sup>2</sup>	0.806
Chi-test (γ <sup>2</sup> ) Sig	0.589
df	1
Chi-Test	NON-SIG
Fitting	GOOD FIT

LD/LC (%)	LD/LC ppm	95% Fiducial CI	
		Lower	Upper
LD45	0.037	0.021	0.064
LD46	0.038	0.022	0.066
LD47	0.039	0.023	0.068
LD48	0.040	0.023	0.070
LD49	0.042	0.024	0.072
<b>LD50</b>	<b>0.043</b>	<b>0.025</b>	<b>0.074</b>
LD51	0.044	0.026	0.076
LD52	0.046	0.026	0.079
LD53	0.047	0.027	0.081
LD54	0.048	0.028	0.083
LD55	0.050	0.029	0.086
LD56	0.051	0.030	0.088

ภาพที่ 4-1 การวิเคราะห์โพรบิตคำนวณหาค่า LC<sub>50</sub> ของปะการังเขากวาง



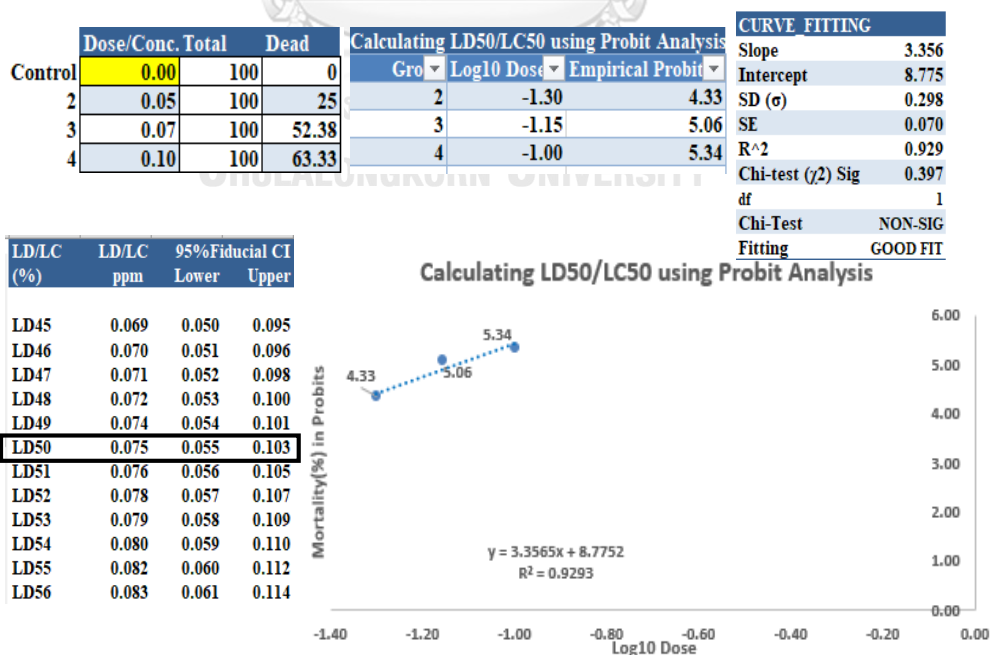
ภาพที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงของปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงของปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง

#### 4.1.2 ปะการังงาน

ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ร้อยละสุขภาพของปะการังงานที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4-2 ภาพที่ 4-5 และ 4-6 ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางถึงดี (มีสีอยู่ในระดับมากกว่า 3 ขึ้นไป) คิดเป็นร้อยละ 74.07-83.33 และร้อยละ 68.52-79.63 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี คิดเป็นร้อยละ 54.17-76.67 เมื่อเปรียบเทียบกับเป็นร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของทั้งสามสภาวะ พบว่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 จึงไม่สามารถนำไปหาค่า  $LC_{50}$  ได้ แต่ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับแย่มากถึงดี คิดเป็นร้อยละ 36.67-75.00 และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ปะการังมีค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 คือ ร้อยละ 52.38 และ 63.33 ตามลำดับ จึงสามารถคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ได้ โดยที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ทำให้ปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 63.33 เมื่อนำค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังที่มากกว่าร้อยละ 50 ไปคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท พบว่าที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง คือ 0.075 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ภาพที่ 4-4)



ภาพที่ 4-4 การวิเคราะห์โพรบิทคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ของปะการังงาน

ตารางที่ 4-2 ร้อยละสุขภาพปะการังงานที่อุณหภูมิตั้ง 30 และ 33 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิตั้ง 30 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ เสื่อมโทรม
	0 ซม.	12 ซม.	24 ซม.	48 ซม.	48 ซม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)					
0	100.00	85.19	79.63	79.63	20.37
0.05	100.00	85.42	83.33	77.08	22.92
0.07	100.00	81.48	79.63	75.93	24.07
0.1	100.00	83.33	74.07	68.52	31.48
อุณหภูมิตั้ง 33 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ เสื่อมโทรม
	0 ซม.	12 ซม.	24 ซม.	48 ซม.	48 ซม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)					
0	100.00	80.00	66.67	63.33	36.67
0.05	100.00	91.67	76.67	75.00	25.00
0.07	100.00	83.33	54.17	47.62	52.38
0.1	100.00	80.00	60.00	36.67	63.33



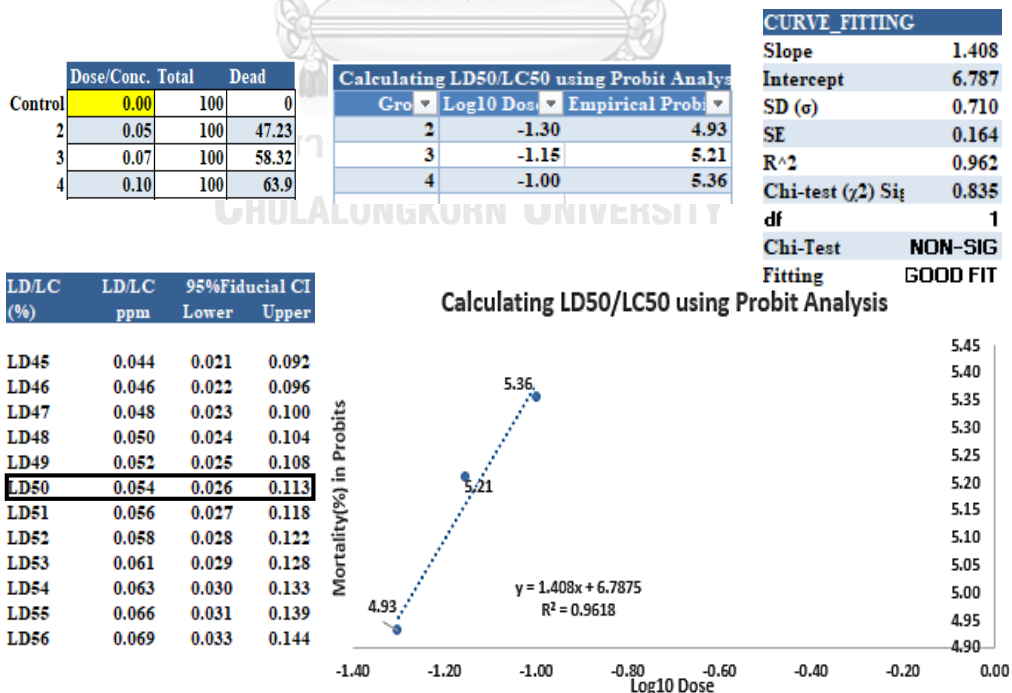
ภาพที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงของปะการังจาน (*Turbinaria sp.*) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส  
เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงของปะการังจาน (*Turbinaria sp.*) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส  
เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง

### 5.1.3 ปะการังโขด

ผลศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ร้อยละสุขภาพของปะการังโขด ที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4-3 ภาพที่ 4-8 และ 4-9 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับพอใช้ถึงปานกลาง (มีสีอยู่ในระดับมากกว่า 3 ขึ้นไป) คิดเป็นร้อยละ 58.33-66.67 และร้อยละ 55.55-66.67 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี คิดเป็นร้อยละ 55.55-66.67 เมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของทั้งสามสภาวะ พบว่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 จึงไม่สามารถนำไปหาค่า  $LC_{50}$  ได้ แต่ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับแยถึงปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 36.10-63.89 และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ปะการังมีค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 คือ ร้อยละ 58.32 และ 63.90 ตามลำดับ จึงสามารถคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ได้ โดยที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ทำให้ปะการังมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 63.90 เมื่อนำค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของปะการังที่มากกว่าร้อยละ 50 ไปคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบโพรบิท พบว่าที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ค่า  $LC_{50}$  ที่ 48 ชั่วโมง คือ 0.054 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ภาพที่ 4-7)



ภาพที่ 4-7 การวิเคราะห์โพรบิทคำนวณหาค่า  $LC_{50}$  ของปะการังโขด

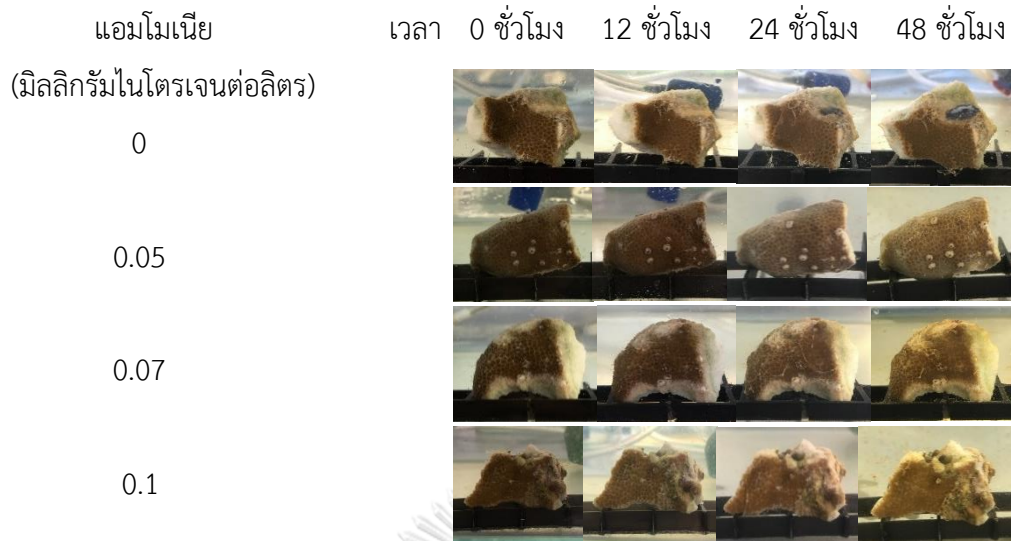
ตารางที่ 4-3 ร้อยละสุขภาพปะการังชนิดที่อุณหภูมิตั้ง 30 และ 33 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิตั้ง 30 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ เสื่อมโทรม
	0 ชม.	12 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	48 ชม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)					
0	83.33	83.33	66.67	66.67	33.33
0.05	83.33	83.33	66.67	63.89	36.11
0.07	83.33	80.55	63.89	61.11	38.89
0.1	83.33	74.99	58.33	55.55	44.45

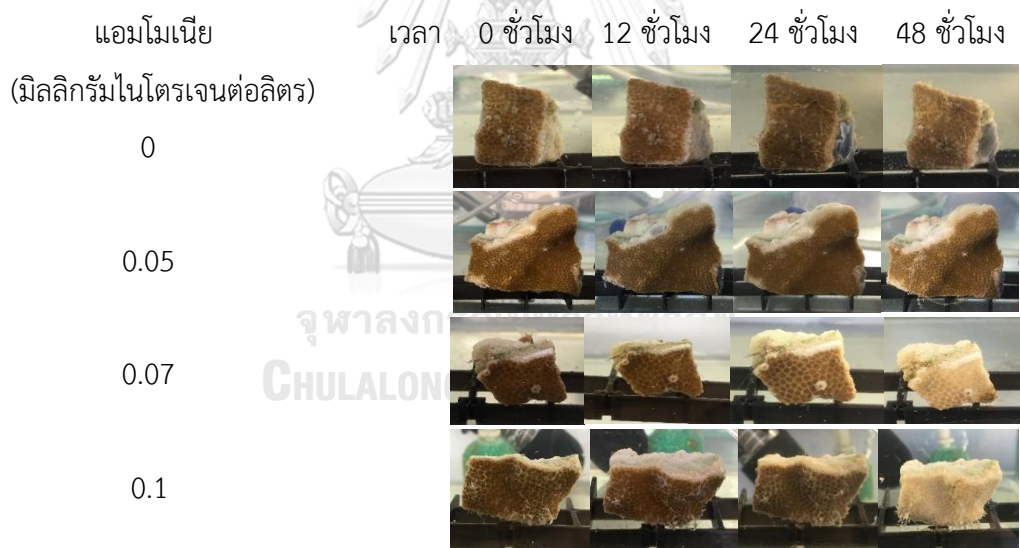
  

อุณหภูมิตั้ง 33 องศาเซลเซียส	ร้อยละสุขภาพ				ร้อยละสุขภาพ เสื่อมโทรม
	0 ชม.	12 ชม.	24 ชม.	48 ชม.	48 ชม.
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)					
0	83.33	83.33	66.67	63.89	36.11
0.05	83.33	80.55	63.89	52.76	47.23
0.07	83.33	80.55	58.33	41.68	58.32
0.1	83.33	63.89	55.55	36.10	63.90





ภาพที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงของปะการังโขด (*Porites sp.*) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส  
เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงของปะการังโขด (*Porites sp.*) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส  
เวลา 0 12 24 และ 48 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4-1 ถึง 4-3 แสดงให้เห็นว่าในทุกความเข้มข้นของแอมโมเนีย ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะอุณหภูมิ น้ำทะเลปกติ ปะการังทั้งสามชนิดมีร้อยละ สุขภาพเสื่อมโทรมน้อยกว่าร้อยละ 50 จึงไม่สามารถหาค่า  $LC_{50}$  ได้ แต่ร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมของ ปะการังยังคงเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ปะการังเขากวางมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ในทุกความเข้มข้นของ แอมโมเนีย ส่วนปะการังจานและปะการังโขดมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจน ต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าปะการังแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ แอมโมเนียได้แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่า  $LC_{50}$  ของปะการังทั้งสามชนิด พบว่าปะการังจาน เป็นชนิดที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียได้มากที่สุด มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.075 รองลงมาคือปะการังโขด มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.054 และปะการังเขากวาง มีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.043 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับสุขภาพปะการัง ขึ้นกับรูปร่างของปะการังแต่ละชนิด และนอกจากอุณหภูมิแล้วแอมโมเนียยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผล ต่อระดับสุขภาพของปะการังเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของหน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถานีวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย (2554) ที่จัดลำดับชนิดของ ปะการังตามความทนทานต่อการฟอกขาวจากสูงสุดไปต่ำสุด คือ ปะการังโขดจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความ ทนทานค่อนข้างสูง เป็นปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวเพียงบางส่วนของประชากร และประชากร ส่วนใหญ่มีการฟื้นตัวกลับมาในสภาพปกติหรือเกิดการตายเพียงบางส่วนของโคโลนี โดยส่วนที่เหลือ รอดมีมากกว่าร้อยละ 50 ของโคโลนี ปะการังจานจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความทนทานปานกลาง เป็นกลุ่ม ปะการังที่พบว่าเกิดการฟอกขาวมากบ้างน้อยบ้างและมีการฟื้นตัวมาน้อยแตกต่างกัน และปะการัง เขากวางจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความทนทานต่ำที่สุด เป็นกลุ่มปะการังที่พบว่ามักจะเกิดการฟอกขาว ทั้งโคโลนีและเกิดการฟอกขาวเกือบทั้งหมดของประชากรที่พบในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งเกิดการตาย สูงมาก ค่า  $LC_{50}$  ที่คำนวณได้จึงต่ำที่สุด และถึงแม้ว่าจากข้อมูลปะการังโขดจะมีความทนทานมากกว่า ปะการังจาน แต่จากค่า  $LC_{50}$  ที่ได้ ปะการังจานจะทนต่อการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่า และหลังจาก เวลา 48 ชั่วโมงได้นำปะการังที่ผ่านการทดลองแล้วไปใส่ในบ่อปรับสภาพที่เป็นน้ำทะเลปกติเพื่อให้ ปะการังได้มีการฟื้นตัวเมื่อผ่านสภาพที่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรม พบว่าปะการังจานไม่มีการฟื้นตัว กลับมา เกิดการฟอกขาวและตายลง ส่วนปะการังโขดถึงแม้จะมีค่า  $LC_{50}$  ที่ต่ำกว่าแต่หลังจากเวลา 48 ชั่วโมง ปะการังโขดสามารถฟื้นตัวกลับมาได้และไม่มีการฟอกขาวเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปะการังโขดถูกจัด อยู่ในกลุ่มที่มีความทนทานค่อนข้างสูง และปะการังเขากวางสามารถฟื้นตัวกลับมาได้บางส่วนในชั้น ที่มีเนื้อเยื่อเหลืออยู่ และชั้นปะการังที่เนื้อเยื่อหลุดออกจนเห็นโครงสร้างเป็นสีขาวไม่สามารถฟื้นตัว กลับมาได้ อีกทั้งค่า  $LC_{50}$  ยังสอดคล้องกับค่าแอมโมเนียที่แนะนำในการเลี้ยงสัตว์น้ำและปะการังว่า

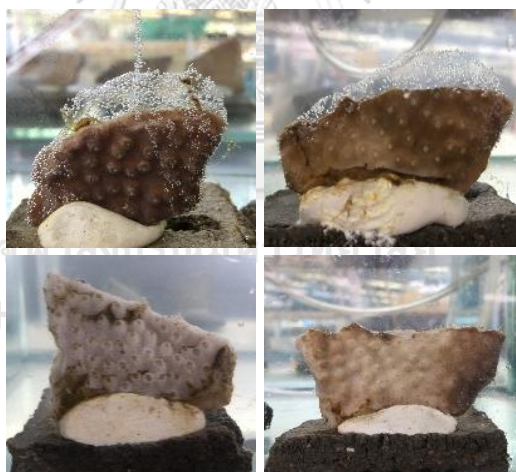
ควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Kallqvist และ Svenson, 2013) และค่า  $LC_{50}$  ดังกล่าวเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการอนุรักษ์ปะการังที่กรมควบคุมมลพิษ กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แต่ค่า  $LC_{50}$  ของปะการังเขากวางและปะการังโขดมีค่าน้อยกว่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าถ้าน้ำทะเลของพื้นที่เกาะสีชังมีความเข้มข้นแอมโมเนียปนเปื้อนเกินกว่าค่า  $LC_{50}$  จะทำให้สุขภาพของปะการังอยู่ในระดับที่เสื่อมโทรมลงจนเกิดการฟอกขาวได้ นอกจากนี้ผลของอุณหภูมิยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nozawa (2012) ที่พบว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้จำนวนสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังลดลง และงานวิจัยของ Buchheim (2013) ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลจากอุณหภูมิปกติที่พบปะการัง 1-2 องศาเซลเซียส จะทำให้ปะการังเกิดการฟอกขาวได้ และในประเทศไทย อุกกฤต สตฤมินทร์ (2536) ได้ศึกษาปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวที่เกิดขึ้นในปี 2534 พบว่าปะการังแต่ละชนิดจะมีความไวและได้รับผลกระทบแตกต่างกัน โดยปะการังเขากวางจะเป็นกลุ่มที่ไวและได้รับผลกระทบมากที่สุด และจากรายงานของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2556) พบว่าในปี 2553 อุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณเกาะภูเก็ตเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติ 29 องศาเซลเซียส เป็น 33.5 องศาเซลเซียส ติดต่อกันเป็นเวลา 30 วัน ทำให้ปะการังบริเวณนั้นฟอกขาวบางส่วนหรือทั้งหมดโดยปะการังชนิดเด่นที่เกิดการฟอกขาวและพบความเสียหายมากที่สุดคือปะการังเขากวาง

#### 4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีกับร้อยละสุขภาพปะการังและผลการตรวจวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษานี้เป็นการประเมินระดับสุขภาพของปะการังโดยการหาค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีที่พบในตู้ทดลองของปะการังแต่ละชนิด ที่เวลา 48 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับร้อยละสุขภาพปะการัง

จากการหาค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด พบว่าที่เวลา 48 ชั่วโมง อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ในทุกความเข้มข้นของแอมโมเนีย ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังทั้งสามชนิด มีค่าแสดงดังตารางที่ 4-4 และ 4-5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับสุขภาพปะการังแต่ละชนิด (ภาพที่ 4-11 และ 4-12) แสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีมีความสัมพันธ์กับระดับสุขภาพปะการัง ซึ่งจากรายงานพบว่าที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ที่เป็นสภาวะที่ทำให้ปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากที่สุด โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขดมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 10.83 34.40 และ 19.33 เซลล์ต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังทั้งสามชนิดมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 17.50 109.40 และ 23.17 เซลล์ต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ

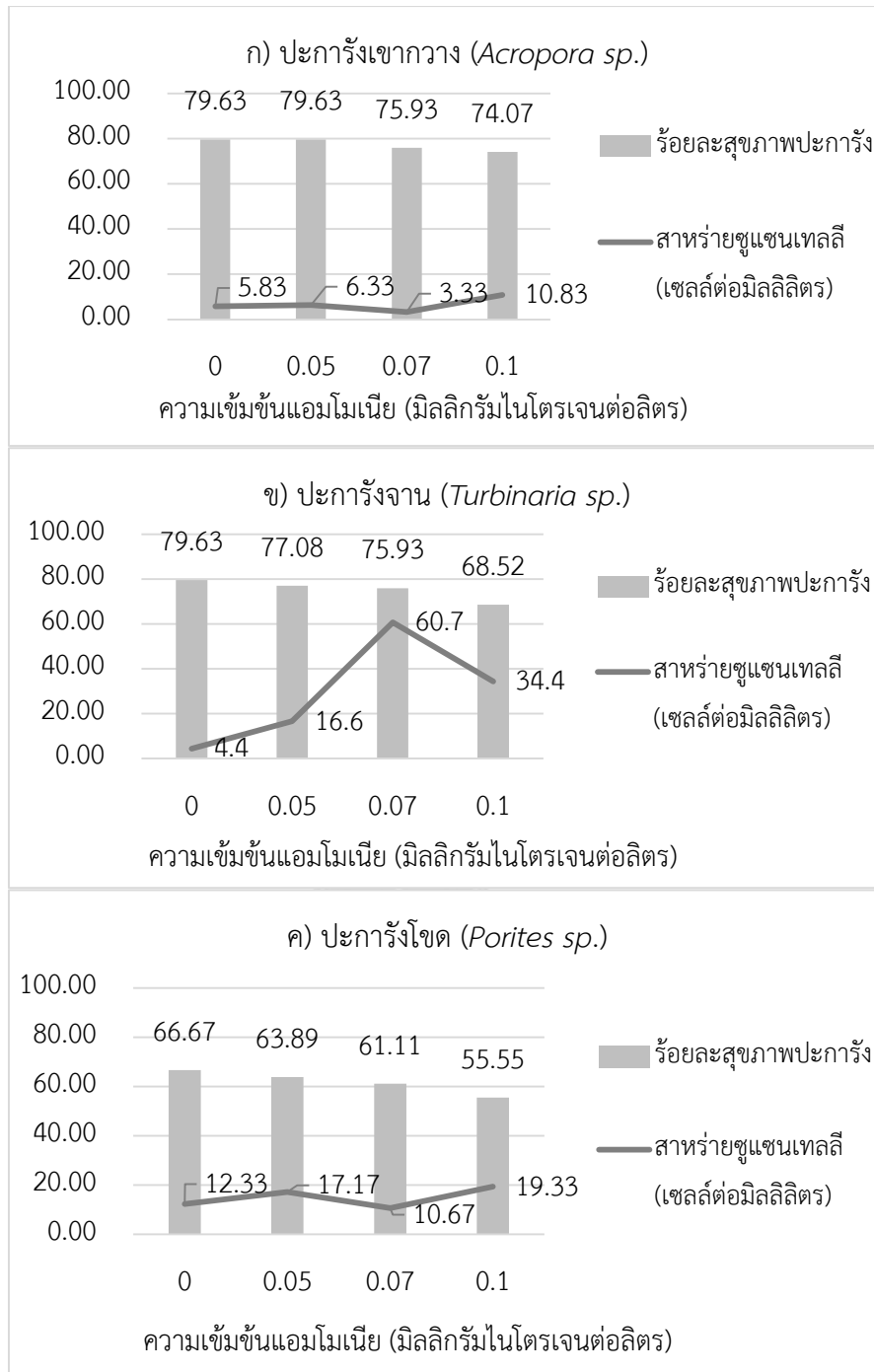
จากการสังเกต พบว่าที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร เป็นสถานะที่ทำให้ปะการังมีสุขภาพอยู่ในระดับที่เสื่อมโทรมมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าในสถานะที่ปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรม ปะการังจะมีการขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อ เนื่องจากปะการังมีการป้องกันตัวเองจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงหรือเมื่อปะการังอยู่ในสถานะที่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรม โดยการปล่อยเมือกออกมา ยิ่งอุณหภูมิและความเข้มข้นแอมโมเนียเพิ่มขึ้นปะการังจะยิ่งปล่อยเมือกออกมามาก ทำให้สีของปะการังเริ่มซีดจางลงจนเกิดการฟอกขาว (ภาพที่ 4-10) ซึ่งการปล่อยเมือกนี้ทำให้เนื้อเยื่อที่มีสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังหลุดออกมา ส่งผลให้จำนวนสาหร่ายซูแซนเทลลีในเนื้อเยื่อปะการังลดลง (Kerswell และ Jones, 2003) ดังนั้นความเข้มข้นแอมโมเนียที่สูงเกินไป จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปะการังเกิดการฟอกขาวหรือสุขภาพเสื่อมโทรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baohua และคณะ (2004) ที่พบว่า ณ อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ปะการังจะขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อมามากหลังชั่วโมงที่ 18 นอกจากนี้ปะการังที่ฟอกขาวสามารถฟื้นตัวได้เป็นปกติหรืออาจฟื้นตัวได้เพียงบางส่วน ขึ้นอยู่กับสาเหตุที่ทำให้เกิดการฟอกขาว รวมไปถึงระดับความรุนแรงของความเครียดที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายภายในตัวปะการัง (Arthur และคณะ, 2006)



ภาพที่ 4-10 การขับเมือกของปะการังงานที่พบในการทดลอง

ตารางที่ 4-4 ร้อยละสุขภาพปะการังและความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อุณหภูมิตั้ง 30 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง

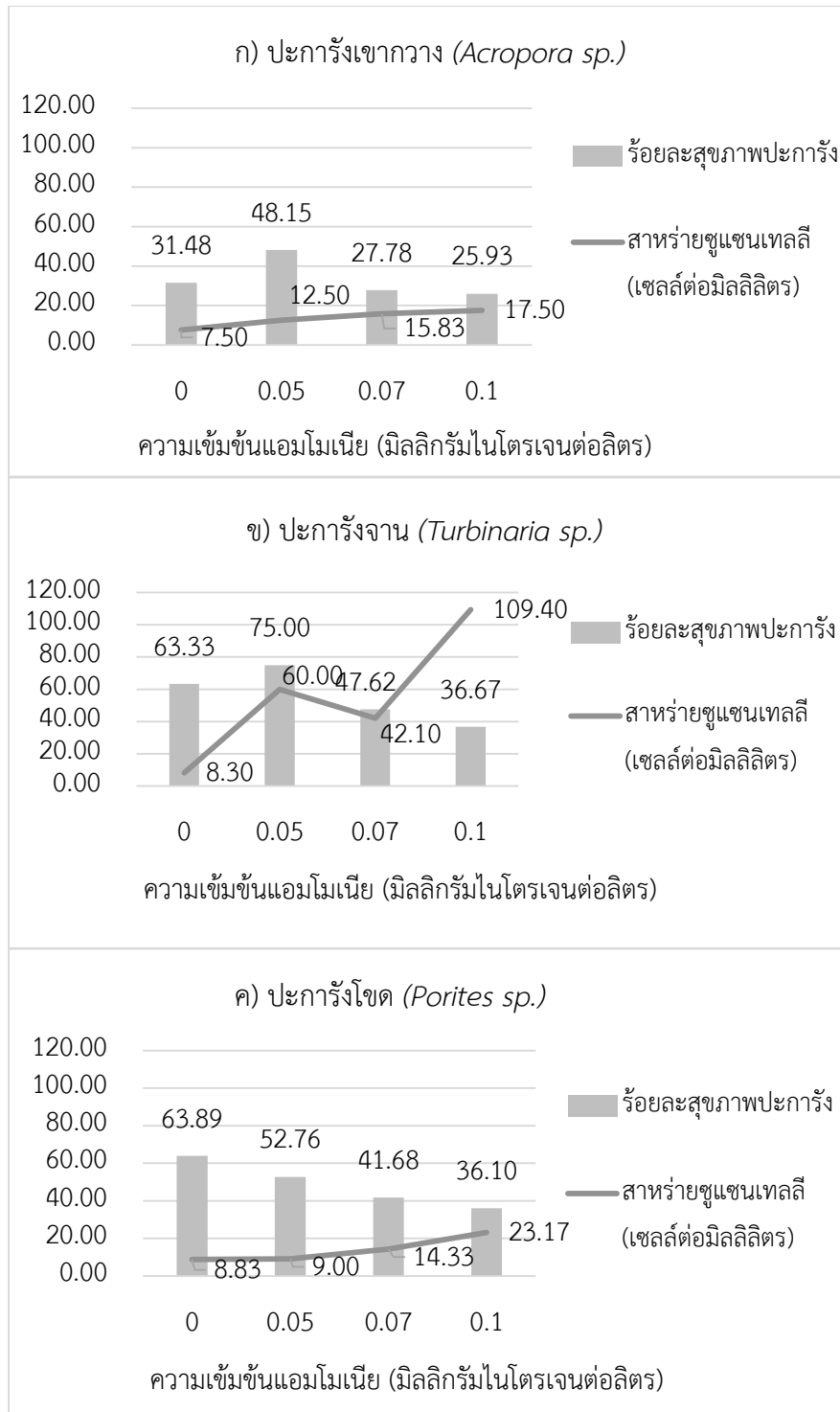
ปะการัง เขากวาง	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	79.63	ดี	5.83
	0.05	79.63	ดี	6.33
	0.07	75.93	ดี	3.33
	0.1	74.07	ดี	10.83
ปะการัง จาน	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	79.63	ดี	4.40
	0.05	77.08	ดี	16.60
	0.07	75.93	ดี	60.70
	0.1	68.52	ดี	34.40
ปะการัง โขด	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	66.67	ปานกลาง	12.33
	0.05	63.89	พอใช้	17.17
	0.07	61.11	พอใช้	10.67
	0.1	55.55	พอใช้	19.33



ภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่  
 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ของ ก) ปะการังเขากวาง ข) ปะการังจาน และ  
 ค) ปะการังโขด

ตารางที่ 4-5 ร้อยละสุขภาพปะการังและความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อุณหภูมิตั้ง 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง

ปะการัง เขากวาง	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	31.48	เสื่อมโทรม	7.50
	0.05	48.15	แย่	12.50
	0.07	27.78	เสื่อมโทรม	15.83
	0.1	25.93	เสื่อมโทรม	17.50
ปะการัง จาน	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	63.33	พอใช้	8.30
	0.05	75.00	ปานกลาง	60.00
	0.07	47.62	แย่	42.10
	0.1	36.67	แย่	109.40
ปะการัง โขด	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	ร้อยละ สุขภาพ	ระดับ สุขภาพ	ความหนาแน่นสาหร่ายซูแซน เทลลี (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)
	0	63.89	พอใช้	8.83
	0.05	52.76	พอใช้	9.00
	0.07	41.68	แย่	14.33
	0.1	36.10	แย่	23.17



ภาพที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่  
 อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ของ ก) ปะการังเขากวาง ข) ปะการังจาน และ  
 ค) ปะการังโขด



### การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ก่อนทำการทดลองได้นำน้ำทะเลไปผ่านการกรองทรายโดยใช้ผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน เพื่อให้สิ่งปนเปื้อนและสาหร่ายชนิดอื่นถูกกรองออกก่อน และทำการสูมตัวอย่างน้ำทะเลไปตรวจวัดสาหร่ายซึ่งไม่พบเจือปนอยู่ในน้ำทะเลที่นำมาใช้ในการทดลอง จึงสามารถระบุได้ว่าส่วนหนึ่งของคลอโรฟิลล์ เอ นี้ มาจากสาหร่ายซูแซนเทลลี และได้ทำการสกัดเนื้อเยื่อปะการังไปส่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างเซลล์ของสาหร่ายซูแซนเทลลีก่อน โดยที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในตู้ทดลองของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ที่อุณหภูมิตั้ง 30 และ 33 องศาเซลเซียส เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4-6 ซึ่งการวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ นี้ แสดงให้เห็นว่าปะการังมีการขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อ เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุที่พบได้ในเซลล์ของสาหร่ายซูแซนเทลลี

ตารางที่ 4-6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในตู้ทดลองของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด

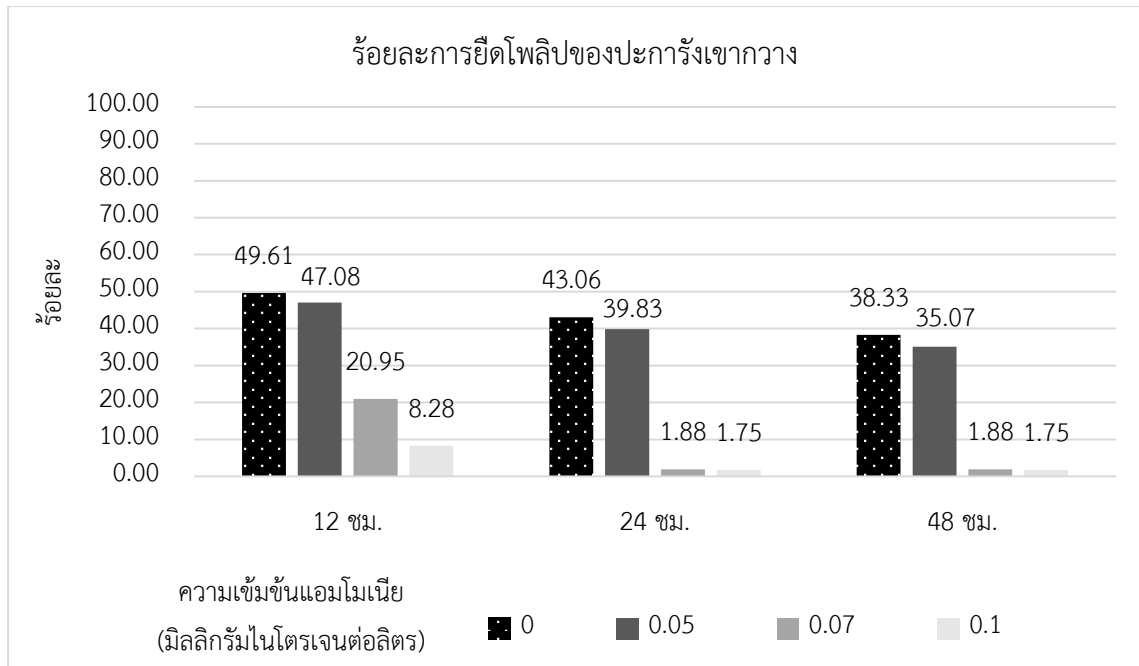
ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	0	0.05	0.07	0.1
<b>ปะการังเขากวาง</b>	<b>คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)</b>			
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.117	0.178	0.171	0.227
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.030	0.150	0.099	0.014
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.216	0.256	0.236	0.313
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.150	0.114	0.074	0.100
ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	0	0.05	0.07	0.1
<b>ปะการังจาน</b>	<b>คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)</b>			
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.289	0.080	0.117	0.246
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.281	0.160	0.082	0.254
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.253	0.464	0.105	0.231
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.160	0.477	0.116	0.501
ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	0	0.05	0.07	0.1
<b>ปะการังโขด</b>	<b>คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)</b>			
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.082	0.034	0.070	0.127
อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.337	0.124	0.215	0.101
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 24 ชม.	0.123	0.017	0.186	0.080
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส 48 ชม.	0.344	0.223	0.263	0.504

#### 4.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการยึดโพลีของปะการังกับร้อยละสุขภาพปะการัง

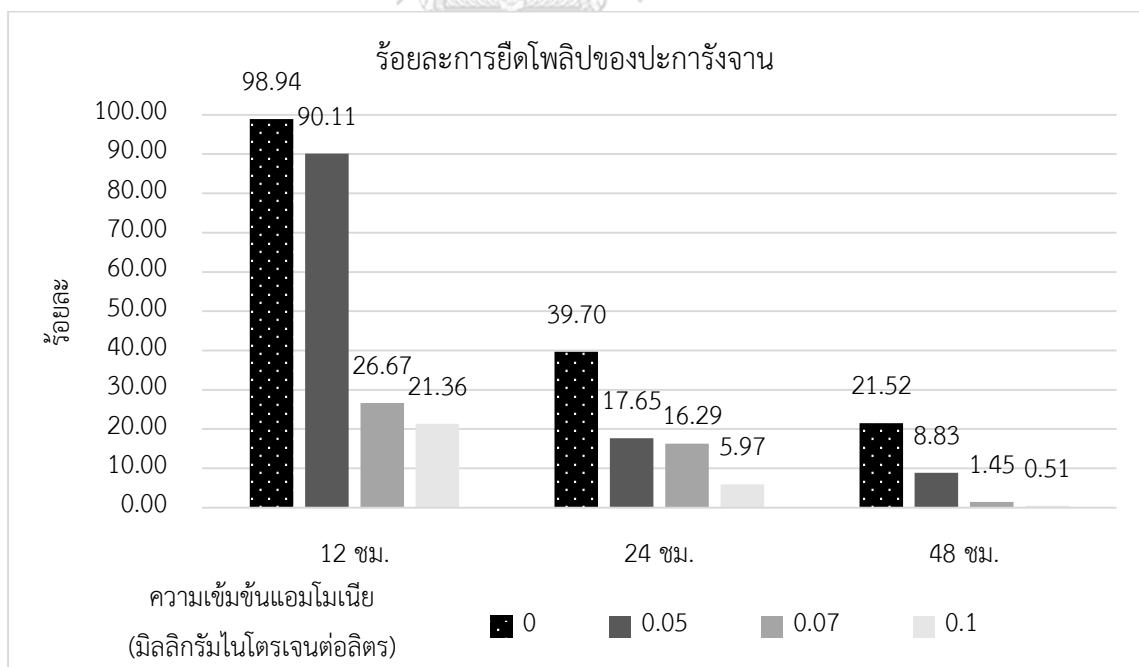
จากการศึกษาร้อยละการยึดโพลีของปะการังที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส ด้วยการประเมินทางภาพถ่ายโดยการนับจำนวนโพลีที่ยึดออกมา เพื่อประเมินระดับสุขภาพของปะการังพบว่าร้อยละการยึดโพลีของปะการังเขากวางและปะการังจาน แสดงดังตารางที่ 4-6 ส่วนร้อยละการยึดโพลีของปะการังโขด ไม่สามารถศึกษาได้เนื่องจากโพลีของปะการังโขดมีขนาดเล็กมาก การประเมินทางภาพถ่ายจึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษาการยึดโพลีของปะการังโขด

ตารางที่ 4-7 ร้อยละการยึดโพลีของปะการังเขากวางและปะการังจาน ที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส

33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	จำนวนโพลียึด			ร้อยละการยึดโพลี		
	เวลา (ชั่วโมง)					
<b>ปะการังเขากวาง</b>	12	24	48	12	24	48
0	13	11	10	49.61	43.06	38.33
0.05	13	11	9	47.08	39.83	35.07
0.07	11	1	1	20.95	1.88	1.88
0.1	4	0	0	8.28	1.75	1.75
<b>ปะการังจาน</b>						
0	57	23	16	98.94	39.70	21.52
0.05	60	11	7	90.11	17.65	8.83
0.07	11	7	1	26.67	16.29	1.45
0.1	12	4	0	21.36	5.97	0.51



ภาพที่ 4-13 ร้อยละการยึดโพลิปของปะการังเขากวาง (*Acropora sp.*) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-14 ร้อยละการยึดโพลิปของปะการังจาน (*Turbinaria sp.*) ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง

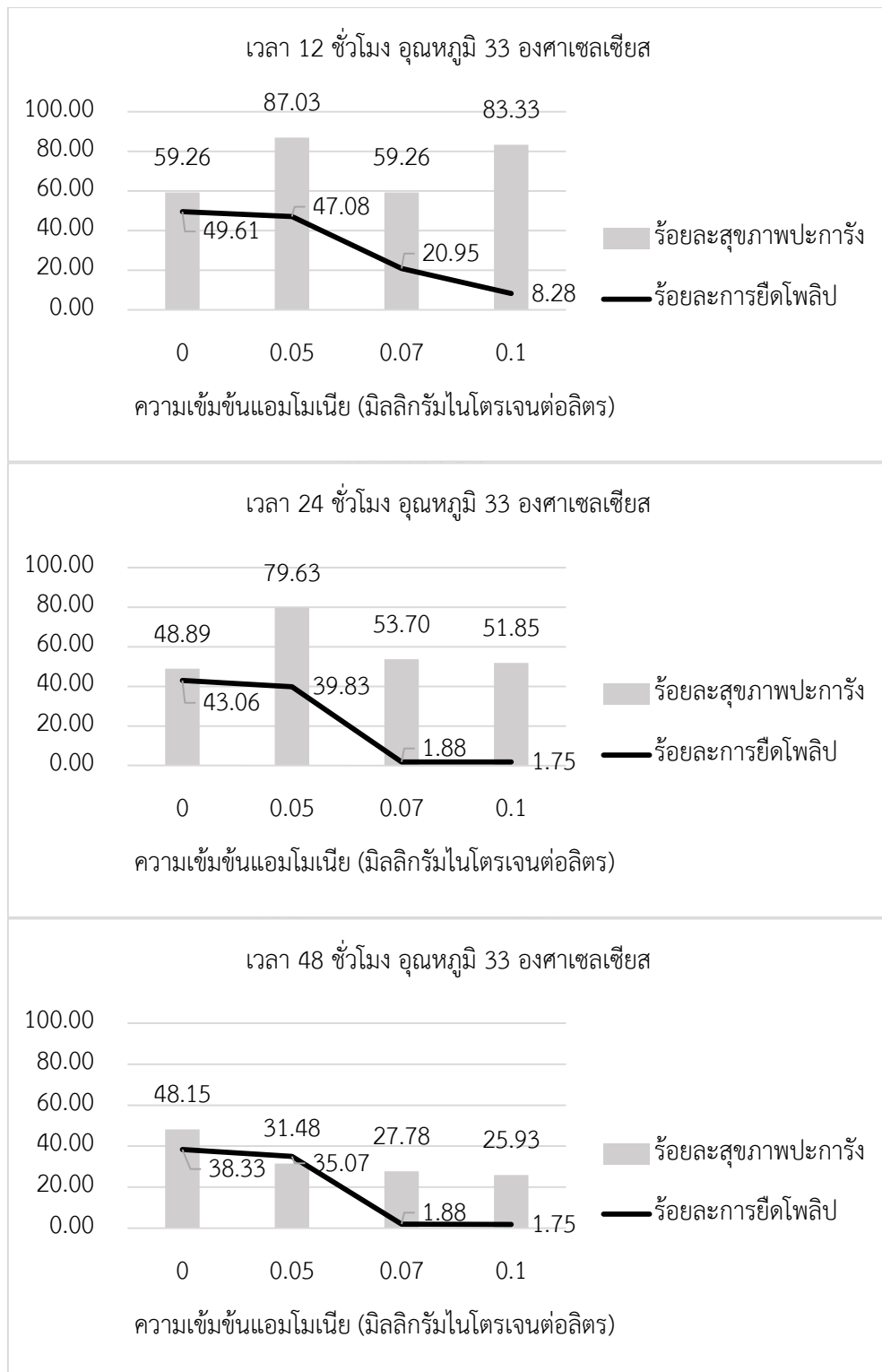
จากตารางที่ 4-6 ภาพที่ 4-13 และ 4-14 พบว่าร้อยละการยึดโพลีของปะการังเขากวางและปะการังจานมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการยึดโพลีของปะการังทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาและความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เพิ่มมากขึ้นหรือเมื่อปะการังอยู่ในสภาวะที่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรม ปะการังจึงยึดโพลีออกมาน้อยลง ซึ่งสัมพันธ์กับระดับสุขภาพของปะการังที่เปลี่ยนแปลงไป ดังตารางที่ 4-7 และ 4-8 และภาพที่ 4-15 และ 4-16

ตารางที่ 4-8 ร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลีของปะการังเขากวาง

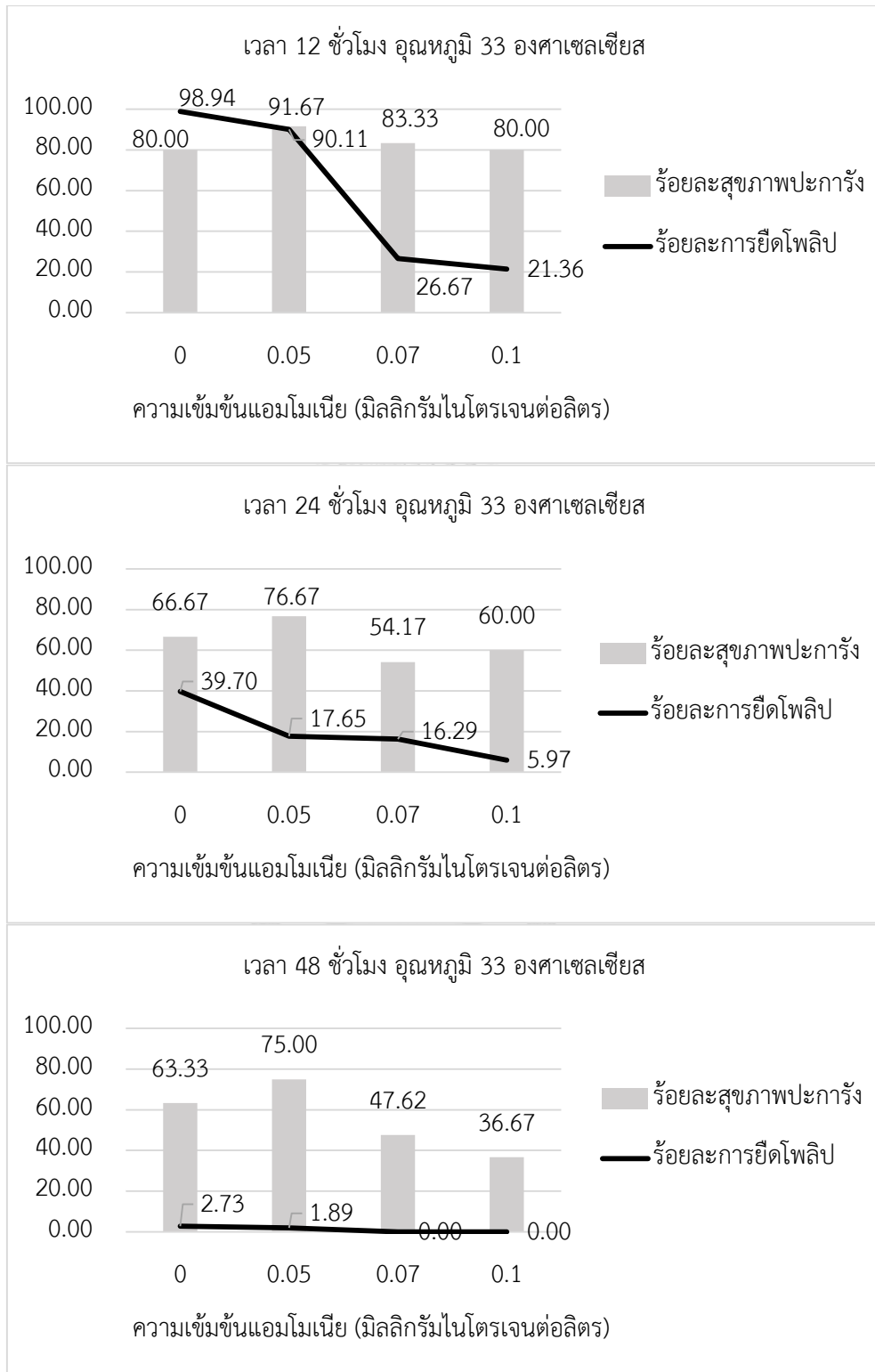
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	12 ชม.		24 ชม.		48 ชม.	
	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี
0	59.26	49.61	48.89	43.06	48.15	38.33
0.05	87.03	47.08	79.63	39.83	31.48	35.07
0.07	59.26	20.95	53.70	1.88	27.78	1.88
0.1	83.33	8.28	51.85	1.75	25.93	1.75

ตารางที่ 4-9 ร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลีของปะการังจาน

อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	12 ชม.		24 ชม.		48 ชม.	
	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี	ร้อยละ สุขภาพ	ร้อยละการ ยึดโพลี
0	80.00	98.94	66.67	39.70	63.33	21.52
0.05	91.67	90.11	76.67	17.65	75.00	8.83
0.07	83.33	26.67	54.17	16.29	47.62	1.45
0.1	80.00	21.36	60.00	5.97	36.67	0.51



ภาพที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลิปของปะการังเขากวางที่  
อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพและร้อยละการยึดโพลิปของปะการังงานที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 12 24 และ 48 ชั่วโมง

ดังนั้นเมื่อนำร้อยละสุขภาพปะการังมาเปรียบเทียบกับร้อยละการยึดโพลิป พบว่า ร้อยละสุขภาพปะการังมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับร้อยละการยึดโพลิป คือ ถ้าร้อยละสุขภาพปะการังน้อยหรือปะการังมีระดับสุขภาพเสื่อมโทรมมาก ร้อยละการยึดโพลิปของปะการังจะน้อย แสดงให้เห็นว่าเมื่อปะการังอยู่ในสถานะที่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรม ปะการังจะมีกลไกการป้องกันตัวเองจากสถานะที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิและแอมโมเนียสูง ปะการังก็จะไม่ยึดโพลิปออกมา ดังนั้นผลการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับงานวิจัยของ Rungsupa และคณะ (2018) ที่พบว่า เมื่อปะการังอยู่ในสถานะที่ทำให้เกิดความเครียด คือ ความเค็มของน้ำทะเลอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละการยึดโพลิปของปะการังจะมีค่าน้อยมากหรือเท่ากับ 0

#### 4.4 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละสุขภาพปะการังกับค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลี ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และร้อยละการยึดโพลิปของปะการัง

จากการศึกษาพบว่าค่าร้อยละสุขภาพของปะการังมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ทำการตรวจวัด คือ หากปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรมจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการอาศัยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาของปะการังกับสาหร่ายซูแซนเทลลี ปะการังจะขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อในรูปแบบของการปล่อยเมือกออกมา ทำให้สามารถตรวจวัดเซลล์ของสาหร่ายซูแซนเทลลีได้ในน้ำทะเลของตู้ทดลอง แต่ความหนาแน่นของสาหร่ายที่ตรวจวัดได้นั้นจะมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีเริ่มต้นที่มีอยู่ในแต่ละชิ้นของปะการัง โดยสาหร่ายซูแซนเทลลีที่ถูกขับออกจากเนื้อเยื่อของปะการังจะดำรงชีวิตแบบอิสระได้ในน้ำทะเล หากน้ำทะเลเริ่มมีสถานะกลับมาเป็นปกติ สาหร่ายจะสามารถกลับมาอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังได้ดั้งเดิม ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับเวลาในการฟื้นฟูสภาพของน้ำทะเลและเวลาที่ปะการังกับสาหร่ายซูแซนเทลลีใช้ในการปรับตัวเพื่อมาอยู่ร่วมกัน แต่ถ้าสถานะของน้ำทะเลยังไม่เหมาะสมต่อไป โอกาสที่สาหร่ายซูแซนเทลลีจะกลับมาอาศัยอยู่ร่วมกับปะการังก็จะน้อย ส่งผลให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรม เกิดการฟอกขาว และตายลงในที่สุด อีกทั้งการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำทะเลของตู้ทดลองร่วมด้วยในการศึกษานี้ เป็นการแสดงให้เห็นว่าปะการังมีการขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อ เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุที่พบได้ในเซลล์ของสาหร่ายซูแซนเทลลี ถ้าปะการังขับสาหร่ายออกมามาก ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ก็จะมากตามไปด้วย แต่จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสาหร่ายเริ่มต้นที่พบในเนื้อเยื่อของปะการังด้วย ส่วนการศึกษาร้อยละการยึดโพลิปของปะการังเป็นการศึกษาเพื่อประเมินระดับสุขภาพของปะการัง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยึดโพลิปของปะการังมีความสัมพันธ์กับระดับสุขภาพของปะการังที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ถ้าร้อยละการยึดโพลิปมาก ร้อยละสุขภาพปะการังจะมาก (ปะการังมีสุขภาพดี) ถ้าร้อยละการยึดโพลิปน้อย ร้อยละสุขภาพปะการังจะน้อย (ปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรม) เมื่อเปรียบเทียบกับใน

สภาวะน้ำทะเลจริง ถ้าสภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลง หากเป็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาสั้นๆแล้วกลับมาเป็นปกติ สาหร่ายจะสามารถกลับมาอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังได้ดังเดิม แต่ถ้าหากเป็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ต้องเตรียมแผนรับมือการแก้ไขต่อสถานการณ์ต่างๆ เช่น การย้ายปะการังไปอยู่ในจุดที่ไม่ได้รับผลกระทบ หรือนำปะการังขึ้นมาอยู่ในโรงอนุบาลปะการังก่อน เพื่อให้ปะการังไม่ได้รับผลกระทบกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการแก้ไขปัญหาทางเกาะสีชังได้มีการเตรียมพร้อมไว้ ดังนั้นเมื่อปะการังอาศัยอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต ปะการังจะมีการขับสาหร่ายซูแซนเทลลีออกจากเนื้อเยื่อและไม่ยึดโพลิปออกมาจากโครงสร้างเพื่อเป็นการป้องกันตัวเอง

#### 4.5 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง

##### พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560 ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลทั่วไป โดยคุณภาพน้ำที่วัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย ด้วยเครื่องวัดแบบหลายหัววัด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสารอาหาร คือ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) ที่ห้องปฏิบัติการสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล เกาะสีชัง ชลบุรี

##### จุดเก็บตัวอย่าง

ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง เพื่อให้สอดคล้องกับจุดเก็บตัวอย่างของข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลทุติยภูมิ ซึ่งแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเป็นตัวแทนของลักษณะพื้นที่ที่มีการใช้ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4-9 และ ภาพที่ 4-17

ตารางที่ 4-10 จุดเก็บตัวอย่าง

จุด	สถานที่	พิกัด 47P		ลักษณะพื้นที่
		East	North	
A1	เกาะสีชังทิศตะวันออก: ท่าวัง	697189.35	1454262.65	ชุมชน แหล่งปะการัง
A2	เกาะสีชังทิศตะวันออก: ท่าล่าง	696383.00	1455781.00	ชุมชน ท่าเรือ
A3	เกาะสีชังทิศเหนือ: ท่าบน	696270.00	1456290.00	ชุมชน ท่าเรือ และตลาด
A4	เกาะสีชังทิศใต้: ท่ายายทิม	696202.00	1451527.00	แหล่งปะการัง
A5	เกาะสีชังทิศตะวันตก: หาดถ้ำพัง	695882.00	1453910.00	แหล่งท่องเที่ยว





ภาพที่ 4-17 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

#### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ซั้งเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปี 2560

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัด แสดงดังนี้

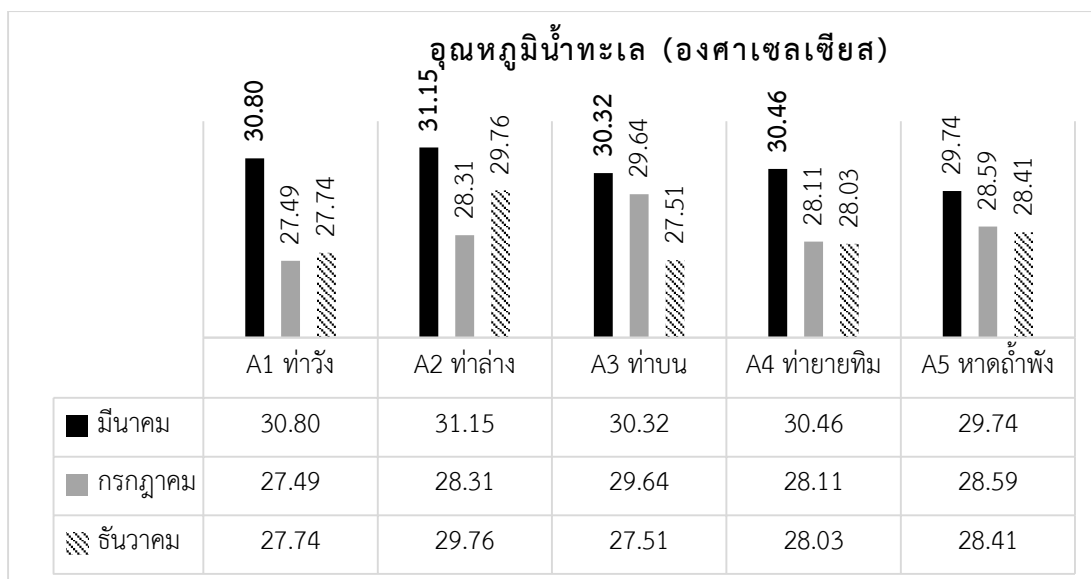
##### 4.5.1 อุณหภูมิ น้ำทะเล

จากการตรวจวัดอุณหภูมิ น้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ซั้งทั้ง 5 จุด (ตารางที่ 4-10) พบว่า อุณหภูมิ น้ำทะเลเฉลี่ยในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเท่ากับ 30.49 28.43 และ 28.29 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากทั้ง 5 จุดมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ทุกจุดมีค่าอุณหภูมิ น้ำทะเลอยู่ในช่วง 27.49-31.15 องศาเซลเซียส เดือนมีนาคมมีค่าอุณหภูมิ น้ำทะเล สูงที่สุด และลดลงในเดือนกรกฎาคมและธันวาคม ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคมอุณหภูมิ น้ำทะเล มีค่าอยู่ในช่วง 29.74-31.15 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุดอยู่ที่จุด A2 ท่าล่าง ในเดือนกรกฎาคมมีค่า อยู่ในช่วง 27.49-29.64 องศาเซลเซียส สูงสุดที่จุด A3 ท่าบน และในเดือนธันวาคมมีค่าอยู่ในช่วง 27.51-29.76 องศาเซลเซียส สูงสุดที่จุด A2 ท่าล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ประเภทที่ 2 พบว่าค่าอุณหภูมิ น้ำทะเลไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากอุณหภูมิ น้ำทะเล ยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล

และในเดือนมีนาคมที่อุณหภูมิน้ำทะเลมีค่ามากกว่า 30 องศาเซลเซียส ในจุดที่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน และ A4 ท่ายายทิม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อน ซึ่งอุณหภูมิที่มากกว่า 30 องศาเซลเซียสนี้สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปะการังในบริเวณท่าวังและท่ายายทิมได้ เนื่องจากทั้งสองจุดนี้เป็นบริเวณที่มีปะการังของเกาะสีชัง ทั้งนี้การตรวจติดตามวัดอุณหภูมิเพื่อเฝ้าระวังผลกระทบของอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพปะการัง สามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำทะเลปัจจุบันแบบออนไลน์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อให้สามารถติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ ถ้าหากอุณหภูมิน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ควรทำการสำรวจสุขภาพปะการังในบริเวณนั้นและวางแผนเคลื่อนย้ายปะการังไปอยู่ในจุดที่มีอุณหภูมิเหมาะสมหรือนำปะการังขึ้นมาไว้ที่โรงอนุบาลปะการัง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้กับผลการทดลอง พบว่าค่าอุณหภูมิน้ำทะเลยังไม่สูงถึง 33 องศาเซลเซียส ที่จะส่งผลทำให้สุขภาพของปะการังอยู่ในระดับที่เสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 แต่อุณหภูมิน้ำทะเลที่มากกว่า 30 องศาเซลเซียสนี้ก็สามารถทำให้ระดับสุขภาพปะการังเปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 4-11 อุณหภูมิน้ำทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	<u>30.80</u>	27.49	27.74
A2 ท่าล่าง	<u>31.15</u>	28.31	29.76
A3 ท่าบน	<u>30.32</u>	29.64	27.51
A4 ท่ายายทิม	<u>30.46</u>	28.11	28.03
A5 ท่าถ้ำพัง	29.74	28.59	28.41
เฉลี่ย	<u>30.49</u>	28.43	28.29
ต่ำสุด-สูงสุด	29.74- <u>31.15</u>	27.49-29.64	27.51-29.76



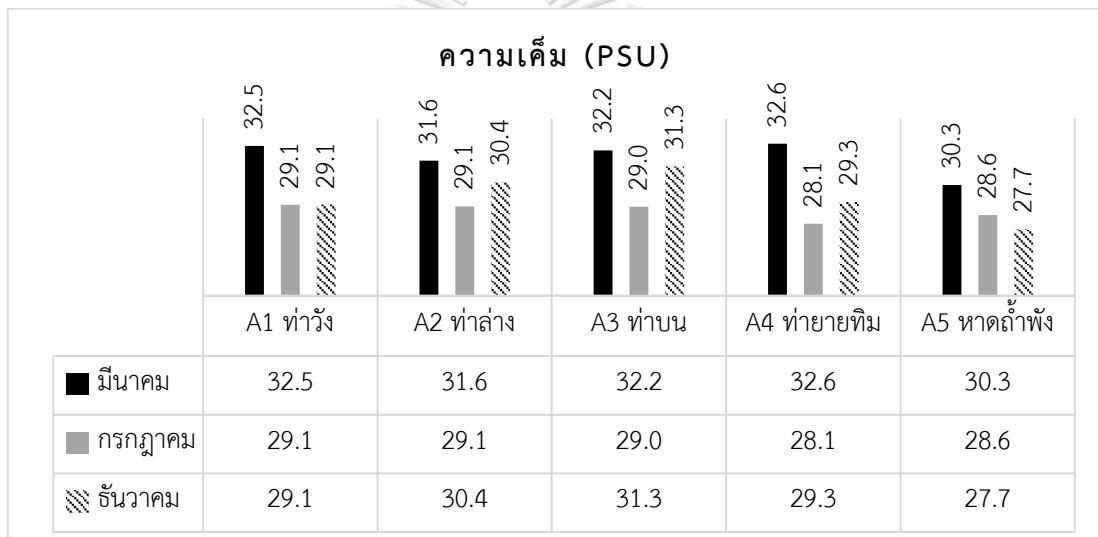
ภาพที่ 4-18 อุณหภูมิน้ำทะเล

#### 4.5.2 ความเค็ม

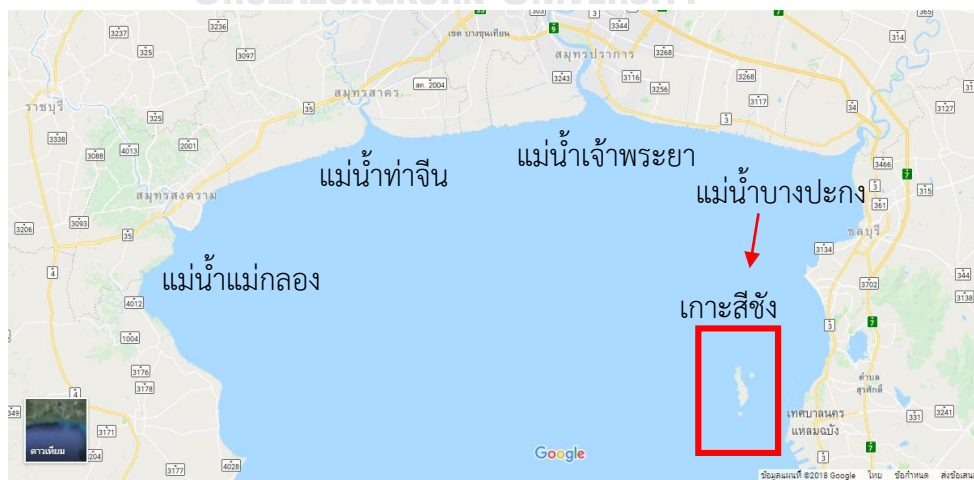
จากการตรวจวัดความเค็มทั้ง 5 จุด พบว่า ความเค็มเฉลี่ยในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเท่ากับ 31.83 28.77 และ 29.58 psu ตามลำดับ ในเดือนมีนาคม มีความเค็มอยู่ในช่วง 30.25-32.58 psu ค่าสูงสุดที่จุด A4 ท่ายายทิม ในเดือนกรกฎาคมมีความเค็มอยู่ในช่วง 28.08-29.13 psu ค่าสูงสุดที่จุด A1 ท่าวัง และในเดือนธันวาคมมีความเค็มอยู่ในช่วง 27.75-31.30 psu ค่าสูงสุดอยู่ที่จุด A3 ท่าบน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค็มของข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าในเดือนมีนาคมค่าความเค็มอยู่ในระดับปกติ และลดต่ำลงในเดือนกรกฎาคมและธันวาคม โดยมีบางจุดที่ค่าความเค็มเป็นค่าที่อยู่ในระดับต่ำ แต่ยังไม่ต่ำมากจนส่งผลกระทบต่อสุขภาพปะการัง (ตารางที่ 4-11) โดยสาเหตุที่จะทำให้ความเค็มของน้ำทะเลที่เกาะสีชังลดต่ำลงมาจากสองสาเหตุ คือ 1. ปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงทะเล เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของเกาะสีชังที่เป็นหินและมีความลาดชัน ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ หรือคลอง เพื่อกักเก็บน้ำฝน ทำให้เมื่อฝนตกลงมาน้ำฝนจะไหลลงสู่ทะเลได้โดยตรง เป็นผลทำให้ความเค็มของน้ำทะเลรอบเกาะมีการเปลี่ยนแปลงได้ และ 2. จากตำแหน่งที่ตั้งของเกาะสีชังจะอยู่ใกล้กับปากแม่น้ำบางปะกง ทำให้ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำสายนี้มากที่สุด (ภาพที่ 4-20) ซึ่งอิทธิพลที่ได้รับมีโอกาสส่งผลให้ปริมาณน้ำจืดจากแม่น้ำบางปะกง หรือแม่น้ำสายหลักอื่นๆที่ไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย ไหลมาปนกับน้ำทะเล ทำให้ความเค็มของน้ำทะเลที่เกาะสีชังมีแนวโน้มลดต่ำลงได้ และจุดที่น่าจะได้รับผลกระทบก่อน คือจุดที่ A2 ท่าบน เนื่องจากอยู่ทางทิศเหนือของเกาะ ควรติดตามตรวจวัดความเค็มอย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4-12 ความเค็ม (psu)

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	32.46	29.13	29.15
A2 ท่าล่าง	31.64	29.05	30.40
A3 ท่าบน	32.21	29.03	31.30
A4 ท่ายายทิม	32.58	28.08	29.30
A5 หาดถ้ำพัง	30.25	28.55	27.75
เฉลี่ย	31.83	28.77	29.58
ต่ำสุด-สูงสุด	30.25-32.58	28.08-29.13	27.75-31.30



ภาพที่ 4-19 ความเค็ม



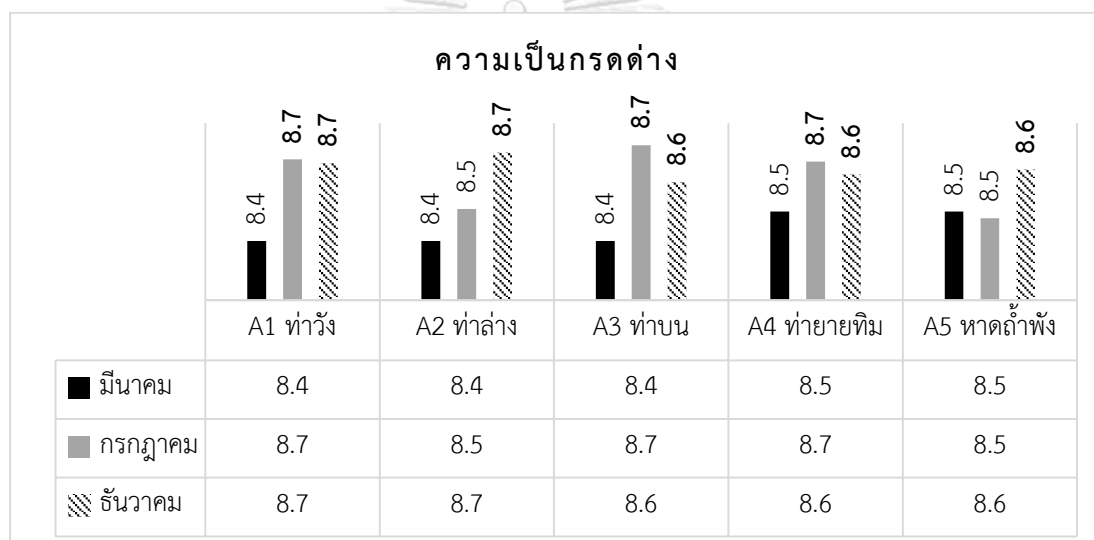
ภาพที่ 4-20 ตำแหน่งแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย

#### 4.5.3 ความเป็นกรดต่าง

จากการตรวจวัดความเป็นกรดต่างทั้ง 5 จุดรอบพื้นที่เกาะสีชัง พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.5 ในเดือนมีนาคมค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 8.4-8.5 ค่าสูงสุดที่จุด A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง ในเดือนกรกฎาคม ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 8.5-8.7 ค่าสูงสุดที่จุด A1 ท่าวัง A3 ท่าบน และ A4 ท่ายายทิม ซึ่งเป็นค่าที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ว่าค่าความเป็นกรดต่างควรอยู่ในช่วง 7.0-8.5 และในเดือนธันวาคมค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 8.6-8.7 ค่าสูงสุดที่จุด A1 ท่าวัง และ A2 ท่าล่าง ซึ่งทุกจุดในเดือนธันวาคมมีค่าเกินมาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดต่างของข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้นกว่าปกติ จนบางจุดมีค่าเกินมาตรฐาน คือ มากกว่า 8.5 (ตารางที่ 4-12) โดยที่ Suwa และคณะ (2010) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดต่างในน้ำทะเลที่เหมาะสมต่อปะการังและสาหร่ายจะอยู่ในช่วง 8.0 ถึง 8.6 และจากปฏิกริยาสมดุลของแอมโมเนียที่ถูกควบคุมโดยค่าความเป็นกรดต่าง เมื่อค่าความเป็นต่างเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียไม่แตกตัวเพิ่มขึ้นหรือมีแอมโมเนียอิสระที่เป็นพิษต่อปลาและปะการังเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาในเดือนกรกฎาคมและธันวาคม มีค่าความเป็นต่างเพิ่มขึ้น นั่นคือสามารถส่งผลให้ในเดือนกรกฎาคมและธันวาคมมีค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไม่แตกตัวเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลลดต่ำลงหรือน้ำทะเลจะมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นเป็นผลมาจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ค่าความเป็นกรดต่างที่ลดลงจะดีต่อสมดุลของแอมโมเนีย ทำให้แอมโมเนียอิสระที่เป็นพิษกับปะการังลดลง แต่น้ำทะเลที่มีความเป็นกรดเพิ่มนี้จะส่งผลกระทบต่อปะการังแทน คือชะลอการเติบโตของโพลิปปะการัง ทำให้อัตราการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังต่ำลงและลดอัตราเมตาบอลิซึมของปะการังได้ และถ้าหากมีความเป็นกรดมากๆสุขภาพของปะการังก็จะอ่อนแอและเกิดการฟอกขาวต่อไปได้ ซึ่งการควบคุมความเป็นกรดต่างของน้ำทะเลเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยาก อีกทั้งเนื่องจากน้ำทะเลมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ในตัวเอง ค่าความเป็นกรดต่างจึงเปลี่ยนแปลงได้ยาก และน้ำทะเลจะมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับปานกลางและที่ความลึกมากๆ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะมากขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำทะเลที่ความลึกมากจะค่อนข้างต่ำและมีความดันสูง แต่แหล่งปะการังที่เกาะสีชังเป็นปะการังที่อาศัยอยู่ในบริเวณน้ำตื้น อุณหภูมิน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในบริเวณน้ำตื้นจะส่งผลกระทบต่อปะการังที่เกาะสีชังมากกว่า และการที่ผิวหน้าน้ำมีอุณหภูมิสูงความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลง ค่าความเป็นกรดต่างที่บริเวณนี้จะมีค่าประมาณ 8.5 ทำให้สอดคล้องกับผลการตรวจวัด

ตารางที่ 4-13 ความเป็นกรดต่าง

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	8.4	<u>8.7</u>	<u>8.7</u>
A2 ทำล่าง	8.4	8.5	<u>8.7</u>
A3 ทำบน	8.4	<u>8.7</u>	<u>8.6</u>
A4 ทำยายทิม	8.5	<u>8.7</u>	<u>8.6</u>
A5 หาดถ้ำพัง	8.5	8.5	<u>8.6</u>
เฉลี่ย	8.4	<u>8.6</u>	<u>8.6</u>
ต่ำสุด-สูงสุด	8.4-8.5	8.5- <u>8.7</u>	<u>8.6</u> -8.7



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 4-21 ความเป็นกรดต่าง

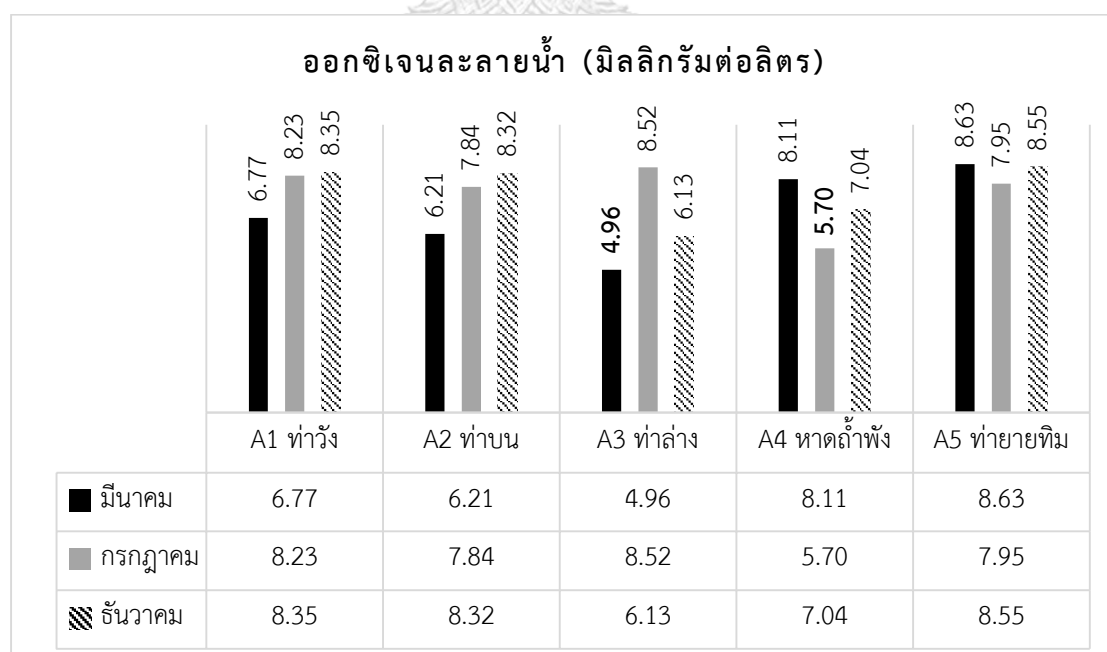
#### 4.5.4 ปริมาณออกซิเจนละลาย

จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายทั้ง 5 จุดรอบพื้นที่เกาะสีซัง พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.93-7.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 4.96-8.63 5.70-8.52 และ 6.13-8.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยทั้งสามเดือนมีค่าสูงสุดอยู่ที่จุด A4 ทำยายทิม และในเดือนมีนาคมที่จุด A2 ทำล่าง เดือนกรกฎาคมที่จุด A5 หาดถ้ำพัง พบค่าปริมาณออกซิเจนละลายเท่ากับ 4.96 และ 5.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ว่าปริมาณออกซิเจนละลายควรมีค่าเกินกว่า 6 มิลลิกรัม

ต่อลิตร โดยสาเหตุที่คาดว่าทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายต่ำในจุดที่ A2 เนื่องจากในเดือนมีนาคมเป็นช่วงการท่องเที่ยวและเกาะสีชังได้ใช้บริเวณท่าล่างเป็นจุดจอดเรือรับส่งนักท่องเที่ยว แต่ในบริเวณท่าวังและท่ายายทิมที่เป็นแหล่งของปะการัง พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในสองพื้นที่นี้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของปะการัง และเมื่อนำค่าปริมาณออกซิเจนละลายที่วัดได้เปรียบเทียบกับข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายมีแนวโน้มที่ดีขึ้น คือมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา (ตารางที่ 4-13)

ตารางที่ 4-14 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	6.77	8.23	8.35
A2 ท่าล่าง	4.96	8.52	6.13
A3 ท่าบน	6.21	7.84	8.32
A4 ท่ายายทิม	8.63	7.95	8.55
A5 หาดถ้ำพัง	8.11	5.70	7.04
เฉลี่ย	6.93	7.65	7.67
ต่ำสุด-สูงสุด	4.96-8.63	5.70-8.52	6.13-8.55



ภาพที่ 4-22 ปริมาณออกซิเจนละลาย

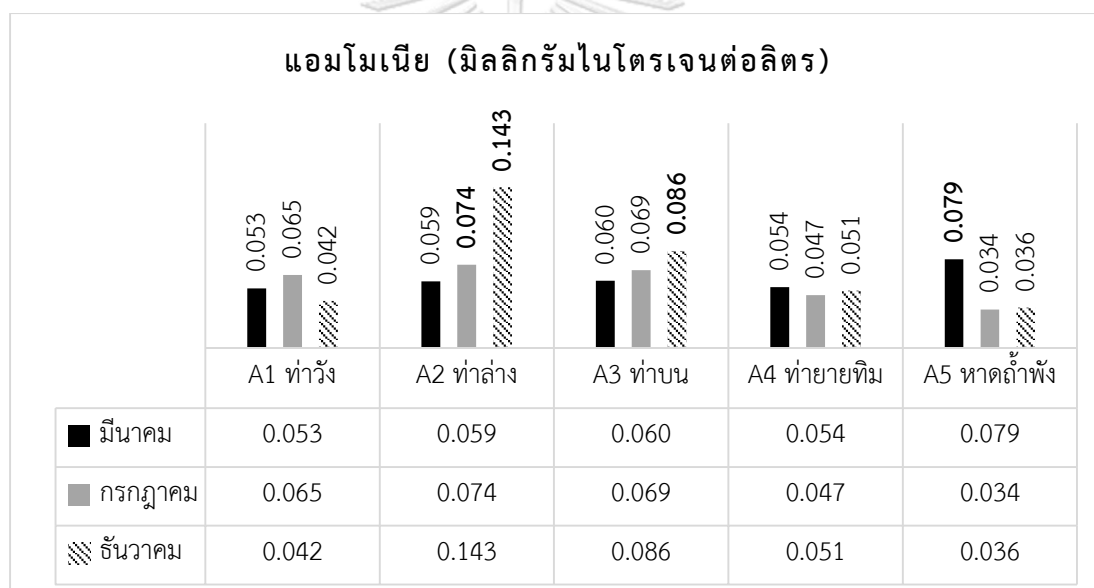
#### 4.5.5 ปริมาณแอมโมเนีย

จากตารางที่ 4-14 แสดงปริมาณแอมโมเนียในหน่วยมิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตรของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่าค่าเฉลี่ยในเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเท่ากับ 0.061 0.058 และ 0.072 ตามลำดับ โดยในเดือนมีนาคมปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.053-0.079 ค่าสูงสุดอยู่ที่จุด A5 หาดถ้ำพัง ในเดือนกรกฎาคมปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.034-0.074 สูงสุดที่จุด A2 ท่าล่าง และในเดือนธันวาคมปริมาณแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.036-0.143 สูงสุดที่จุด A2 ท่าล่าง เมื่อนำค่าปริมาณแอมโมเนียของทุกจุดเก็บตัวอย่างมาเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 พบค่าแอมโมเนียที่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ เดือนมีนาคมจุดที่ A5 หาดถ้ำพัง เดือนกรกฎาคมจุดที่ A2 ท่าล่าง เดือนธันวาคมจุดที่ A2 ท่าล่าง และ A3 ท่าบน นั่นคือบริเวณที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว ชุมชน ท่าเรือ ตลาด และสถานประกอบการ เช่น โรงแรม ร้านค้า จะเป็นบริเวณที่ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และปัจจัยหลักที่ส่งผลคือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการดำรงชีวิต การค้าขาย และการเดินเรือ ที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่น้ำทะเลโดยไม่ผ่านการบำบัดคุณภาพก่อน และถึงแม้ว่าในบริเวณท่าวังและท่ายายทิมที่เป็นแหล่งของปะการังจะมีปริมาณแอมโมเนียไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่เมื่อเทียบกับค่า  $LC_{50}$  ของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 พบว่าที่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0.043 0.075 และ 0.054 มิลลิกรัมไนโตรเจนลิตร เป็นความเข้มข้นที่ทำให้ปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขดมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมงได้ แสดงให้เห็นว่าค่า  $LC_{50}$  ของปะการังเขากวางและปะการังโขดนี้ อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 ที่กำหนดขึ้น นั่นหมายความว่าถึงแม้ค่าความเข้มข้นแอมโมเนียจะไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนดแต่ถ้าค่าความเข้มข้นแอมโมเนียมากกว่าค่า  $LC_{50}$  ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพปะการังบางชนิดได้เช่นกัน อีกทั้งในบริเวณท่าวังและท่ายายทิมที่เป็นแหล่งปะการัง แม้ว่าปริมาณแอมโมเนียจะมีค่าอยู่ในมาตรฐานแต่จากการดำน้ำสำรวจคุณภาพของปะการังของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยยังพบว่ามีการที่สุขภาพเสื่อมโทรมอยู่และพบการฟอกขาวบางส่วน หากไม่มีการควบคุมค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่ต่อท่อระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเลโดยตรง สุขภาพของปะการังก็ยังคงเสื่อมโทรมและเกิดการฟอกขาวต่อไปได้ ดังนั้นการเฝ้าระวังและควบคุมปริมาณแอมโมเนียให้มีค่าน้อย จึงเป็นสิ่งที่ทุกภาคส่วนในเทศบาลตำบลเกาะสีชังควรวางแผนไว้และจะส่งผลดีต่อสุขภาพปะการังเนื่องจากพืชและสัตว์สามารถใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโต



ตารางที่ 4-15 ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	0.053	0.065	0.042
A2 ท่าล่าง	0.059	<u>0.074</u>	<u>0.143</u>
A3 ท่าบน	0.060	0.069	<u>0.086</u>
A4 ท่ายายทิม	0.054	0.047	0.051
A5 หาดถ้ำพัง	<u>0.079</u>	0.034	0.036
เฉลี่ย	0.061	0.058	<u>0.072</u>
ต่ำสุด-สูงสุด	0.053- <u>0.079</u>	0.034- <u>0.074</u>	0.036- <u>0.143</u>



ภาพที่ 4-23 ปริมาณแอมโมเนีย

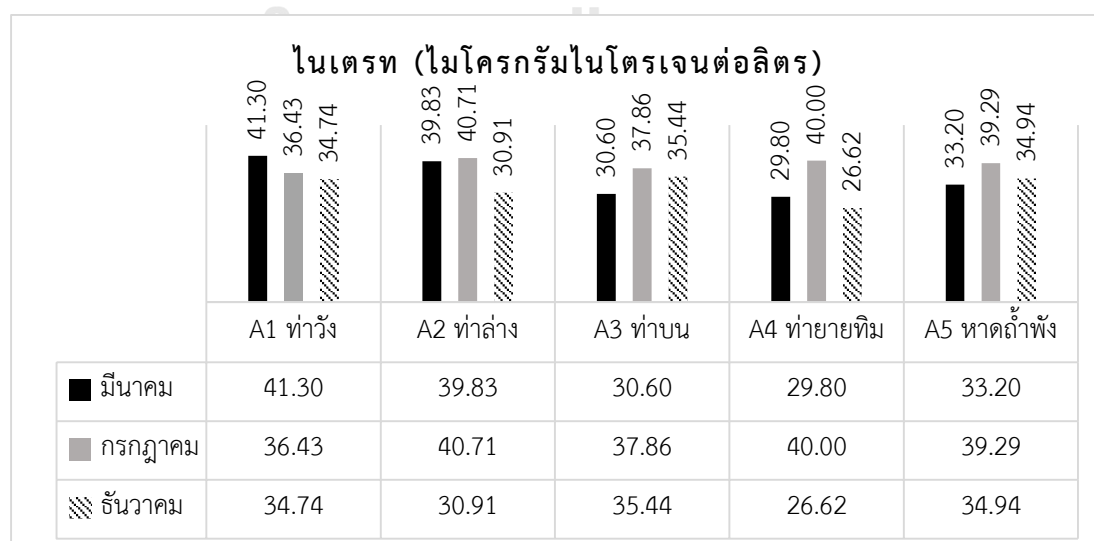
#### 5.5.6 ปริมาณไนเตรท

จากการตรวจวัดปริมาณไนเตรททั้ง 5 จุดรอบพื้นที่เกาะสี่ซัง ในหน่วยไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร พบว่าปริมาณไนเตรทในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.95 38.86 และ 32.53 ตามลำดับ ในเดือนมีนาคม กรกฎาคม และธันวาคม ปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง 29.80-41.30 36.43-40.71 และ 26.62-35.44 ตามลำดับ จากตารางที่ 4-15 พบว่าปริมาณไนเตรทอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 2 คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ค่าไนเตรทสูงสุดในเดือนมีนาคมอยู่ที่จุด A1 ท่าวัง เดือนกรกฎาคมสูงสุด

ที่ A2 ท่าล่าง และเดือนธันวาคมสูงสุดที่จุด A3 ท่าบน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทของข้อมูล ทดดิยภูมิ พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ค่าปริมาณไนเตรทในทุกจุดส่วนมากมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา แต่ยังเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และจากจุดที่มีค่าไนเตรทสูงสุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนเตรท มีค่าสูงขึ้น คาดว่าเป็นผลจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนที่มีอยู่หนาแน่นในสามบริเวณนี้ ส่งผลให้ ค่าปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปริมาณไนเตรทที่เกิดขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยน รูปของแอมโมเนีย เมื่อเทียบกับค่าปริมาณแอมโมเนียก็ยังไม่ถือว่าสูงมากจนทำให้สามารถเปลี่ยนรูป เป็นไนเตรทในปริมาณที่สูงได้ อีกทั้งที่เกาะสีชังไม่มีพื้นที่หรือที่ดินสำหรับการทำเกษตรกรรม ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ตรวจพบจึงไม่ได้มีผลมาจากพื้นที่เกษตรกรรม และเมื่อเปรียบเทียบ ในด้านผลกระทบต่อปะการัง จากการทบทวนเอกสารพบว่าแอมโมเนียจะถูกย่อยสลายได้ โดยแบคทีเรียซึ่งจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทที่มีพิษต่อปะการังน้อยกว่า

ตารางที่ 4-16 ปริมาณไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

จุด/เดือน	มี.ค.	ก.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	41.30	36.43	34.74
A2 ท่าล่าง	39.83	40.71	30.91
A3 ท่าบน	30.60	37.86	35.44
A4 ท่ายายทิม	29.80	40.00	26.62
A5 ท่าถ้ำพัง	33.20	39.29	34.94
เฉลี่ย	34.95	38.86	32.53
ต่ำสุด-สูงสุด	29.80-41.30	36.43-40.71	26.62-35.44



ภาพที่ 4-24 ปริมาณไนเตรท

#### 4.6 ข้อเสนอแนะแนวทางปฏิบัติและแนวทางในการป้องกันแก้ไข

4.6.1 ทำการประเมินขอบเขตของผลกระทบหากเกิดปะการังฟอกขาวบริเวณพื้นที่เกาะสีชัง โดยกลุ่มที่ได้รับผลกระทบมีดังนี้

##### ผลกระทบด้านระบบนิเวศ

ถ้าอุณหภูมิน้ำทะเลสูงเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส และน้ำทะเลมีปริมาณแอมโมเนียที่มากกว่า 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร จะส่งผลให้ปะการังและสาหร่ายซูแซนเทลลีไม่สามารถอาศัยอยู่ร่วมกันได้ เนื่องจากสาหร่ายจะผลิตสารที่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของปะการัง ทำให้ปะการังต้องขับสาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ เมื่อสาหร่ายถูกขับออกไปจึงเหลือแต่เนื้อเยื่อใสและโครงสร้างสีขาวที่เป็นโครงสร้างหินปูนเท่านั้น และถ้าอุณหภูมิยังคงสูงขึ้นเป็นระยะเวลานาน ปะการังก็จะสุขภาพเสื่อมโทรมไปจนเหลือแต่โครงสร้างหินปูนสีขาวในที่สุด ส่งผลให้พื้นที่ปกคลุมของปะการังที่มีชีวิตลดลง

ความหลากหลายทางชีวภาพของปะการังลดลง กล่าวคือ เดิมในพื้นที่เกาะสีชัง ปะการังส่วนใหญ่ที่พบเป็นปะการังเขากวาง และปะการังโขด เมื่อเกิดปรากฏการณ์ฟอกขาว ปะการังเขากวางที่สามารถฟื้นตัวได้ช้ากว่าปะการังโขดจะตายไป ส่งผลให้ปะการังเขากวางลดน้อยลง เหลือเพียงปะการังโขดที่สามารถฟื้นตัวได้ ซึ่งเป็นผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพของปะการังลดน้อยลง

ปะการังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลนานาชนิด เป็นทั้งแหล่งอาหารและที่หลบภัย เพราะฉะนั้นแนวปะการังจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อสัตว์ทะเลเป็นอย่างมาก ดังนั้นหากปะการังเกิดการฟอกขาว จะส่งผลให้สัตว์ทะเลนานาชนิดไร้ที่อยู่อาศัย หวังโซ่อาหารขาดตอน การขยายพันธุ์ไม่สามารถทำได้และอาจสูญพันธุ์ได้ในที่สุด

##### ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

เมื่อปะการังเกิดการฟอกขาวก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งอนุบาลรวมไปถึงแหล่งอาหารของสัตว์ทะเลลดน้อยลง จำนวนและชนิดพันธุ์ของสัตว์ทะเลที่เคยมีเริ่มหายไป ระบบนิเวศและความหลากหลายเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อการประกอบอาชีพประมง สัตว์ทะเลที่เริ่มหาได้น้อยลงจึงมีราคาสูงขึ้น ทำให้ความต้องการของตลาดลดลง กล่าวคือ มีอุปสงค์ต่ำ อุปทานสูง ทำให้เศรษฐกิจเกิดความไม่สมดุล โดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรมประมงที่มีมูลค่าค่อนข้างสูงก็อาจเกิดภาวะตึงเครียด เป็นต้น

ผลกระทบด้านการท่องเที่ยว หากแนวปะการังเสื่อมโทรม ลดความสวยงามลงไป หรือมีสัตว์ทะเลให้ชมลดน้อยลง นักดำน้ำก็อาจจะมีปริมาณน้อยลงไปด้วย ธุรกิจดำน้ำก็อาจจะมีคนเข้าชมลดลง เรือรับจ้าง หรือแม้แต่คนที่ทำหาค้าขาย ก็จะได้รับผลกระทบกันไปหมด หากปะการังเสื่อมโทรมลง นักท่องเที่ยวก็จะไม่ไปท่องเที่ยวบริเวณนั้น ทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดการสูญเสียรายได้

### ผลกระทบด้านสังคม

ชุมชนประมงพื้นบ้าน เป็นกลุ่มคนกลุ่มหนึ่งที่ยึดถืออาชีพการทำประมงเป็นหลัก พวกเขาวิถีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับท้องทะเลมากกว่าใครๆ ดำรงชีพแบบหาเช้ากินค่ำ จะมีกินหรือไม่ทุกสิ่งล้วนขึ้นอยู่กับทะเลแทบทั้งสิ้น เมื่อชุมชนประมงพื้นบ้านพบว่าสภาพของท้องทะเลที่เป็นอยู่ชั่วอยู่น้ำของพวกเขา เริ่มมีสภาพเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตที่เคยอุดมสมบูรณ์ ประกอบกับพบความเสื่อมถอยของทรัพยากรเริ่มมีมากขึ้นเรื่อยๆ จะเห็นได้จากการที่ชาวประมงเรือเล็กต้องออกหากินไกลมากขึ้นกว่าแต่ก่อน จึงจะสามารถจับสัตว์น้ำได้ในปริมาณที่เคยหาได้ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ส่งผลต่อวิถีชีวิตดั้งเดิมของชุมชนเป็นอย่างมาก เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายๆด้าน เช่น การอพยพเข้าเมืองเพื่อหาอาชีพอื่นทำแทน

#### 4.6.2 ทำการประเมินผลกระทบจากการเกิดปะการังฟอกขาว

ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลสภาพปะการังของพื้นที่เกาะสีชัง ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาโดยใช้การประเมินผลกระทบจากการเกิดปะการังฟอกขาวตามหลักสากล ซึ่งมีวิธีการศึกษา 2 วิธี คือ

2.1 Line intercept transect มีจุดประสงค์เพื่อให้ได้รับทราบข้อมูลรายละเอียดเฉพาะจุดในเรื่ององค์ประกอบชนิดปะการังและสิ่งอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบของพื้นแนวปะการัง (reef substrate เช่น ปันทราย ปันหิน พื้นที่มีสาหร่ายปกคลุม พื้นที่มีดอกไม้ทะเลขึ้นคลุม เป็นต้น) ว่ามีองค์ประกอบของชนิดเป็นอย่างไร และแต่ละชนิดหรือประเภทนั้นปกคลุมพื้นที่หนาแน่นมากน้อยเพียงใด การกำหนดจุดสำรวจต่างๆ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ เช่น เลือกแหล่งตัวแทนที่ได้รับผลกระทบทั้งจากมนุษย์และจากธรรมชาติ รวมทั้งแหล่งที่ไม่ได้รับผลกระทบใดๆหรือได้รับผลกระทบน้อยเพื่อเป็นตัวแทนสภาพแนวปะการังที่มีสภาพดั้งเดิมตามธรรมชาติ ดูการเปลี่ยนแปลง เช่น ผลกระทบหรือการฟื้นตัวที่เกิดขึ้น โดยที่ความถี่ในการสำรวจแต่ละจุดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่สำคัญ คือ แหล่งที่ได้รับผลกระทบจากมนุษย์มาก จะถูกสำรวจซ้ำและถี่กว่าแหล่งที่ถูกรบกวนน้อย

2.2 Manta-tow technique มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจครอบคลุมเป็นพื้นที่กว้าง โดยสำรวจพื้นที่รอบเกาะต่างๆ เพื่อให้สามารถประเมินสถานการณ์เป็นภาพรวมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (หน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถานีวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย, 2554)

หากพื้นที่เกาะสีชังสามารถทำการประเมินสภาพปะการังได้ จะทำให้การแก้ไขปัญหาในอนาคตทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากจะได้มีข้อมูลเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปะการัง ดังเช่นพื้นที่อื่นๆ จะทำให้สามารถมองเห็นถึงการประเมินมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ เช่น การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของระบบนิเวศปะการัง เนื่องจากความเสียหายที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศปะการังมีผลกระทบโดยตรงต่อภาคเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อมจากระบบนิเวศปะการัง การวิเคราะห์

มูลค่าเศรษฐกิจศาสตร์จากความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงเป็นประโยชน์เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ต้นทุนของความเสียหายและต้นทุนของมาตรการที่จะป้องกันและฟื้นฟูสภาพระบบนิเวศปะการัง และบ่งชี้ได้ในระดับหนึ่งว่ามูลค่าทางเศรษฐกิจที่จะสูญเสียมีมากน้อยเพียงใดเมื่อเกิดปัญหาปะการังฟอกขาว และนอกจากประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมของการมีแนวปะการังที่อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์แล้ว ระบบนิเวศปะการังยังอาจจะมีมูลค่าที่ไม่ได้เกิดจากการใช้ คือ มีความสำคัญต่อคนทั่วไปที่อาจจะเต็มใจจ่ายเงินส่วนตัวจำนวนหนึ่งเพื่อสนับสนุนมาตรการในการอนุรักษ์และฟื้นฟูแนวปะการัง ซึ่งจะต้องใช้วิธีการประเมินมูลค่าที่ไม่ได้เกิดจากการใช้ มี 2 วิธี คือ Contingent Valuation Method (CVM) และ Choice Experiment (CE) ทั้ง 2 วิธี เป็นการตั้งคำถามโดยตรงว่าหากมีมาตรการในการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากร ซึ่งในที่นี้คือระบบนิเวศปะการัง ผู้ตอบจะเต็มใจจ่ายหรือไม่ มูลค่าที่เต็มใจจะจ่ายนี้ถือเป็นตัวแทนของประโยชน์ (Benefit) ที่ผู้ตอบได้รับ หรืออีกนัยหนึ่ง คือ เป็นมูลค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงอุปสงค์หรือความต้องการที่จะให้มีมาตรการในการอนุรักษ์ โดย

CVM คือ มาตรการรวมๆ เพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรซึ่งผู้ตอบเพียงแต่ตัดสินใจว่าจะเต็มใจจ่ายหรือไม่เพื่อสนับสนุนมาตรการที่เสนอ

CE แบ่งเป็นมาตรการย่อยๆ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ละเอียดมากขึ้นว่าความพึงพอใจหรือความเต็มใจที่จะจ่ายสำหรับองค์ประกอบย่อยๆ ของมาตรการรวมเป็นอย่างไร มีอยู่ 2 องค์ประกอบซึ่งเป็นมาตรการที่จะลดแรงกดดันต่อแนวปะการัง นั่นคือการสร้างแนวปะการังเทียมเพื่อเป็นทางเลือกในการดำน้ำแทนแนวปะการังธรรมชาติ และในขณะเดียวกันปะการังเทียมก็ทำหน้าที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ส่วนการเก็บขยะใต้ทะเลนั้นถือเป็นมาตรการที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมใต้ทะเลดีขึ้น อย่างน้อยก็ในส่วนของการลดมลพิษที่อยู่ในสภาพที่จับต้องได้

#### 4.6.3 แนวทางดำเนินการเพื่อจัดการ แก๊ส และบรรเทาผลกระทบ

เป็นข้อเสนอแนะในภาพรวมสำหรับหน่วยงาน องค์กรหรือผู้ต้องการมีส่วนร่วมในการดูแลทรัพยากรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ตามภาระหน้าที่ความรับผิดชอบ (หน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถาบันวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรมไทย, 2554)

1) สร้างความรู้ความเข้าใจแก่ประชาชน ผู้ประกอบการ ผู้ใช้ประโยชน์จากแนวปะการัง เพื่อให้ทราบสถานการณ์ของแนวปะการังฟอกขาว ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น และแนวทางที่ทุกฝ่ายสามารถดำเนินการได้เพื่อช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้น รวมทั้งส่งเสริมการฟื้นตัวตามธรรมชาติของแนวปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาว

- เจ้าหน้าที่ควรบอกเล่าสถานการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นจริงกับแนวปะการังกับนักท่องเที่ยวให้รับทราบก่อนตัดสินใจ เพื่อนักท่องเที่ยวจะได้รับทราบข้อมูลที่ถูกต้องและเตรียมความพร้อมก่อนมาท่องเที่ยว

- แนวทางการประชาสัมพันธ์เพื่อการท่องเที่ยวที่ควรมุ่งเน้นให้ความรู้ และปลูกฝังจิตสำนึกให้กับนักท่องเที่ยว โดยการนำเที่ยวที่ให้นักท่องเที่ยวเห็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรในแนวปะการังว่าเป็นอย่างไร และนักท่องเที่ยวจะมีส่วนร่วมได้อย่างไร ที่จะช่วยแก้หรือบรรเทาปัญหาให้รุนแรงน้อยลง

- จัดกิจกรรมสำรวจแนวปะการัง ด้วยวิธี Reef Watch ดังเช่นหมู่เกาะสุรินทร์ ให้กับเจ้าหน้าที่บริษัทท่องเที่ยวและนักท่องเที่ยวที่สนใจ เพื่อให้เกิดบทบาทร่วมในการดูแลรักษาและเปิดโอกาสให้ได้รับทราบสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ต่อสถานภาพปะการังเกาะสีชังเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง โดยเจ้าที่เป็นผู้ให้ความรู้และอบรมนักท่องเที่ยวก่อนปฏิบัติจริง

2) ดำเนินการลดภัยคุกคามต่อแนวปะการัง ซึ่งจะมีผลในการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นในแนวปะการังที่เกิดการฟอกขาวและเสริมให้ปะการังมีการฟื้นตัวได้เองตามธรรมชาติ ดังนี้

- ลดผลกระทบจากกิจกรรมการท่องเที่ยวที่ส่งผลกระทบต่อแนวปะการัง ด้วยการกำหนดพื้นที่รูปแบบกิจกรรม และข้อควรปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ประโยชน์ต่างๆ เปิดให้มีการใช้ประโยชน์ในแนวปะการัง บริเวณที่เหมาะสมกับแต่ละกิจกรรมที่ไม่สร้างความเสียหายเพิ่มเติมกับปะการัง โดยไม่เข้าไปดำน้ำ จอดเรือรับส่งนักท่องเที่ยวหรือทำกิจกรรมใดๆ บริเวณที่มีพบว่ามีการฟื้นตัวของปะการัง โดยเฉพาะในกลุ่มที่ไม่ทนทานต่อการฟอกขาว เช่น ปะการังเขากวาง และบริเวณที่น้ำตื้นน้อยกว่า 2 เมตร

- การจัดการน้ำเสียจากชายฝั่งและเรือท่องเที่ยวที่ส่งผลกระทบต่อแนวปะการัง

- การจัดการเพื่อลดปริมาณตะกอนจากแผ่นดินลงสู่ทะเล เช่น การควบคุมการเปิดหน้าดิน และกำหนดมาตรการป้องกันการกัดเซาะหน้าดินบนเกาะที่มีแนวปะการัง

- กำหนดมาตรการอย่างเข้มงวดต่อกิจกรรมประมงที่ส่งผลกระทบต่อแนวปะการัง โดยเฉพาะการลักลอบจับปลาสวยงาม และปลากินพืชในแนวปะการัง

- มาตรการในการลดปัจจัยเสริมในการก่อให้เกิดการฟอกขาวของปะการัง เช่น ลดปริมาณการไหลลงของน้ำจืด หรือตะกอนลงสู่แนวปะการัง

- ลดปัญหาการแพร่ของเชื้อโรคหรือปริมาณสารอาหารในแนวปะการัง เช่น น้ำทิ้งจากแผ่นดิน และเรือท่องเที่ยว

- กำหนดกิจกรรมหรือมาตรการส่งเสริมการฟื้นตัวของแนวปะการังตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่

3) ดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์และฟื้นฟูแนวปะการังที่เหมาะสมในพื้นที่วิกฤต ซึ่งหมายถึงบริเวณที่มีความเสียหายของปะการังเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและมีการใช้ประโยชน์ของแนวปะการังอย่างมาก หรือในพื้นที่ที่ควรอนุรักษ์ ซึ่งหมายถึงบริเวณที่แนวปะการังยังอยู่ในสภาพดีและ

มีความสำคัญในแง่ของการเป็นแหล่งพันธุ์สำหรับการฟื้นตัวของแนวปะการังบริเวณอื่นด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกัน ดังนี้

- ปิดพื้นที่ไม่ให้มีการใช้ประโยชน์ใดๆ ในพื้นที่แนวปะการังที่จำเป็นต้องได้รับการคุ้มครองอย่างเข้มงวด หรือไม่เปิดให้มีการใช้ประโยชน์ใดๆ ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น 6 เดือน ในบริเวณที่มีการฟื้นตัวของปะการัง และไม่ได้กำหนดเป็นจุดดำน้ำ เพื่อควบคุมปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปะการังและเปิดโอกาสให้ปะการังเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ สมบูรณ์ แข็งแรงพร้อมที่จะสืบพันธุ์เพื่อรักษาไว้เป็นแหล่งพันธุ์สำหรับแนวปะการังที่เสียหายบริเวณอื่นๆ

- กำหนดมาตรการการใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมต่างๆในแนวปะการัง เช่น จำกัดและควบคุมนักท่องเที่ยวที่เหมาะสมในแต่ละบริเวณ กำหนดประเภทกิจกรรมที่เหมาะสมในแนวปะการังแต่ละบริเวณ จัดทำข้อควรปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่างๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการใช้ประโยชน์ด้านันทนาการที่เกินขีดความสามารถในการรองรับได้ของแต่ละพื้นที่

- กำหนดมาตรการหรือวิธีการลดการใช้ประโยชน์ในแนวปะการังตามธรรมชาติ เช่น การจัดสร้างแหล่งดำน้ำใหม่ หรือปะการังเทียมเสริมในบริเวณที่เหมาะสม

- จัดทำกิจกรรมสร้างสรรค์บนบก เพื่อทดแทนกิจกรรมดำน้ำดูปะการัง ในกรณีที่คลื่นลมแรงเรือไม่สามารถสัญจรไปยังจุดดำน้ำตื้นที่กำหนดไว้ได้ เช่น ชมวิถีทัศนวิสัยการฟื้นฟูแนวปะการัง จัดกิจกรรมทางน้ำที่ไม่รบกวนแนวปะการัง

4) ดำเนินการสำรวจเพื่อประเมินผลกระทบจากสถานการณ์ปะการังฟอกขาวในบริเวณที่ข้อมูลไม่เพียงพอ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการจัดการพื้นที่หรือการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

- ทำการสำรวจสภาพของแนวปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวด้วยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อนำผลจากการสำรวจมาเป็นแนวทางในการจัดการหรือเป็นพื้นฐานในการศึกษาในเบื้องต้น ใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่ต้องได้รับการคุ้มครองอย่างเข้มงวด การใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่เพื่อเพิ่มความสามารถในการฟื้นคืนสภาพให้แก่แนวปะการัง และเพื่อกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการฟื้นฟูแนวปะการัง

- ดำเนินการศึกษาประเมินผลกระทบทางนิเวศและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชาคมสิ่งมีชีวิตในแนวปะการังอันเนื่องมาจากปะการังฟอกขาว และประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจสังคมอันเนื่องมาจากสถานการณ์ปะการังฟอกขาว

#### 4.6.4 แนวทางดำเนินการเพื่อส่งเสริมฟื้นตัวหรือเสริมภูมิคุ้มกันด้านทานให้กับแนวปะการังที่อาจได้รับผลกระทบจากการฟอกขาวทั้งในปัจจุบันและในระยะยาว

1) ส่งเสริมการศึกษาวิจัย เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการจัดการปัญหาปะการังฟอกขาวทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ

2) ดำเนินการบริหารจัดการองค์ความรู้เพื่อรองรับการจัดการปัญหาปะการังฟอกขาว

- ศึกษาและจัดทำระบบเตือนภัยจากปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว ด้วยกลไกการตรวจสอบตั้งแต่ระยะเริ่มต้นปรากฏการณ์

- ศึกษาและจัดทำมาตรการรองรับปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวสำหรับฝ่ายจัดการทรัพยากร

- วิเคราะห์ จัดการ เผยแพร่องค์ความรู้ และสร้างความตระหนักเกี่ยวกับปะการังฟอกขาวสู่สาธารณะอย่างต่อเนื่อง

- สร้างกระบวนการมีส่วนร่วมในการติดตามตรวจสอบสถานภาพ และการแก้ไขปัญหาแนวปะการังที่ได้รับผลกระทบจากการฟอกขาว

- การเสริมสร้างความสามารถของบุคลากรภาครัฐและทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พัฒนาหลักสูตรและจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการสำหรับนักวิชาการ ผู้ปฏิบัติงานด้านการจัดการทรัพยากร

3) เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการของพื้นที่คุ้มครองทางทะเล

- ประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการจัดการพื้นที่คุ้มครองทางทะเลในรูปแบบต่างๆ ของประเทศไทย

- จัดทำแผนที่และดัชนีความสามารถในการฟื้นกลับสู่สภาพเดิมของปะการัง (Resilience map index) ในระดับพื้นที่ต่างๆ และแผนที่กับดัชนีความเปราะบางของแนวปะการังต่อปะการังฟอกขาว (Vulnerability map and index)

4) ส่งเสริมการจัดการชายฝั่งอย่างบูรณาการ

- ปรับปรุงกฎระเบียบ ข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการชายฝั่งให้เหมาะสมกับสถานการณ์ โดยการมีส่วนร่วมระหว่างประชาชนกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน และภาคเอกชนในการดูแลและสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากร



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และความสำคัญกับงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับแอมโมเนียแบบเฉียบพลันต่อระดับสุขภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียส ร่วมกับ ความเข้มข้นแอมโมเนียที่ 0 0.05 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อคำนวณร้อยละสุขภาพของปะการัง ด้วยการประเมินสุขภาพจากแผนภูมิสุขภาพปะการัง และคำนวณค่าความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ( $LC_{50}$ ) ที่เวลา 48 ชั่วโมงของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังเกิดการฟอกขาวหรือมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ด้วยการวิเคราะห์แบบโพรบิต (Probit analysis) ของปะการังทั้งสามชนิด จากนั้นทำการประเมินระดับสุขภาพของปะการังที่สัมพันธ์กับ ค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีและร้อยละการยึดโพลีปของปะการัง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 30 และ 33 องศาเซลเซียสร่วมกับการเพิ่มระดับแอมโมเนียทำให้ระดับสุขภาพปะการังเสื่อมโทรมมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร เป็นสภาวะที่ทำให้ปะการังทั้งสามชนิดมีระดับสุขภาพเสื่อมโทรมมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง ปะการังเขากวางมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ในทุกความเข้มข้นของแอมโมเนีย นั่นคือสภาวะที่ไม่มีแอมโมเนีย (ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) อุณหภูมิเพียงปัจจัยเดียวสามารถส่งผลต่อปะการังเขากวางได้ ขณะที่ปะการังจานและปะการังโขดจะมีสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ร่วมกับความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.07 และ 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แสดงให้เห็นว่าปะการังแต่ละชนิดทนต่อความเข้มข้นแอมโมเนียได้แตกต่างกัน และสามารถคำนวณค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน ( $LC_{50}$ ) ของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังทั้งสามชนิดมีระดับสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 หรือเกิดการฟอกขาวได้ ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง พบว่าค่า  $LC_{50}$  ของแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด มีค่าเท่ากับ 0.043 0.075 และ 0.054 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ แต่ที่สภาวะอื่นพบว่าปะการังมีระดับสุขภาพเสื่อมโทรมน้อยกว่าร้อยละ 50 จึงไม่สามารถหาค่า  $LC_{50}$  ได้

จากการหาค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีของปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโขด พบว่าที่เวลา 48 ชั่วโมง อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร เป็นสภาวะที่ทำให้ปะการังทั้งสามชนิดมีร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมสูงสุด

เท่ากับร้อยละ 74.04 63.33 และ 63.90 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นสาหร่าย  
 ชูแซนเทลลีของปะการังทั้งสามชนิดที่วัดได้สูงสุด เท่ากับ 17.50 109.40 และ 23.17 เซลล์ต่อ  
 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าปะการังมีการเผชิญกับสภาวะที่ทำให้สุขภาพเสื่อมโทรม จึงมีกลไกในการขับ  
 สาหร่ายออกจากเนื้อเยื่อ ส่งผลให้มีความหนาแน่นสาหร่ายชูแซนเทลลีในน้ำแตกต่างกัน

จากการศึกษาร้อยละการยึดโพลีปของปะการัง ที่อุณหภูมิตั้ง 33 องศาเซลเซียส สามารถ  
 หาค่าร้อยละการยึดโพลีปของปะการังเขากวางและปะการังจานได้ ส่วนปะการังโขดไม่สามารถศึกษา  
 ได้เนื่องจากโพลีปของปะการังโขดมีขนาดเล็กมาก การประเมินทางภาพถ่ายจึงเป็นข้อจำกัด  
 ในการศึกษาการยึดโพลีปของปะการังโขด การยึดโพลีปของปะการังเขากวางและปะการังจานมี  
 การเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาและความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เพิ่มมากขึ้นหรือเมื่ออุณหภูมิน้ำทะเล  
 เพิ่มขึ้น ปะการังจึงยึดโพลีปออกมาน้อยลง ดังนั้นเมื่อนำร้อยละสุขภาพปะการังมาเปรียบเทียบเพื่อ  
 หาค่าความสัมพันธ์กับร้อยละการยึดโพลีป พบว่าร้อยละสุขภาพปะการังมีความสัมพันธ์แปรผันตามกัน  
 กับร้อยละการยึดโพลีป คือถ้าร้อยละสุขภาพปะการังน้อยหรือปะการังมีสุขภาพเสื่อมโทรมมาก  
 ร้อยละการยึดโพลีปของปะการังจะน้อย แสดงให้เห็นว่าเมื่อปะการังอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิน้ำทะเล  
 และปริมาณแอมโมเนียเพิ่มสูงขึ้น ปะการังจะไม่ยึดโพลีปออกมาเพื่อป้องกันตัวเองจากสภาวะที่  
 ไม่เหมาะสม

## 5.2 สรุปผลการศึกษาคุนภาวน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชัง

จากการศึกษาคุนภาวน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังในช่วงเดือนมีนาคม กรกฎาคม และ  
 ธันวาคม ปี 2560 ทำการวัดพารามิเตอร์คุนภาวน้ำทะเลทั่วไป โดยคุนภาวน้ำที่วัดในภาคสนาม  
 ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย ด้วยเครื่องวัดแบบหลาย  
 หัววัด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสารอาหาร คือ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท  
 โดยมีการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม  
 และ A5 หาดถ้ำพัง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

อุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 30.49 28.43 และ 28.29 องศาเซลเซียส ในเดือน  
 มีนาคมมีค่าอุณหภูมิสูงสุด และลดลงในเดือนกรกฎาคมและธันวาคม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ  
 ค่ามาตรฐานคุนภาวน้ำทะเลประเภทที่ 2 พบว่าค่าอุณหภูมิไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด  
 เนื่องจากยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ แต่การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และ  
 ในเดือนมีนาคมอุณหภูมิน้ำทะเลมีค่าในบางจุดและค่าเฉลี่ยมากกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าของ  
 อุณหภูมินี้อาจส่งผลต่อสุขภาพของปะการังได้

ความเค็มเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 31.83 28.77 และ 29.58 psu เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความ  
 เค็มในมาตรฐานคุนภาวน้ำทะเลประเภทที่ 2 พบว่าความเค็มของน้ำทะเลยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ความเป็นกรดต่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.5 บางจุดในเดือนกรกฎาคมและทุกจุดในเดือน ธันวาคมมีค่าที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 ที่กำหนดไว้ว่าค่าความเป็นกรดต่างควร อยู่ในช่วง 7.0-8.5 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดต่างของข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้นกว่าปกติ จนบางจุดมีค่าเกินมาตรฐาน คือ มากกว่า 8.5

ปริมาณออกซิเจนละลาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.93-7.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดที่ A4 ท่ายายทิม ปริมาณออกซิเจนทั้งสามเดือนมีค่าสูงสุดเนื่องจากเป็นจุดที่ไม่มีกิจกรรมใดๆ และในเดือน มีนาคมที่จุด A2 ท่าล่าง เดือนกรกฎาคมที่จุด A5 หาดถ้ำพัง พบค่าปริมาณออกซิเจนละลายเท่ากับ 4.96 และ 5.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าปริมาณออกซิเจน ละลายควรมีค่าเกินกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.061 0.058 และ 0.072 มิลลิกรัมไนโตรเจน ต่อลิตร เมื่อนำค่าปริมาณแอมโมเนียของทุกจุดเก็บตัวอย่างมาเทียบกับค่ามาตรฐาน พบค่าแอมโมเนีย ที่เกินค่ามาตรฐาน ในบริเวณที่มีชุมชนและท่าเรือ ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และปัจจัยหลักที่ส่งผลคือเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการดำรงชีวิต การค้าขาย และการเดินเรือ ที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่น้ำทะเลโดยไม่ผ่านการบำบัดคุณภาพก่อน และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลทุติยภูมิ แสดงให้เห็นว่าที่ผ่านมามีปริมาณแอมโมเนียสามารถส่งผลกระทบต่อ สุขภาพปะการังได้อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

ปริมาณไนเตรท มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.95 38.86 และ 32.53 ไมโครกรัมไนโตรเจน ต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ค่าไนเตรทสูงสุดในเดือน มีนาคมอยู่ที่จุด A1 ท่าวัง เดือนกรกฎาคมสูงสุดที่ A2 ท่าล่าง และเดือนธันวาคมสูงสุดที่จุด A3 ท่าบน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนเตรทของข้อมูลทุติยภูมิ พบว่าในปี พ.ศ. 2560 ค่าปริมาณไนเตรท ในทุกจุดส่วนมากมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา แต่ยังเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และจากจุดที่มี ค่าไนเตรทสูงสุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนเตรทมีค่าสูงขึ้น คาดว่าเป็นผลจากการระบายน้ำทิ้งจาก ชุมชนที่มีอยู่หนาแน่นในสามบริเวณนี้ ส่งผลให้ค่าปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น

จากการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทะเลในปี 2560 พบว่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ ระดับสุขภาพปะการังของพื้นที่เกาะสีชัง นั่นคือ อุณหภูมิ น้ำทะเลและปริมาณแอมโมเนีย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลการทดลองในงานวิจัยนี้ ส่วนพารามิเตอร์อื่นๆ คือปัจจัยเสริมที่สามารถส่งผล กระทบได้ เช่น ค่าความเป็นกรดต่างที่จะมีผลต่อปริมาณแอมโมเนีย

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การศึกษาการฟอกขาวของปะการังในประเทศส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นเกี่ยวกับการศึกษาผลของปัจจัยทางกายภาพเพียงปัจจัยเดียว เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อการฟอกขาวของปะการังเช่นกัน ในอนาคตจึงควรศึกษาผลของปัจจัยหลายปัจจัยร่วมกันเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่ทำให้ปะการังเกิดการฟอกขาวหรือทำให้ระดับสุขภาพปะการังเสื่อมโทรม

5.3.2 การสังเกตระดับสุขภาพปะการังด้วยแผนภูมิสุขภาพปะการังร่วมกับการวัดอุณหภูมิน้ำทะเลที่เป็นปัจจัยสำคัญของการทำให้สุขภาพปะการังเสื่อมโทรม จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตามตรวจสอบระดับสุขภาพปะการังในพื้นที่ชายฝั่งได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังต้องติดตามตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียอย่างสม่ำเสมอ เพื่อศึกษาแนวโน้มนำไปสู่แนวทางการจัดการเพื่อลดความเข้มข้นแอมโมเนียในน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดในบริเวณนั้นๆต่อไปได้

5.3.3 ข้อมูลของผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการบริหารจัดการปะการังในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ เช่น กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

5.3.4 เครื่องตรวจวัดคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a sensor) ยังไม่เหมาะสมกับการตรวจวัดในงานวิจัยนี้ เนื่องจากไม่สามารถตรวจวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำตัวอย่างของแต่ละตู้ทดลองได้ การตรวจวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการมาตรฐาน คือ Acetone extraction อีกทั้งหากมีการทดลองต่อไป ควรมีการเพิ่มตู้ควบคุมการวัดคลอโรฟิลล์ เอ เพื่อแสดงให้เห็นว่าผลการวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ นี้มาจากเซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลีและมีความแม่นยำมากขึ้นควบคู่กับการกรองน้ำทะเลก่อนนำมาใช้

5.3.5 การนำผลการทดลองไปใช้ในการแก้ไขหรือป้องกันความเสื่อมโทรมของปะการังหรือความเสี่ยงในการเพิ่มขึ้นของความเสื่อมโทรมของปะการัง (การเพิ่มขึ้นของการฟอกขาว) คือ การลดปัจจัยเสริมที่มีผลลบ ได้แก่ การควบคุมน้ำเสียที่มีแอมโมเนียสูงให้มีค่าใกล้เคียงกับค่า  $LC_{50}$  ของปะการังทั้งสามชนิด ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณไนเตรท ปริมาณซิลิเฟต ปริมาณตะกอนแขวนลอย การลดลงของความเค็มน้ำทะเล ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลมีผลต่อระดับสุขภาพของปะการังอย่างไร รวมถึงความสามารถในการฟื้นตัวของปะการังในสภาวะที่ได้รับปัจจัยต่างๆดังกล่าวด้วย

5.3.6 งานวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาแผนที่สถานภาพแนวปะการังของเกาะสีชัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณภาพและปริมาณของปะการังที่เกาะสีชัง จะทำให้สามารถเชื่อมโยงกับผลการวิเคราะห์สุขภาพปะการังของการศึกษานี้ได้ง่ายยิ่งขึ้นเพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูแหล่งอนุรักษ์ปะการังในอนาคต เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลแผนที่สถานภาพแนวปะการังในน่านน้ำไทยรายจังหวัดของทะเลฝั่งอ่าวไทยของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งยังไม่มีข้อมูลของจังหวัดชลบุรี การจัดทำแผนที่

สถานภาพปะการังจะได้มีประโยชน์ในการประยุกต์ใช้มากขึ้นในอนาคต เช่น ถ้ามองเรื่องการอนุรักษ์ปะการัง การมีแผนที่จะทำให้ทราบว่า ณ พื้นที่นั้น สถานภาพของปะการังมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร พื้นที่ที่จะต้องอนุรักษ์ปะการังควรมีมาตรการรองรับกับผลของสุขภาพปะการังที่เสื่อมโทรมไปอย่างไร หรือการพัฒนาคลองที่สามารถถ่ายภาพใต้น้ำได้โดยควบคุมอยู่บนชายฝั่ง จะเป็นวิธีการสำรวจสุขภาพของปะการังที่อยู่ใต้น้ำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วในอนาคต

#### 5.4 ความสำคัญกับงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

แนวปะการังมีความสำคัญในด้านต่างๆ มากมาย ซึ่งคุณภาพน้ำทะเลในปัจจุบันของเกาะสีชังมีความเสื่อมโทรมจากกิจกรรมของมนุษย์มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างชาติน้ำทะเลเป็นจำนวนมาก การขยายตัวของสถานประกอบการและชุมชนที่อยู่อาศัย ส่งผลให้มีการใช้น้ำและเกิดน้ำเสียเป็นปริมาณมาก จนเกิดเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ และยังมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพปะการัง จึงนำไปสู่การศึกษาผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง กรณีศึกษาเกาะสีชัง ประเทศไทยนี้ ผลการศึกษาทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นและความเข้มข้นแอมโมเนียที่เกินกว่าค่า  $LC_{50}$  จะส่งผลกระทบต่อปะการัง ทำให้สุขภาพปะการังอยู่ในระดับที่เสื่อมโทรม ก่อให้เกิดความเครียดและความเป็นพิษต่อปะการัง โดยแนวโน้มของอุณหภูมิ น้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูร้อน มีสาเหตุสำคัญมาจากสภาพภูมิอากาศของโลก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ น้ำทะเลจึงเป็นสิ่งที่ยากต่อการควบคุม แต่การติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ น้ำทะเลแบบออนไลน์ ณ จุดต่างๆ จะช่วยให้สามารถตรวจติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ น้ำทะเลได้ และในปัจจุบันปัญหาน้ำเสียบนเกาะสีชังมีความชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากในอดีตมีจำนวนประชากรไม่มาก จึงไม่ได้เข้มงวดต่อระบบบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยและโรงแรม ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่เกาะสีชังเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบในน้ำเสียเหล่านั้นที่มีแหล่งกำเนิดมาจากบ้านพักอาศัย โรงแรม อาคารต่างๆ และเรือขนถ่ายสินค้าที่ต่อท่อระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเลโดยตรง ทำให้น้ำทิ้งที่ถูกปล่อยผ่านท่อระบายน้ำลงสู่ทะเลไม่ผ่านการบำบัดคุณภาพก่อน ดังนั้นหากไม่ดำเนินการควบคุมดูแลจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวในอนาคต ซึ่งทางเทศบาลตำบลเกาะสีชังควรต้องมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียหรือการต่อท่อรวบรวมน้ำเสียจากอาคารต่างๆ เพื่อรวบรวมน้ำเสียส่งไปยังระบบบำบัด ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ ยกตัวอย่างเช่น

1. วิธีการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย ด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การไล่ก๊าซแอมโมเนีย วิธีทางเคมี เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน และวิธีทางชีวภาพ โดยอาศัยปฏิกิริยาไนทริฟิเคชัน-ดีไนทริฟิเคชัน การใช้ระบบเอเอสบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย ระบบเอเอสทั่วไปใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดไนโตรเจนได้ โดยใช้

ปฏิกิริยาไนทรีฟิเคชันในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นไนเตรต และอาศัยปฏิกิริยาดีไนทรีฟิเคชันในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ระบบเอเอสที่ดัดแปลงให้ใช้กำจัดไนโตรเจนได้ เช่น ระบบแยกเชื้อ เป็นระบบที่ประกอบด้วยระบบเอเอสอย่างน้อย 2 ชุดต่ออนุกรมกัน ถึงชุดแรกหรือถึงแอรอบิกมีปฏิกิริยาไนทรีฟิเคชันและแอรอบิกออกซิเดชันเกิดขึ้น ทำให้สามารถกำจัดบีโอดีพร้อมกับเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต โดยอาศัยออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ถึงชุดที่ 2 หรือถึงแอน็อกซิก มีปฏิกิริยาดีไนทรีฟิเคชันเกิดขึ้น ใช้ในการกำจัดไนเตรตที่เกิดขึ้นจากถึงปฏิกิริยาชุดแรก โดยไนเตรตจะทำหน้าที่เป็นสารรับอิเล็กตรอน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการเติมออกซิเจนให้กับระบบเอเอสชุดที่ 2

2. การใช้ระบบบำบัดแบบคลองวนเวียนในการกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยแมงกานีสซีโอไลต์ เนื่องจากซีโอไลต์มีคุณสมบัติในการดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุ จึงสามารถดูดซับแอมโมเนียไนโตรเจนไว้ได้ (ศิโรชัย มณีชัย และคณะ, 2553)

แต่การจะติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นมาถือเป็นเรื่องที่ยากในทางปฏิบัติ ต้องใช้เวลาในการศึกษาและเลือกระบบที่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ด้านงบประมาณ (หากไม่มีงบประมาณมาสนับสนุน อาจต้องศึกษาความเต็มใจที่จะจ่ายเงินเพื่อสนับสนุนการก่อสร้างของประชาชนในพื้นที่) ด้านพื้นที่ก่อสร้าง (จากลักษณะภูมิประเทศของเกาะสีชังที่เป็นหินและพื้นที่ลาดชัน) ด้านการบำรุงรักษาระบบ (ต้องใช้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของบุคคลที่ต้องเข้าไปดูแล) เป็นต้น จึงมีแนวทางอื่นที่สามารถช่วยลดปริมาณแอมโมเนียได้ เช่น จากงานวิจัยของทัศนีย์ อุตตะนันท์ และคณะ (2540) การใช้ซีโอไลต์ร่วมกับวัสดุธรรมชาติในระบบชั้นดินก่อกออิฐที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากห้องสุขา โดยซีโอไลต์ที่ใช้มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และแอมโมเนียไนโตรเจนได้ และจากงานวิจัยของ สนธยา น้าภา (2553) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแอมโมเนียในน้ำทะเลของสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ พบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารประกอบไนโตรเจนและแอมโมเนียได้ดีที่สุด เป็นผลมาจากลักษณะของสาหร่ายที่มีพื้นที่ผิวที่แผ่กว้าง ทำให้สามารถดูดซับธาตุอาหาร และเกิดการสังเคราะห์แสงได้มาก

จากที่กล่าวมาหากสามารถตรวจติดตามอุณหภูมิ น้ำทะเลได้อย่างต่อเนื่องและควบคุมปริมาณแอมโมเนียที่ถูกปล่อยลงสู่ทะเลให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการังและให้มีค่าที่เหมาะสมกับค่า  $LC_{50}$  ของปะการังได้ จะช่วยให้ระบบนิเวศทางทะเลของพื้นที่เกาะสีชังดีขึ้นได้ อีกทั้งการประยุกต์ใช้หลักการจัดการทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้ คือ การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ในการแก้ไขปัญหา ได้แก่

1.1 การใช้ใบอนุญาต (Permits) จะช่วยให้สามารถแน่ใจได้ว่าทรัพยากรทางทะเลจะยังคงถูกอนุรักษ์และมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป โดยใบอนุญาตจะช่วยให้

สามารถ ลดผลกระทบต่อการใช้งานที่มากขึ้นและลดผลกระทบต่อพื้นที่อ่อนแอ แยกกิจกรรมที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางธรรมชาติของพื้นที่ที่อ่อนแอ เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวางแผนของอุทยานทางทะเล และตรวจสอบกิจกรรมที่อาจสร้างความเสียหาย โดยกิจกรรมที่จำเป็นต้องมีใบอนุญาต เช่น กิจกรรมเชิงพาณิชย์รวมทั้งการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว การติดตั้ง การดำเนินงาน หรือการซ่อมแซมโครงสร้าง เช่น ท่าเทียบเรือ ท่าจอดเรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การขุดลอกและการทิ้งวัสดุที่ขุดลอก การปล่อยของเสีย โดยการขอใบอนุญาตจะมีการเก็บค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมและเวลาที่ต้องการดำเนินการ หากเกินกำหนดเวลาที่ได้รับก็จะมีค่าปรับ ทั้งนี้สามารถซื้อขายใบอนุญาตได้ตามความเห็นชอบของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

1.2 Environmental management charge (EMC: ค่าธรรมเนียมในการจัดการสิ่งแวดล้อม) การเก็บค่าธรรมเนียมในการจัดการสิ่งแวดล้อม สำหรับนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในบริเวณแนวปะการัง จะเน้นหลักการ “Different tourists pay different amounts depending on how much time they spend in the Marine Park” กล่าวคือ ค่าธรรมเนียมในการเรียกเก็บจากนักท่องเที่ยวแต่ละคนจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เข้ามาใช้ประโยชน์ ดังนั้น นักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่เป็นเวลานานจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมสูงกว่านักท่องเที่ยวที่เข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่ในเวลาสั้นๆ ซึ่งหลักการนี้ได้ใช้กับ Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA) ในประเทศออสเตรเลีย และ GBRMPA ได้มีการจัดทำป้ายประกาศ อธิบายถึงการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในอัตราที่ไม่เท่ากันนี้ให้กับนักท่องเที่ยว เพื่อให้นักท่องเที่ยวที่เข้าไปในพื้นที่ที่มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ในการเรียกเก็บค่าธรรมเนียม โดยค่าธรรมเนียมที่เก็บได้นี้อยู่ที่ 20 จะถูกเก็บเป็นกองทุนในการจัดการพื้นที่ภายในบริเวณของหน่วยงาน เงินบางส่วนจะถูกแบ่งปันให้กับพื้นที่ต่างๆ เพื่อใช้ให้เป็นประโยชน์ในการจัดการกับกิจกรรมต่างๆต่อไป (Australian Government, 2016) สำหรับเกาะสิซังในปัจจุบันมีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมเพียงครั้งเดียว เมื่อนักท่องเที่ยวเข้ามาในพื้นที่ โดยทุกคนจะจ่ายในราคาที่เท่ากันเมื่อเทียบกับระยะเวลา ไม่ว่าจะใช้เวลามากหรือน้อย ซึ่งการที่นักท่องเที่ยวเข้ามาใช้ประโยชน์จากพื้นที่เป็นระยะเวลานาน ย่อมต้องส่งผลกระทบต่อทรัพยากรทางธรรมชาติในด้านต่างๆมากตามไปด้วย การเรียกเก็บค่าธรรมเนียมแค่เพียงครั้งเดียว จึงอาจไม่เพียงพอต่อการนำมาบริหารจัดการด้านต่างๆ รวมไปถึงจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นได้ ถ้าสามารถปรับใช้การเก็บค่าธรรมเนียมการระยะเวลาการใช้พื้นที่ได้จะเป็นการเพิ่มงบประมาณที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุง พัฒนาระบบในการจัดการสิ่งแวดล้อมต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้ เช่น หากระบบบำบัดของเสียหรือมลพิษได้รับการจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพ ก็จะช่วยลดปริมาณน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นได้ ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในทะเลรวมไปถึงแนวปะการังได้รับผลกระทบที่น้อยลง และทำให้เกิดการฟื้นตัวได้ง่ายยิ่งขึ้น

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กมลพร พัฒนศิริ. 2556. ผลของอุณหภูมิต่อการเติบโตของ zooxanthellae ที่แยกจากปะการังและดอกไม้ทะเล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2550. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง. [ออนไลน์]: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/water\\_sea4use.html#s2](http://www.pcd.go.th/info_serv/water_sea4use.html#s2) [4 กุมภาพันธ์ 2560].
- กรมควบคุมมลพิษ. 2552. มลพิษทางทะเลและแนวทางแก้ไขในประเทศไทย. [ออนไลน์]: [http://infofile.pcd.go.th/water/Pollu\\_sea.pdf?CFID=2746610&CFTOKEN=81989282](http://infofile.pcd.go.th/water/Pollu_sea.pdf?CFID=2746610&CFTOKEN=81989282) [25 กุมภาพันธ์ 2560].
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2556. ปะการังฟอกขาว. [ออนไลน์]: <http://marinegiscenter.dmc.go.th/km/coral-bleaching/#.WS55qmiGPIV> [31 พฤษภาคม 2560].
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2558. ชนิดปะการังในประเทศไทย ภาพปะการังเขากวาง ปะการังจาน และปะการังโหนด. [ออนไลน์]: <http://km.dmc.go.th/th/category?cat=3&detailid=807> [1 มีนาคม 2560].
- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2548. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของแนวปะการัง. [ออนไลน์]: <http://app.dnp.go.th/opac/multimedia/research/C00413/C00413-2.pdf> [30 พฤษภาคม 2560].
- ชโลธร รักษาทรัพย์. 2550. อัตราการรอดและการเติบโตของตัวอ่อนปะการังเขากวาง *Acropora spp.* ในระบบเพาะเลี้ยง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี บัญญัติ เศรษฐิทธิ สุเทพ ทองแพ และสมชาย กรีทาภิรมย์. 2540. การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยใช้ระบบชั้นดินก้ออิฐ, วารสารดินและปุ๋ย 19 (1): 28-41.
- เทศบาลตำบลเกาะสีชัง. 2560. สถิติจำนวนประชากร. [ออนไลน์]: [www.kosichang.go.th](http://www.kosichang.go.th) [20 มิถุนายน 2561].



- นิคม ละอองศิริวงศ์, คมนัน ศิลปาจารย์ และลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2554. แอมโมเนียกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, วารสารการประมง 64 (5): 441-445.
- มนูวดี หังสฤกษ์. 2531. สมุทรศาสตร์เคมี. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 329 หน้า.
- มันสิน ตันกุลเวศน์ และไพพรรณ พรประภา. 2539. การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ เล่ม 1 การจัดการคุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศรีศักดิ์ สุนทรไชย. 2558. ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารเคมีตามระบบสากล GHS. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ ปีที่ 8 ฉบับที่ 30 ประจำเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2558.
- ศรีสกุล ภิรมย์วารการ. 2553. ปะการังแข็ง. [ออนไลน์]: <http://www1a.biotech.or.th/BRT/index.php/2010-08-09-09-38-28/234-coral-srisakul> [13 มกราคม 2560].
- ศิลป์ชัย มณีชาติย์ สุขุม ไร่ใจ และอิสริยา วุฒิสินธุ์. 2553. การกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนจากน้ำเสียฟาร์มสุกรและไก่ ด้วยแมงกานีสซีโอไลต์ในแบบจำลองคลองวนเวียน. Environment and Natural Resources Journal 7 (1): 51-65.
- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานคุณภาพน้ำและแหล่งกักตอนบริเวณ เกาะสีชัง จ.ชลบุรี. [ออนไลน์]: [http://www.arri.chula.ac.th/Academic/BOD\\_Report/Report.html](http://www.arri.chula.ac.th/Academic/BOD_Report/Report.html) [11 พฤศจิกายน 2560].
- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2559. เกาะสีชัง. [ออนไลน์]: [http://www.arri.chula.ac.th/Cholatassathan\\_Z03.htm](http://www.arri.chula.ac.th/Cholatassathan_Z03.htm) [23 มีนาคม 2559].
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. การตรวจวัดความเค็มของน้ำ. [ออนไลน์]: [http://globethailand.ipst.ac.th/?page\\_id=3950](http://globethailand.ipst.ac.th/?page_id=3950) [30 พฤษภาคม 2560].
- สนธยา น้าภา. 2553. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแอมโมเนียในน้ำทะเลของสาหร่ายทะเลขนาดใหญ๋. [ออนไลน์]: [http://www.arri.chula.ac.th/Academic/karu\\_abstract/52-53%20ab/5\\_.pdf](http://www.arri.chula.ac.th/Academic/karu_abstract/52-53%20ab/5_.pdf) [24 มิถุนายน 2561].
- โสภิต สร้อยสอดศรี. 2552. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวหมู่เกาะสีชังจังหวัด ชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 133 หน้า.
- สำนักพิมพ์สารคดี. 2560. แผนที่เกาะสีชัง. [ออนไลน์]: [https://www.sarakadee.com/knowledge/2002/03/travel\\_sichang.htm](https://www.sarakadee.com/knowledge/2002/03/travel_sichang.htm) [20 กุมภาพันธ์ 2560].

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13. 2558. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2558. สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 106 หน้า.

หรรษา จรรย์แสง. 2542. การจัดการทรัพยากรปะการัง. กรมประมง. 284 หน้า.

หน่วยวิจัยปะการังและสัตว์พื้นทะเล สถานีวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย. 2554. รายงานผลการศึกษารวบรวม สถานภาพแนวปะการังหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออกและอันดามัน. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. [ออนไลน์]: <http://www.dmcg.go.th/download/New%20Elibraly/Book20121116092023.pdf> [23 สิงหาคม 2560].

อัญชลี จันทร์คง. 2557. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในท้องทะเลไทย: ปะการัง. การประชุมวันสากลแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ, 22-24 มิถุนายน 2557, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช.

อาทิตย์ ผลาผล. 2558. สมดุลของกรดเบสในน้ำทะเล. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ทางน้ำเบื้องต้น. [ออนไลน์]: [http://phalaphon.blogspot.com/p/blog-page\\_6.html](http://phalaphon.blogspot.com/p/blog-page_6.html) [24 มิถุนายน 2561].

อุกกฤต สตมภูมินทร์. 2536. การตอบสนองของปะการังและแนวปะการังต่อเหตุการณ์ฟอกขาวของแนวปะการังปี 2534 ในทะเลอันดามัน ประเทศไทย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต.

### ภาษาอังกฤษ

Anthony, K. 1999. Coral suspension feeding on fire particulate matter. Experimental Marine Biology and Ecology 232: 85-106.

Arthur, R., Done, T. J., Marsh, H., and Harriott, V. 2006. Local processes strongly influence post-bleaching benthic recovery in the Lakshadweep Island. Coral Reefs 25: 427-440.

Australian Government. 2016. Environmental Management Charge and Permit. [Online]: <http://www.gbrmpa.gov.au/zoning-permits-and-plans/environmental-management-charge> [25 June 2018].

Baird, A. H., and Hughes, T. P. 2000. Competitive dominance by tabular corals: an experimental analysis of recruitment and survival of understory

- assemblages. Journal of Experimental Marine Biological Ecology 251: 117-132.
- Baird, A. H., Marshall, P. A., and Wolstenholme, J. 2000. Latitudinal variation in the reproduction of *Acropora* in the Coral Sea. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium 1: 385-389.
- Baker, A. C. 2003. Flexibility and specificity in coral-algal symbiosis: diversity, ecology and biogeography of symbiodinium. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 34: 661-689.
- Baohua, Z., Guangce, W., Bo, H., and Tseng, C. K. 2004. Effects of temperature, hypoxia, ammonia and nitrate on the bleaching among three coral species. Chinese Science Bulletin 49 (18): 1923-1928.
- Bassim, K. M., and Sammarco, P. W. 2003. Effects of temperature and ammonium on larval development and survivorship in a scleractinian coral (*Diploria strigosa*). Marine Biology 142: 241-252.
- Boyd, C. E., and Tucker, C. S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts. 700 pp.
- Buchheim, J. 2013. Coral reef bleaching. Odyssey Expeditions - Marine Biology Learning Center Publications. [Online]: <http://www.marinebiology.org/coralbleaching.htm> [5 January 2016].
- Chang, F. D., and Sharon, H. 2009. Scleractinia Fauna of Taiwan: Complex group. National Taiwan University Press 1: 157.
- Chow, A. M., Ferrier-Pagès, C., Khalouei, S., Reynaud, S., and Brown, I. R. 2009. Increased light intensity induces heat shock protein Hsp60 in coral species. Cell Stress Chaperon 14: 469-476.
- Chow, M. H., Ryan, H. L., and Eric, K. Y. 2016. Quantifying the degree of coral bleaching using digital photographic technique. Experimental Marine Biology and Ecology 479: 60-68.
- Coles, S. L., and Jokiel, P. L. 1978. Synergistic Effects of Temperature, Salinity and Light on the Hermatypic Coral *Montipora verrucosa*. Marine Biology 49: 187-195.
- Coral Watch. 2002. Coral Health Chart. [Online]: <http://www.coralwatch.org/web/guest/coral-health-chart> [2016, Jan 21]

- Coverdale, T. C., Herrmann, N. C. Altieri A. H., and Bertness, M. D. 2013. Latent impacts: the role of historical human activity in coastal habitat loss. Frontiers in Ecology and Environment, January 2013: 69-74.
- Davies, P. S. 1984. The role of zooxanthellae in the nutritional energy requirements of *Pocillopora eydouxi*. Coral Reefs 2: 181-186.
- Edmondson, C. H. 1928. The ecology of a Hawaiian coral reef. Bull Bernice P Bishop Mus 45: 1-64.
- Edmunds, P. J., and Davies, P. S. 1986. An energy budget for *Porites porites* (Scleractinia). Marine Biology 92: 339-347.
- Ferrier-Pagès, C., Gattuso, J. P., and Jaubert, J. 1999. Effect of small variations in salinity on the rates of photosynthesis and respiration of the zooxanthellate coral *Stylopora pistillata*. Marine Ecology Progress Series 181: 309-314.
- Ferrier-Pagès, C., Richard, C., Forcioli, D., Allemand, D., Pichon, M., and Shick, J. M. 2007. Effects of temperature and UV radiation increases on the photosynthetic efficiency in four scleractinian coral species. Biological Bulletin 213: 76-87.
- Flora, C. J., and Ely, P. S. 2003. Surface Growth Rings of *Porites lutea* Microatolls Accurately Track Their Annual Growth. Northwest Science 77 (3): 237-245.
- Finney, D. J. 1952. Probit Analysis. Cambridge, England, Cambridge University Press.
- Fitt, W. K., McFarland, F. K., Warner, M. E., and Chilcoat, G. C. 2000. Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. American Society of Limnology and Oceanography 45: 667-685.
- Frances, J., Nowak B. F., and Allan, G. L. 2000. Effects of ammonia on juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). Aquaculture 183: 95-103.
- Funge-Smith, S. J., and Briggs, M. R. P. 1998. Nutrient Budgets in Intensive Shrimp Ponds: Implications for Sustainability. Aquaculture 164: 117-133.
- Gilmour, J. 1999. Experiment investigation into the effect of suspended sediment on fertilization, larval survival, and settlement in a scleractinian coral. Marine Biology 135: 451-462.
- Granados, C., Camargo, C., Zea, A. and Sanchez, J. A. 2008. Phylogenetic relationship among zooxanthellae (Symbiodinium) associated to excavating sponges

- (*Cliona spp.*) reveal an unexpected lineage in the Caribbean. Molecular Phylogenetic and Evolution 49: 554-560.
- Hall, V. R. 1997. Interspecific differences in the regeneration of artificial injuries on scleractinian corals. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 212: 9-23.
- Hansuebsai, A., Rungsupha, S., Kiyoki, Y., Sasaki, S., and Chawakitchareon, P. 2018. Study the effect of Ammonia by Image Analysis on Healthiness Detection for Coral Quality of Life. Information Modelling and Knowledge Bases XXIX, IOS Press, 2018, Volume 301: 343-353.
- Hargreaves, J. A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. Aquaculture 166: 181-212.
- Hatta, M. 1999. Reproductive and genetic evidence for a reticulate evolutionary history of mass spawning corals. Molecular Biology and Evolution 16: 1607-1613.
- Hirose, M., Kinzie, R. A., and Hidaka, M. 2000. Early Development of Zooxanthella Containing Eggs of the Corals *Pocillopora verrucosa* and *P. eydouxi* with Special Reference to the Distribution of Zooxanthellae. Biol Bull 199: 68-75.
- Hoegh-Guldberg, O., and Smith, G. 1989. The effect of sudden changes in temperature, light, and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Stylophora pistillata* and *Seriatopora hystrix*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 129: 279-303.
- Hoeksema, B. W., Rogers, A., and Quibilan, M. C. 2014. *Turbinaria peltata*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. International Union for Conservation of Nature.
- Hurvitz, A., Bercovier, H., and Rijn, V. J. 1997. Effect of ammonia on the survival and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) vaccinated against *Streptococcus iniae*. Fish and shellfish immunology 7: 45-53.
- IUCN, 2016. Coral bleaching. A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching. [Online]: <http://www.iucn.org/content/reef-managers-guide-coral-bleaching-0> [23 April 2017].

- Kallqvist, T., and Svenson, A. 2013. Assessment of ammonia toxicity in tests with the microalga, *Nephroselmis pyriformis*, Chlorophyta. Norwegian Institute for Water Research, Kjelsas, Oslo, Norway. Water Research. 37(3): 477-484.
- Kerswell, P. A., and Jones, J. R. 2003. Effects of hypo-osmosis on the coral *Stylophora pistillata*: nature and cause of low salinity. Marine Ecology Progress Series 253: 145-154.
- Kuanui, P., Chavanich, S., Viyakarn, V., Omori, M., and Lin, C. 2015. Effects of Temperature and Salinity on Survival Rate of Cultured Corals and Photosynthetic Efficiency of Zooxanthellae in Coral Tissues. Ocean Science Journal 50 (2): 263-268.
- Ip, Y. K., Chew, S. F., and Randall, D.J. 2001. Ammonia toxicity, tolerance and excretion. In: Wright, P. A., Anderson, P. M. (Eds.). Fish physiology, nitrogen excretion 20: 109-148.
- Jokiel, P. L., Hunter, C. L., Taguchi, S., Watarai, L. 1993. Ecological impact of a fresh-water "reef kill" in Kaneohe Bay, Oahu, Hawaii. Coral Reefs 12: 177-184.
- Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of aquaculture engineering. Chapman & Hall, New York. 355 pp.
- Lesser, M. P. 2004. Experiment biology of coral reef ecosystems. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 300: 217-252.
- Littman, R. A., Oppen, M. J. H., and Willis, B. Y. 2008. Methods for sampling free-living Symbiodinium (Zooxanthellae) and their distribution and abundance at Lizard Island (Great Berrier reef). Journal of experimental of Marine Biology and Ecology 364 (1): 48-53.
- MacIntyre, C. M., Ellis, T., North B. P., and Turnbull, J. F. 2008. The influences of water quality on the welfare of farmed rainbow trout: a review; In *Fish welfare*. Blackwell Publishing Ltd, Singapore. 150-159.
- Major Difference. 2013. Chlorophyll a. [Online]: <http://www.majordifferences.com/2013/05/difference-between-chlorophyll-and.html#.WL1DbfmGPIU> [2016, Feb 18]

- Mundy, C. N., and Babcock, R. C. 1998. Role of light intensity and spectral quality in coral settlement: Implications for depth-dependent settlement. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 223: 235-255.
- Muthiga, N. A. and Szmant, A. M. 1987. The effects of salinity stress on the rates of aerobic respiration and photosynthesis in the hermatypic coral *Siderastrea siderea*. The 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.
- Okubo, N., Taniguchi, H., and Omori, M. 2009. Sexual reproduction in transplanted coral fragment of *Acropora nasuta*. Zoological Studies 48: 442-447.
- Oliver, J. 1985. Recurrent seasonal bleaching and mortality of corals on the Great Barrier Reef. Proceeding of the Fifth International Coral Reef Congress. Tahiti, French Polynesia 4: 201-206.
- Randall, D. J., and Tsui, K. N. 2002. Ammonia toxicity in fish. Marine Pollution Bulletin 45: 17-23.
- Reefkeeping Magazine. 2008. Ammonia and the Reef Aquarium. Reef central. [Online]: <http://reefkeeping.com/issues/2007-02/rhf/index.php> [3 March 2016].
- Rodrigues, M. L., Nimrichter, L., Oliveira, D. L., Frases, S., Miranda, K., Zaragoza, O., Alvarez, M., Nakouzi, A., Feldmesser, M., and Casadevall, A. 2007. Vesicular polysaccharide export in *Cryptococcus neoformans* is a eukaryotic solution to the problem of fungal trans-cell wall transport. Eukaryot Cell 6: 48-59.
- Rungsupa, S., Chawakitchareon, P., Hansuebsai, A., Sasaki, S., and Kiyoki, Y. 2018. Photographic Assessment of Coral Stress: Effect of Low Salinity to *Acropora* sp .*Goniopora* sp .and *Pavona* sp. at Sichang Island, Thailand. Information Modelling and Knowledge Bases XXIX, IOS Press, 2018, Volume 301: 137-148.
- Rungsupa, S., Sesulihatien, W. T., Hansuebai, A., Chawakitchareon, P., Sasaki, S., and Kiyoki, Y. 2016. The Early Step of Healthiness Detection for Coral Quality of Life at Sichang Island, Thailand. The proceedings of 5<sup>th</sup> International Conference on Environmental Engineering, Science and Management,

- Environmental Engineering Association of Thailand, The Twin Towers Hotel, Bangkok, Thailand, May 11-13, 2016. (11R5-11).
- Sakai, K., Snidvongs, A., and Nishihara, M. 1989. A mapping of a coralbased, non-reefal community at Khang Khao Island, inner part of the Gulf of Thailand: interspecific competition and community structure. Galaxea J Coral Reef Stud 8: 185-216.
- Sakami, T. 2000. Effects of temperature, irradiance, salinity and inorganic nitrogen concentration on coral zooxanthellae in culture. Fisheries Science 66: 1006-1013.
- Siebeck, U. E., Marshall, N. J., Klü, A., and Hoegh-Guldberg, O. 2006. Monitoring coral bleaching using a colour reference card. Coral Reefs 25 (3): 453-460.
- Strickland, J. D. H., and Parsons, T. R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167: 310 pp.
- Suwa, R., Nakamura, M., Morita, M., Shimada, K., Iguchi, A., Sakai, K., and Suzuki, A. 2010. Effects of acidified seawater on early life stage of scleractinian corals (Genus *Acropora*). Fisheries Science 76 (1): 93-99.
- Veron, J. E. N. 2000. Corals of the World. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia 1-3: 1410 pp.
- Viyakarn, V., Lalitpattarakit, W., Chinfak, N., Jandang, S., Kuanui, P., Khokiattiwong, S., and Chavanich, S. 2015. Effect of Lower pH on Settlement and Development of Coral, *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758). Ocean Science Journal 50 (2): 475-480.
- Wajsbrodt, N., Gasith, A., Krom, M. D., and Popper, D. M. 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. Aquaculture 164: 227-288.



ภาคผนวก ก มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลไทยประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการัง



ตารางที่ ๑-1 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลไทยประเภทที่ 2 เพื่อการอนุรักษ์ปะการัง

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการตรวจสอบ	ประเภทการใช้ประโยชน์
			ประเภทที่ 2
1. วัตถุที่ลอยน้ำ (Floatable Solids)	-		ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
2. สี	-		ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
3. กลิ่น (Odour)	-		ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
4. อุณหภูมิ (Temperature)	องศาเซลเซียส	1) Thermometer 2) Electrical Sensor Method	ไม่เปลี่ยนแปลง
5. ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	pH meter	7.0 - 8.5
6. ความโปร่งใส (Transparency)	-		ลดลงจากสภาพธรรมชาติไม่เกินกว่า 10% จากค่าต่ำสุด
7. สารแขวนลอย	-		ดูหมายเหตุ 1
8. ความเค็ม (Salinity)		1) Argentometric 2) Electrical Conductivity Method 3) Density 4) Refractometer	เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกินกว่า 10% ของค่าต่ำสุด
9. น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ (Floatable Oil & Grease)	-		มองไม่เห็น
10. บีโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	ug/l		ไม่เกิน 0.5
11. ออกซิเจนละลาย (DO)	มก./ล.		ไม่น้อยกว่า 6
12. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	MPN/100 ml		ไม่เกิน 1000
13. แบคทีเรียกลุ่มฟิโคไลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	CFU/100 ml		ไม่เกิน 70
14. แบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอคไค (Enterococci Bacteria)	CFU/100 ml		ไม่เกิน 35
15. ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO <sub>3</sub> -N)	ug - N/l	Colorimetric Method	ไม่เกิน 60
16. ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO <sub>4</sub> -P)	ug - P/l		ไม่เกิน 15

17.แอมโมเนียไนโตรเจน (NH <sub>3</sub> -N)	ug - N/l	Phenol- Hypochlorite Method	ไม่เกิน 70 (0.07 mgN/l)
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	ug/l		ไม่เกิน 0.1
19.แคดเมียม (Cd)	ug/l		ไม่เกิน 5
20.โครเมียมรวม (Cr)	ug/l		ไม่เกิน 100
21.โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr-Hexavalent)	ug/l		ไม่เกิน 50
22.ตะกั่ว (Pb)	ug/l		ไม่เกิน 8.5
23.ทองแดง (Cu)	ug/l		ไม่เกิน 8
24.แมงกานีส (Mn)	ug/l		ไม่เกิน 100
25.สังกะสี (Zn)	ug/l		ไม่เกิน 50
26.เหล็ก (Fe)	ug/l		ไม่เกิน 300
27.ฟลูออไรด์ (F)	ug/l		ไม่เกิน 1
28.คลอรีนคงเหลือ (Residual Chlorine)	ug/l		-
29.ฟีนอล (Phenols)	ug/l		ไม่เกิน 0.03
30.ซัลไฟด์ (Sulfide)	ug/l		ไม่เกิน 10
31.ไซยาไนด์ (Cyanide)	ug/l		ไม่เกิน 7
32.พีซีบี (PCB)	ug/l		ตรวจไม่พบ
33.สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัด ศัตรูพืชและสัตว์ (Total Organochlorine Pesticides)	-		ดูหมายเหตุ 2
34.สารหนู (Arsenic)	ug/l		ไม่เกิน 10
35.กัมมันตภาพรังสี (เบคเคอเรลต่อ ลิตร) - ค่ากัมมันตภาพรังสีรวมแอลฟา - ค่ากัมมันตภาพรังสีรวมเบตา (ไม่รวมค่าโปตัสเซียม-40)	ug/l		ไม่เกิน 0.1 ไม่เกิน 1.0
36.สารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิด ไตรบิวทิล	ng/l		ไม่เกิน 10

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำ  
ทะเล ดีพิมพีในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550

### หมายเหตุ: วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล

1. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกน้อยกว่า 5 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร และสูงจากท้องน้ำ 1 เมตร
2. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 5-20 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร กึ่งกลางน้ำ และสูงจากท้องน้ำ 1 เมตร
3. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 20-40 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร 10 เมตร 20 เมตร 30 เมตร และสูงจากท้องน้ำ 1 เมตร
4. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง 40-100 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร 20 เมตร 40 เมตร 80 เมตร และสูงจากท้องน้ำ 1 เมตร
5. หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกมากกว่า 100 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก 1 เมตร ที่ทุกๆ ความลึก 50 เมตร และสูงจากท้องน้ำ 1 เมตร
6. หาก ณ จุดตรวจสอบมีความลึกของน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับกึ่งกลางความลึกของน้ำ เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform Bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอกไค (enterococci bacteria) ให้เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกใต้ผิวน้ำ 30 เซนติเมตร สำหรับวัดถูลอยน้ำ สี ความโปร่งใส น้ำมันและไขมันบนผิวน้ำ ไม่ต้องเก็บตัวอย่าง แต่ให้ตรวจวัด ณ จุดตรวจสอบ
7. ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงเวลาตั้งแต่น้ำลงถึงน้ำลงต่ำสุด เฉพาะในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง
8. การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องเป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเลของกรมควบคุมมลพิษหรือตามที่กำหนดไว้ใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, ฉบับล่าสุด) Method of Seawater Analysis (Grasshoff, 1999) Practical Handbook of Seawater Analysis (Strickland and Parson, 1972) A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis (Parsons et.al., 1984) Recommended guidelines for measuring organic compounds in Puget Sound water, sediment and tissue samples (Puget Sound Estuary Program, 1997) Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water (Krieger and Whittaker, 1980) Proceedings of the organotin symposium, Comprehensive method for determination of aquatic butyltin and butylmethyltin species at ultra trace levels using simultaneous hybridization/extraction with GC/FPD detection (Matthias et. al. 1986) หรือวิธีการอื่นใด ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศกำหนด และให้มีการดำเนินการ เพื่อลดผลการรบกวนจากคลอไรด์ หรือมีการ Pre-concentration ก่อนการวิเคราะห์

ภาคผนวก ข ข้อมูลสถิติภูมิคุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ช้าง  
ประจำปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อมูลทุติยภูมิคุณภาพน้ำทะเลย้อนหลังรอบพื้นที่เกาะสีชัง ประจำปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2558  
(สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

### พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา

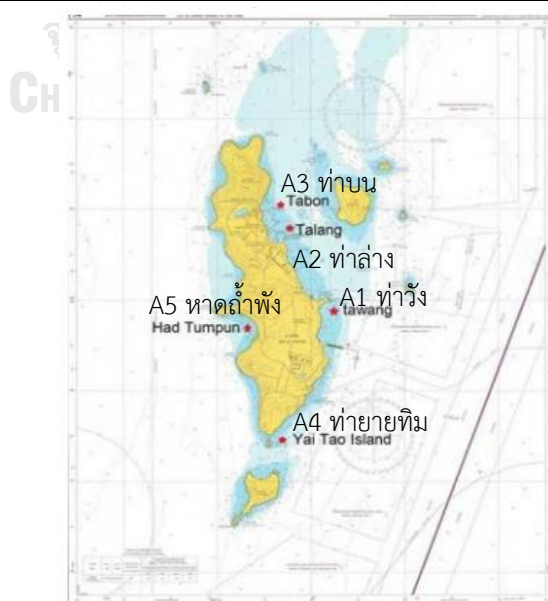
วัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทะเลทั่วไป โดยคุณภาพน้ำที่วัดในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย ด้วยเครื่องวัดแบบหลายหัววัด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสารอาหาร คือ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท ตามวิธีของ Strickland และ Parsons (1972) ที่ห้องปฏิบัติการสถานีวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล เกาะสีชัง ชลบุรี

### จุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 5 จุด ได้แก่ A1 ท่าวัง A2 ท่าล่าง A3 ท่าบน A4 ท่ายายทิม และ A5 หาดถ้ำพัง แสดงดังตารางที่ ภ-2 และภาพที่ ภ-1

ตารางที่ ภ-2 จุดเก็บตัวอย่าง

จุด	สถานที่	47P	
		East	North
A1	เกาะสีชังทิศตะวันออก: ท่าวัง	697189.35	1454262.65
A2	เกาะสีชังทิศตะวันออก: ท่าล่าง	696383.00	1455781.00
A3	เกาะสีชังทิศเหนือ: ท่าบน	696270.00	1456290.00
A4	เกาะสีชังทิศใต้: ท่ายายทิม	696202.00	1451527.00
A5	เกาะสีชังทิศตะวันตก: หาดถ้ำพัง	695882.00	1453910.00



ภาพที่ ภ-1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ซังประจำปีพ.ศ. 2553 (ระหว่างเดือนมิถุนายน-ธันวาคม)

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเลและความเค็ม วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัด แสดงดังนี้

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล สามารถแบ่งเป็นช่วงก่อนฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนมิถุนายน-กันยายน อุณหภูมิอยู่ในช่วง 29.5-32.8 องศาเซลเซียส และช่วงระหว่างฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม อยู่ในช่วง 26.0-30.0 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิจะลดลงจากเฉลี่ย 29.6-32.0 เป็น 26.0-28.4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ ก-3)

2. ความเค็ม แบ่งเป็นช่วงก่อนและระหว่างฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นเดียวกับอุณหภูมิ โดยระหว่างเดือนมิถุนายน-กันยายน ความเค็มอยู่ในช่วง 27.2-30.5 psu และระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม อยู่ในช่วง 24.0-28.8 psu และมีความเค็มกลับเป็นปกติเท่ากับ 32.0 psu ในเดือนธันวาคม นั่นคือความเค็มน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ซังจะลดลงเฉลี่ย 26.2-28.7 psu ระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน แล้วกลับเป็นความเค็มปกติในเดือนธันวาคม (ตารางที่ ก-4)

3. ปริมาณแอมโมเนีย (ตารางที่ ก-5) พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.021-0.064 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีค่าสูงสุดพบที่ท่าบน ในเดือนกรกฎาคม รองลงมาคือ ท่าวังและท่าล่างในเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นปริมาณแอมโมเนียที่เกินค่ามาตรฐาน

4. ปริมาณไนเตรท (ตารางที่ ก-6) พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.92-47.32 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร บริเวณท่าล่างในเดือนตุลาคมมีค่าสูงสุดซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนที่มีอยู่หนาแน่นบริเวณนี้

ตารางที่ ก-3 อุณหภูมิ น้ำทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	32.3	29.6	29.2	30.0	28.0	27.0	26.0
A2 ท่าล่าง	31.5	29.5	29.5	30.0	28.0	27.0	26.0
A3 ท่าบน	31.3	29.6	*	*	28.0	27.0	26.0
A4 ท่ายายทิม	31.9	29.8	29.5	30.0	28.0	27.0	26.0
A5 หาดถ้ำพัง	32.8	29.7	30.0	30.0	30.0	28.0	26.0
เฉลี่ย	32.0	29.6	29.7	30.0	28.4	27.2	26.0
(ต่ำสุด-สูงสุด)	31.3-32.8	29.6-29.8	29.5-30.0	30.0	28-30	27-28	26.0

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๓-4 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	30.5	27.4	28.5	29.0	25.0	28.6	32.0
A2 ทำล่าง	30.5	27.6	28.5	29.0	24.0	28.6	32.0
A3 ทำบน	30.5	27.5	*	*	26.0	28.8	32.0
A4 ทำยายทิม	30.5	27.2	28.5	30.0	26.0	28.7	32.0
A5 หาดถ้ำพัง	30.5	27.6	28.6	30.0	30.0	28.7	32.0
เฉลี่ย	30.5	27.5	28.5	29.5	26.2	28.7	32.0
(ต่ำสุด-สูงสุด)	30.5	27.2-27.6	28.5-28.6	29.0-30.0	24.0-30.0	28.6-28.8	32.0

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๓-5 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	0.010	0.028	0.042	0.036	<u>0.083</u>	0.018	0.014
A2 ทำล่าง	0.044	0.002	0.030	0.009	<u>0.080</u>	0.026	0.008
A3 ทำบน	0.018	<u>0.150</u>	*	*	0.031	0.024	0.003
A4 ทำยายทิม	0.024	0.057	0.061	0.002	*	0.020	0.004
A5 หาดถ้ำพัง	0.044	0.024	0.037	0.057	*	0.021	0.005
เฉลี่ย	0.027	0.052	0.042	0.025	0.064	0.021	0.007
(ต่ำสุด-สูงสุด)	0.010- 0.044	0.002- 0.150	0.030- 0.061	0.002- 0.057	<u>0.031-</u> <u>0.083</u>	0.018- 0.026	0.003- 0.014

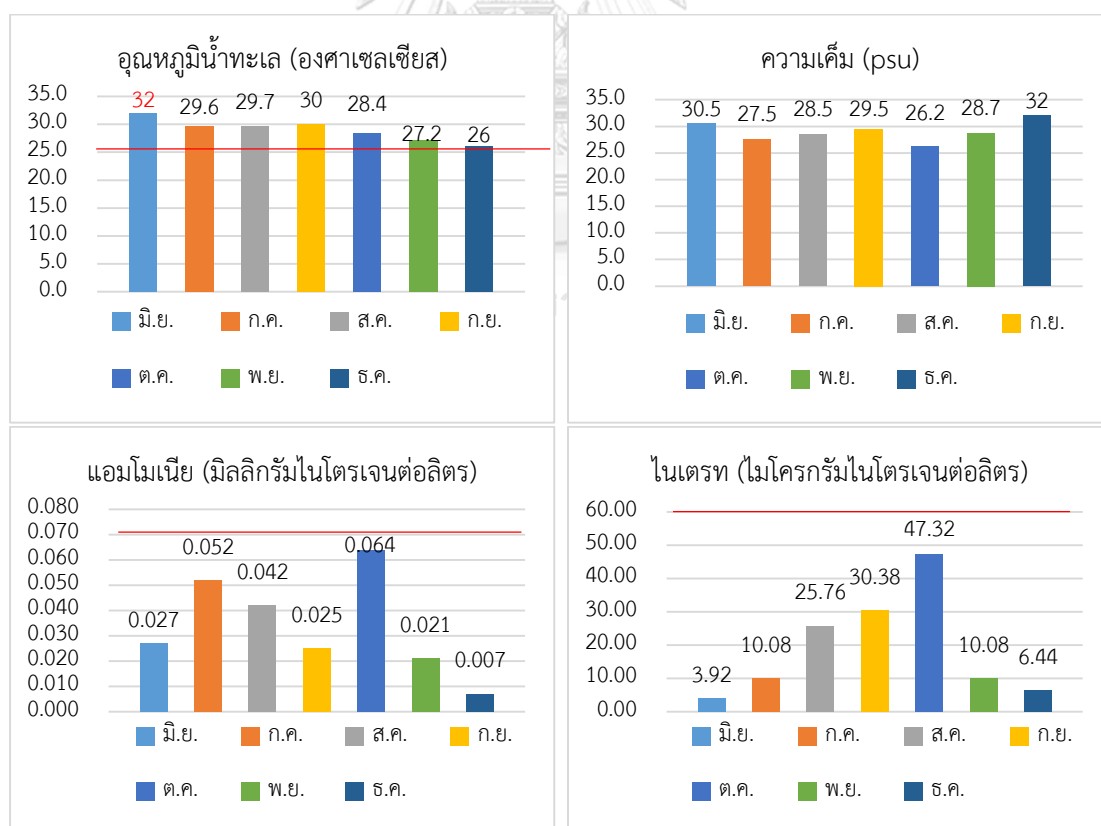
\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง



ตารางที่ ๖-6 ไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวั้ง	0.70	3.64	9.10	29.82	37.80	7.28	5.60
A2 ทำล่าง	8.96	6.86	49.70	43.26	59.36	8.82	7.56
A3 ทำบน	5.18	11.48	*	*	51.24	12.18	8.12
A4 ทำยาย ทิม	4.48	12.32	8.40	27.86	49.84	13.02	4.90
A5 หาดถ้ำ พัง	0.70	16.10	35.70	20.44	38.36	8.96	5.74
เฉลี่ย	3.92	10.08	25.76	30.38	47.32	10.08	6.44
(ต่ำสุด- สูงสุด)	0.70- 8.96	3.64- 16.10	8.40- 49.70	20.44- 43.26	37.80- 59.36	7.28- 13.02	4.90- 8.12

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ ๖-2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2553

### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังประจำปีพ.ศ. 2554

ระหว่างเดือนมกราคม-เดือนธันวาคม พ.ศ.2554 คุณภาพน้ำทะเลส่วนใหญ่อยู่ในสภาพปกตินอกจากระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม ที่มีน้ำจืดไหลออกจากแม่น้ำสายหลักลงสู่อ่าวไทยตอนใน เนื่องจากเกิดน้ำท่วมใหญ่ในที่ราบภาคกลาง ทำให้น้ำทะเลรอบเกาะสีชังมีความเค็มลดลงต่ำสุดเท่ากับ 18 psu ในเดือนกันยายน และกลับสู่สภาพปกติที่ประมาณ 32.8-32.2 psu ในเดือนพฤศจิกายน นอกจากนี้ ยังมีค่าปริมาณแอมโมเนียที่ผิดปกติ การที่ความเค็มลดต่ำลงนั้น เนื่องจากมีมวลน้ำท่าจากแม่น้ำเจ้าพระยาและบางปะกงไหลเลียบมาทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนบนทำให้น้ำชั้นบนหนาราว 5 เมตร มีความเค็มต่ำกว่าปกติ โดยทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัดแสดงดังนี้ (ตารางที่ ๓-7 ถึง ๓-11)

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.4-30.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 26.0 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม
2. ความเค็มเฉลี่ย อยู่ในช่วง 21.4-33.7 psu ความเค็มต่ำสุดเท่ากับ 18.0 psu พบในเดือนกันยายน ความเค็มเริ่มมีค่าลดลงตั้งแต่เดือนมิถุนายน เฉลี่ย 24.7 psu และลดลงโดยตลอดระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม เท่ากับ 25.1 23.9 21.2 และ 27.6 psu ตามลำดับ ความเค็มรอบเกาะสีชังเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับปกติ ในเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ยเท่ากับ 33.0 psu
3. ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.0-6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่ำสุดเท่ากับ 3.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนมิถุนายน โดยส่วนมากถือว่าปริมาณออกซิเจนละลายในปี 2554 ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาก (น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร) ยกเว้นในเดือนกรกฎาคมที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
4. ปริมาณแอมโมเนีย เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.004-0.062 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยบริเวณท่าวังในเดือนเมษายน มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.098 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในเดือนมกราคมบริเวณท่าล่างและท่าบน มีค่า 0.073 และ 0.075 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณแอมโมเนียที่เกินค่ามาตรฐาน
5. ปริมาณไนเตรท เฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.20-50.40 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร บริเวณท่าบนในเดือนกรกฎาคม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 126.84 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เกินค่ามาตรฐาน (มากกว่า 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

ตารางที่ ๗-7 อุณหภูมิน้ำทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	29.0	30.0	30.0	30.0	29.5	<u>31.9</u>	29.6	29.5	29.6	29.5	26.5
A2 ทำล่าง	29.0	30.0	30.0	30.0	29.7	<u>31.6</u>	29.6	29.5	29.5	29.4	26.0
A3 ทำบน	29.0	30.0	30.1	30.1	29.4	30.3	29.7	29.5	29.6	29.5	26.0
A4 ทำยาย ทิม	30.0	30.0	30.1	30.1	29.7	<u>31.3</u>	29.3	29.5	30.1	29.3	26.5
A5 หาดถ้ำ พัง	30.1	30.0	30.1	30.1	29.0	<u>32.5</u>	29.5	29.5	29.9	30.8	27.0
เฉลี่ย	29.4	30.1	30.1	30.1	29.5	<u>31.5</u>	29.5	29.5	29.7	29.7	26.4
(ต่ำสุด- สูงสุด)	29.0- 30.1	30.0- 30.1	30.0- 30.1	30.0- 30.2	29.3- 29.7	30.3- <u>32.5</u>	29.3- 29.7	- 29.5	29.5- 30.1	29.3- 30.8	26.0- 27.0

\*เดือน มี.ค. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๗-8 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	30.0	29.6	31.0	31.0	24.1	26.5	25.1	23.0	27.6	33.0	33.5
A2 ทำล่าง	30.0	29.9	31.0	31.0	24.0	25.3	26.4	24.5	28.0	33.2	33.7
A3 ทำบน	31.1	30.2	31.0	31.0	24.6	25.2	23.7	<u>20.0</u>	27.5	32.8	33.8
A4 ทำยาย ทิม	31.1	30.3	31.0	31.0	25.3	25.1	23.9	<u>20.5</u>	26.8	33.0	33.8
A5 หาดถ้ำ พัง	31.1	30.3	30.0	30.0	25.3	23.5	<u>20.5</u>	<u>18.0</u>	28.1	33.0	33.6
เฉลี่ย	31.1	30.1	30.8	30.8	24.7	25.1	23.9	<u>21.2</u>	27.6	33.0	33.7
(ต่ำสุด- สูงสุด)	30.0- 31.1	29.6- 30.3	30.0- 31.0	30.0- 31.1	24.0- 25.3	23.5- 26.5	20.5- 26.4	18.0- 24.5	26.8- 28.1	32.0- 33.2	33.5- 33.8

\*เดือน มี.ค. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๙-9 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	<u>4.0</u>	<u>3.9</u>	<u>4.2</u>	<u>4.2</u>	<u>3.3</u>	6.4	<u>5.6</u>	<u>4.6</u>	<u>5.0</u>	<u>4.9</u>	<u>5.5</u>
A2 ท่าล่าง	<u>4.0</u>	<u>3.0</u>	<u>3.8</u>	<u>3.8</u>	6.2	6.2	<u>4.4</u>	<u>4.5</u>	<u>5.3</u>	<u>5.0</u>	<u>5.6</u>
A3 ท่าบน	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>3.8</u>	<u>3.8</u>	<u>4.0</u>	6.5	6.4	<u>4.5</u>	<u>5.0</u>	<u>4.8</u>	<u>5.6</u>
A4 ท่ายาย ทิม	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.1</u>	6.5	6.0	<u>5.2</u>	<u>5.0</u>	<u>4.2</u>	<u>5.4</u>
A5 หาดถ้ำ พัง	<u>4.1</u>	<u>4.1</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>5.1</u>	6.5	6.5	<u>4.5</u>	<u>5.1</u>	<u>4.9</u>	<u>5.5</u>
เฉลี่ย	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.0</u>	<u>4.5</u>	6.4	<u>5.8</u>	<u>4.7</u>	<u>5.1</u>	<u>4.8</u>	<u>5.5</u>
(ต่ำสุด- สูงสุด)	<u>4.0- 4.1</u>	<u>3.9- 4.1</u>	<u>3.8- 4.2</u>	<u>3.8- 4.2</u>	<u>3.3- 6.2</u>	6.2- 6.5	<u>4.4- 6.5</u>	<u>4.5- 5.2</u>	<u>5.0- 5.3</u>	<u>4.2- 5.0</u>	<u>5.4- 5.6</u>

\*เดือน มี.ค. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๙-10 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ธ.ค.	
A1 ท่าวัง	0.061	0.033	*	<u>0.098</u>	0.006	0.005	0.018	0.015	0.020	0.016	
A2 ท่าล่าง	<u>0.073</u>	0.026	*	0.055	0.007	0.006	0.015	0.016	0.022	nd	
A3 ท่าบน	<u>0.078</u>	0.044	*	0.066	0.009	0.008	0.015	0.017	0.024	nd	
A4 ท่ายาย ทิม	0.033	0.052	*	0.044	0.017	nd	0.013	0.019	0.014	nd	
A5 หาดถ้ำ พัง	0.051	0.044	*	0.044	0.002	0.001	0.028	0.022	0.032	0.004	
เฉลี่ย	0.059	0.041	*	0.062	0.008	0.004	0.018	0.018	0.022	0.010	
(ต่ำสุด- สูงสุด)	0.033 - <u>0.078</u>	0.026 - 0.052	- - -	0.044 - <u>0.098</u>	0.002 - 0.017	Nd- - 0.008	0.013 - 0.028	0.015 - 0.022	0.014 - 0.032	- - 0.016	Nd- - 0.016

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

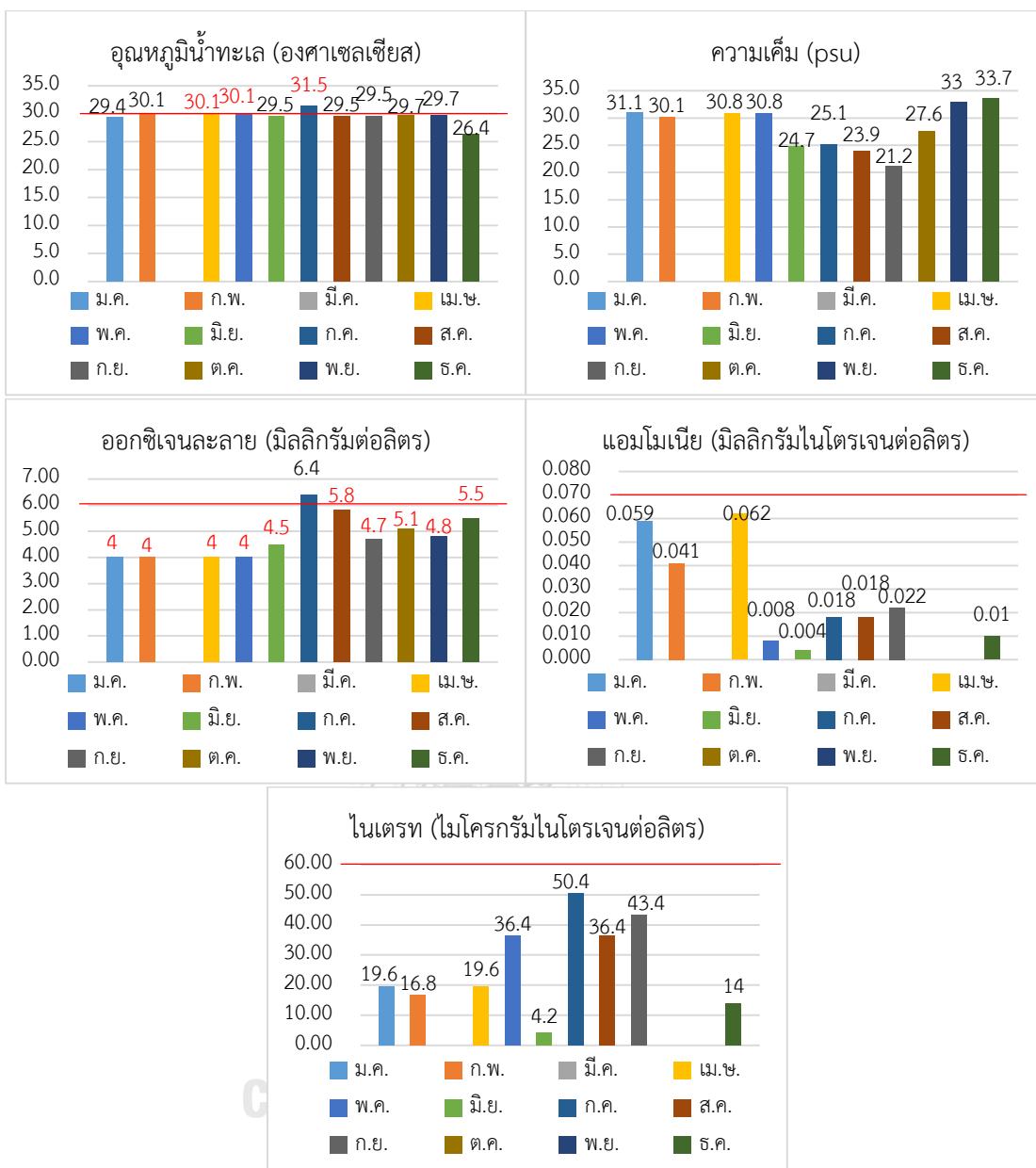
\*\*เดือน ต.ค. พ.ย. เครื่องวัดเสีย

ตารางที่ ๑-11 ไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	17.92	7.00	*	9.10	84.00	1.40	28.28	35.84	44.80	20.72
A2 ทำล่าง	11.06	9.24	*	9.10	65.10	2.24	59.22	35.56	43.26	18.48
A3 ทำบน	11.34	22.26	*	27.86	19.32	10.50	<u>126.8</u>	32.76	54.18	14.14
A4 ทำยาย ทิม	9.94	26.74	*	28.42	9.80	4.34	18.90	36.54	21.84	9.10
A5 ทำถ้ำ พัง	47.46	19.88	*	23.66	3.22	0.70	20.30	40.18	54.46	6.86
เฉลี่ย	19.60	16.80	*	19.60	36.40	4.20	50.40	36.40	43.40	14.00
(ต่ำสุด- สูงสุด)	9.94- 47.46	7.00- 26.74	*	9.10- 28.42	3.22- 84.00	0.70- 10.50	18.90 - <u>126.8</u>	32.76 - 40.18	21.84 - 54.46	9.10- 20.72

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

\*\*เดือน ต.ค. พ.ย. เครื่องวัดเสีย



ภาพที่ ภา-3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2554

### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังประจำปีพ.ศ. 2555

ในปีพ.ศ. 2555 มีเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยาทางทะเลทั้งเหตุการณ์ที่ไม่เคยเกิด เช่น น้ำจืดท่วมชายฝั่งตะวันออกรวมเกาะสีชัง และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำซ้อนยังไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น ฝุ่นผงมันสัมปะหลังที่เกิดจากการขนส่งกลางทะเลปนเปื้อนบริเวณระหว่างเกาะสีชัง-ศรีราชา รวมถึงการลดลงของปะการัง และความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมทางทะเลอื่นๆรอบเกาะสีชัง เช่น การรั่วไหลของน้ำมันจากการขนส่งทางทะเล และการลดลงของทรัพยากรประมง เป็นต้น โดยทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัดแสดงดังนี้ (ตารางที่ ก-12 ถึง ก-16)

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.0-31.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคม และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน
2. ความเค็มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 21.2-32.6 psu ความเค็มต่ำสุดในเดือนกันยายน ความเค็มเริ่มมีค่าลดลงตั้งแต่เดือนมิถุนายน-กันยายน ระหว่าง 21.2-27.7 psu โดยความเค็มรอบเกาะสีชังเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับปกติในเดือนตุลาคมเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 psu
3. ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.7-7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนตุลาคม โดยส่วนมากถือว่าปริมาณออกซิเจนละลายในปี 2554 ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาก (น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร) ยกเว้นในเดือนมกราคมที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
4. ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง nd-0.213 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีค่าสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในเดือนกรกฎาคม โดยบริเวณท่าวังในเดือนธันวาคม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.290 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และส่วนมากมีค่าปริมาณแอมโมเนียที่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นในเดือนมกราคมและ มีนาคม
5. ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.88-66.53 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร บริเวณท่าล่างในเดือนมีนาคม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 130.90 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เกินค่ามาตรฐาน (มากกว่า 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

ตารางที่ ฅ-12 อุณหภูมิหน้าทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	27.9	<u>31.2</u>	30.0	<u>31.4</u>	30.2	30.2	29.3	*	29.3	29.1	30.6	29.0
A2 ท่าล่าง	27.8	30.3	30.3	<u>31.2</u>	30.6	30.6	29.1	*	29.5	29.3	30.6	29.0
A3 ท่าบน	28.0	30.1	30.3	<u>31.2</u>	30.1	30.1	29.3	*	29.5	29.4	30.4	29.1
A4 ท่ายาย ทิม	28.5	<u>33.4</u>	30.6	<u>31.6</u>	<u>31.1</u>	<u>31.1</u>	29.1	*	30.1	30.0	<u>31.8</u>	29.1
A5 ท่าถ้ำ พัง	28.0	<u>31.3</u>	30.7	<u>31.4</u>	<u>32.2</u>	<u>32.2</u>	28.9	*	30.8	30.4	<u>31.7</u>	29.0
เฉลี่ย	28.0	<u>31.3</u>	30.4	<u>31.4</u>	30.8	30.8	29.1	*	29.8	29.6	<u>31.0</u>	29.0
(ต่ำสุด- สูงสุด)	27.8	30.1	30.0-	<u>31.2-</u>	30.1	30.1	28.9		29.3	29.1-	30.4	29.0
	-	-	30.7	<u>31.6</u>	-	-	-		-	30.4	-	-
	28.5	<u>33.4</u>			<u>32.2</u>	<u>32.2</u>	29.3		30.8		<u>31.8</u>	29.1

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ฅ-13 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	32.5	31.7	31.9	29.9	29.8	27.8	28.3	*	<u>20.9</u>	31.0	32.8	30.0
A2 ท่าล่าง	32.3	30.8	32.1	30.2	29.5	27.6	27.6	*	<u>21.6</u>	31.2	32.6	30.0
A3 ท่าบน	32.1	30.6	32.3	30.2	28.9	27.4	27.5	*	<u>21.7</u>	31.4	32.8	30.0
A4 ท่ายาย ทิม	32.3	30.5	32.3	30.3	29.4	27.5	27.6	*	<u>20.8</u>	31.5	32.4	30.0
A5 ท่าถ้ำ พัง	32.5	33.5	32.2	30.3	28.7	28.1	27.4	*	<u>20.9</u>	31.3	32.6	31.0
เฉลี่ย	32.3	31.4	32.2	30.2	29.3	27.7	27.7	*	<u>21.2</u>	31.3	32.6	30.2
(ต่ำสุด- สูงสุด)	32.1-	30.5	31.9-	29.9-	28.7	27.4	27.4		<u>20.8</u>	31.0	32.4	30.0
	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
	32.5	33.5	32.3	30.3	29.8	28.1	28.3		<u>21.7</u>	31.5	32.8	31.0

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง



ตารางที่ ๑-14 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	8.53	<u>4.87</u>	<u>4.82</u>	<u>4.83</u>	<u>4.61</u>	<u>4.26</u>	<u>3.33</u>	*	<u>5.34</u>	<u>3.94</u>	<u>4.55</u>	<u>4.30</u>
A2 ท่าล่าง	7.73	<u>4.81</u>	<u>3.62</u>	<u>4.33</u>	<u>3.77</u>	<u>4.36</u>	<u>3.80</u>	*	<u>5.32</u>	<u>3.07</u>	<u>4.14</u>	<u>4.60</u>
A3 ท่าบน	6.78	<u>4.76</u>	<u>4.35</u>	<u>4.85</u>	<u>4.03</u>	<u>4.15</u>	<u>3.89</u>	*	<u>4.70</u>	<u>3.36</u>	<u>4.82</u>	<u>4.56</u>
A4 ท่ายาย ทิม	6.59	<u>5.13</u>	<u>5.94</u>	<u>5.64</u>	<u>4.99</u>	<u>4.20</u>	<u>4.96</u>	*	<u>5.48</u>	<u>3.83</u>	<u>4.28</u>	<u>4.80</u>
A5 หาดถ้ำ พัง	7.17	<u>4.96</u>	<u>5.03</u>	<u>5.92</u>	<u>4.71</u>	<u>4.02</u>	<u>4.89</u>	*	<u>4.75</u>	<u>4.51</u>	<u>5.01</u>	<u>4.20</u>
เฉลี่ย	7.36	<u>4.91</u>	<u>4.75</u>	<u>5.11</u>	<u>4.42</u>	<u>4.20</u>	<u>4.17</u>	*	<u>5.12</u>	<u>3.74</u>	<u>4.56</u>	<u>4.49</u>
(ต่ำสุด- สูงสุด)	6.59- 8.53	<u>4.81</u> - <u>5.13</u>	<u>3.62</u> - <u>5.94</u>	<u>4.33</u> - <u>5.92</u>	<u>3.77</u> - <u>4.99</u>	<u>4.02</u> - <u>4.36</u>	<u>3.33</u> - <u>4.96</u>		<u>4.70</u> - <u>5.48</u>	<u>3.07</u> - <u>4.51</u>	<u>4.14</u> - <u>5.01</u>	<u>4.20</u> - <u>4.56</u>

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๑-15 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

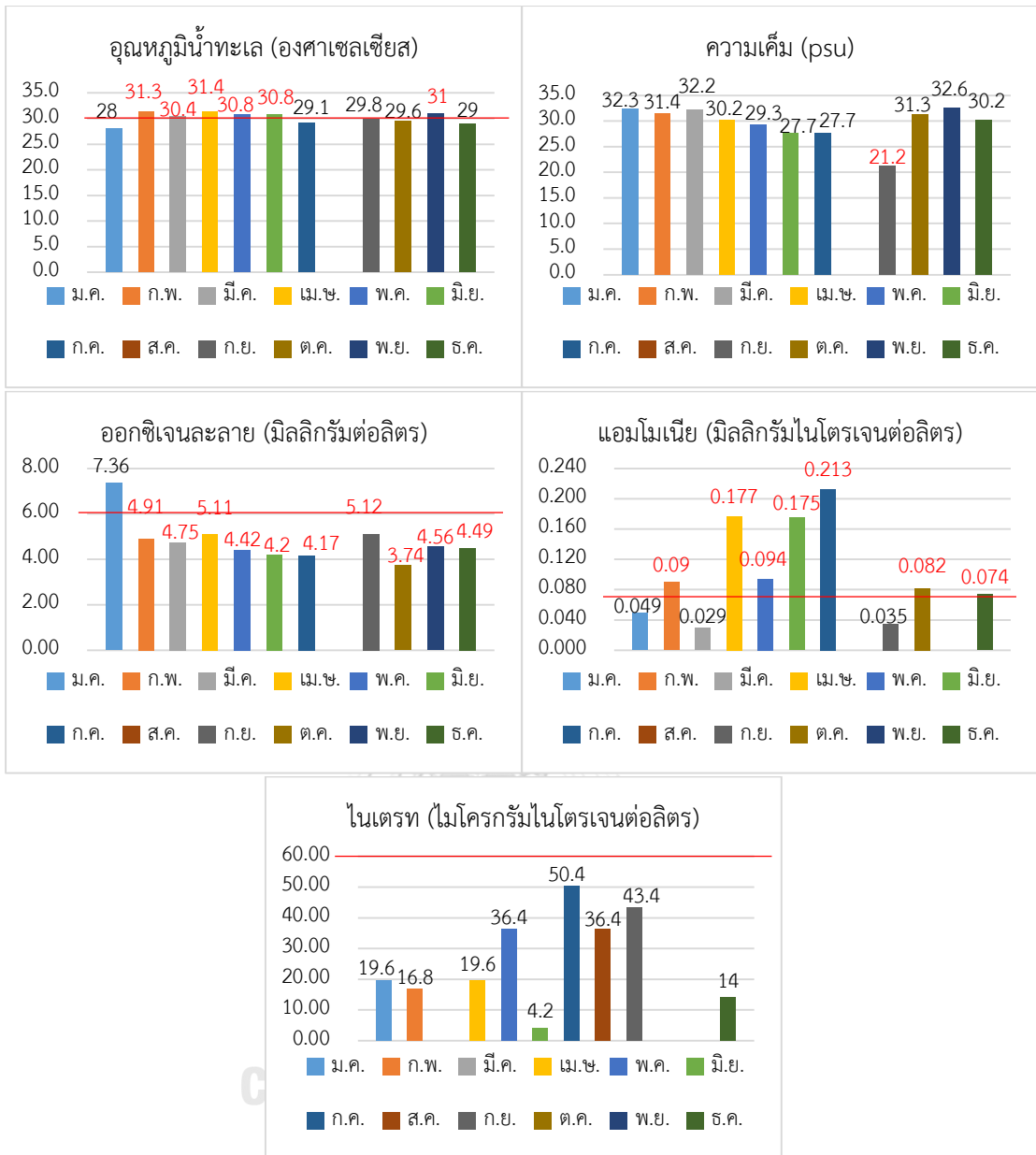
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	nd	<u>0.085</u>	0.021	<u>0.153</u>	<u>0.120</u>	<u>0.168</u>	<u>0.224</u>	<u>0.074</u>	0.059	<u>0.290</u>
A2 ท่าล่าง	0.064	nd	0.029	<u>0.206</u>	0.011	<u>0.104</u>	<u>0.125</u>	0.024	<u>0.088</u>	0.048
A3 ท่าบน	nd	<u>0.127</u>	0.032	<u>0.183</u>	0.003	<u>0.216</u>	<u>0.290</u>	0.006	<u>0.094</u>	0.006
A4 ท่ายาย ทิม	0.062	0.056	nd	<u>0.221</u>	nd	<u>0.181</u>	<u>0.283</u>	nd	<u>0.085</u>	0.014
A5 หาดถ้ำ พัง	0.021	nd	0.032	<u>0.120</u>	<u>0.242</u>	<u>0.206</u>	<u>0.144</u>	nd	nd	0.015
เฉลี่ย	0.049	<u>0.090</u>	0.029	<u>0.177</u>	<u>0.094</u>	<u>0.175</u>	<u>0.213</u>	0.035	<u>0.082</u>	<u>0.074</u>
(ต่ำสุด- สูงสุด)	nd- 0.064	nd- <u>0.090</u>	nd- 0.032	<u>0.120</u> - <u>0.221</u>	nd- <u>0.242</u>	<u>0.104</u> - <u>0.216</u>	<u>0.125</u> - <u>0.283</u>	nd- <u>0.074</u>	nd- <u>0.094</u>	0.006 - <u>0.290</u>

\*เดือน ส.ค. พ.ย. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๑-16 ไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ก.ย.	ต.ค.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	5.46	4.06	54.74	6.58	1.40	4.76	3.64	14.56	4.06	3.64
A2 ท่าล่าง	6.86	nd	<u>130.90</u>	4.06	1.12	2.94	5.04	5.04	1.12	10.92
A3 ท่าบน	17.50	nd	55.44	5.88	1.82	5.04	14.84	2.52	1.40	18.20
A4 ท่ายาย ทิม	28.28	nd	46.62	14.56	2.52	6.58	28.28	2.52	1.82	21.84
A5 ท่าถ้ำ พัง	26.46	0.70	44.94	16.38	2.52	5.88	24.36	1.82	1.40	29.12
เฉลี่ย	16.91	2.38	66.53	9.49	1.88	5.04	15.23	5.29	1.96	16.74
(ต่ำสุด- สูงสุด)	5.46- 28.28	nd- 4.06	44.94- 130.90	4.06- 16.38	1.12- 2.52	2.94- 5.88	3.64- 28.28	1.82- 14.56	1.12- 4.06	3.64- 29.12

\*เดือน ส.ค. พ.ย. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ ๓-4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2555

### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสี่ช้างประจำปีพ.ศ. 2556

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัด แสดงดังนี้

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.1-31.3 องศาเซลเซียส มีค่าอุณหภูมิสูงสุดเกิน 30 องศาเซลเซียส ในเดือนมีนาคมต่อเนื่องจนถึงเดือนมิถุนายน แล้วจึงลดลงจนอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส โดยในเดือนเมษายนอุณหภูมิสูงสุดที่หาดถ้ำพังมีค่าเท่ากับ 31.9 องศาเซลเซียส (ตารางที่ ก-17)

2. ความเค็มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.5-31.3 psu โดยความเค็มลดลงต่ำสุดในช่วงเดือนกันยายน (ตารางที่ ก-18)

3. ความเป็นกรดต่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.0-8.1 ในทุกบริเวณ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคือ อยู่ระหว่าง 7.0-8.5 (ตารางที่ ก-19)

4. ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.14-5.04 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน จากตารางที่ ก-20 พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในปี 2556 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

5. ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.01-0.05 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ซึ่งค่าเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร แต่มีบางเดือนและบางบริเวณที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน คือ เดือนกุมภาพันธ์บริเวณท่าล่าง มีค่า 0.09 เดือนมีนาคมบริเวณท่าล่าง มีค่า 0.08 และเดือนเมษายนบริเวณท่าวัง มีค่า 0.15 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ตารางที่ ก-21)

6. ปริมาณไนเตรท พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.01-15.48 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และในเดือนเมษายนบริเวณหาดถ้ำพังมีค่าสูงสุดที่เกินค่ามาตรฐานเท่ากับ 63.56 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ตารางที่ ก-22)

ตารางที่ ฅ-17 อุณหภูมิหน้าทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	*	29.0	<u>30.1</u>	<u>31.1</u>	<u>31.1</u>	<u>31.0</u>	29.3	*	28.9	*	28.9	*
A2 ท่าล่าง	*	28.9	<u>31.1</u>	<u>30.9</u>	<u>30.5</u>	<u>30.8</u>	29.1	*	29.1	*	28.6	*
A3 ท่าบน	*	29.0	<u>30.2</u>	<u>31.2</u>	<u>30.6</u>	<u>30.8</u>	29.0	*	29.0	*	28.5	*
A4 ท่ายาย ทิม	*	29.9	<u>31.5</u>	<u>31.5</u>	<u>31.2</u>	<u>30.4</u>	29.3	*	29.6	*	29.3	*
A5 ท่าถ้ำ พัง	*	29.5	<u>30.4</u>	<u>31.9</u>	<u>30.7</u>	<u>31.0</u>	28.6	*	30.0	*	30.0	*
เฉลี่ย	*	29.3	<u>30.7</u>	<u>31.3</u>	<u>30.8</u>	<u>30.8</u>	29.1	*	29.3	*	29.1	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		28.9- 29.9	<u>30.1-</u> <u>31.5</u>	<u>30.9-</u> <u>31.9</u>	<u>30.5</u> -	<u>30.4</u> -	28.6 -		28.9 -		28.5 -	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ฅ-18 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	*	31.2	31.6	29.5	30.8	26.4	29.0	*	26.0	*	29.9	*
A2 ท่าล่าง	*	31.1	31.1	29.7	30.9	27.5	28.9	*	25.7	*	30.2	*
A3 ท่าบน	*	31.1	30.8	29.7	30.9	27.4	29.0	*	24.8	*	30.2	*
A4 ท่ายาย ทิม	*	31.4	31.2	29.8	30.9	28.0	28.9	*	26.0	*	29.9	*
A5 ท่าถ้ำ พัง	*	31.5	31.0	29.7	31.4	27.7	28.6	*	25.0	*	29.0	*
เฉลี่ย	*	31.3	31.1	29.7	31.0	27.4	28.9	*	25.5	*	29.8	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		31.1- 31.5	30.8- 31.6	29.5- 29.8	30.8- 31.4	26.4 28.0	28.6 29.0		24.8 26.0		29.0 30.2	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๑-19 ความเป็นกรดต่าง (ค่ามาตรฐาน: 7.0-8.5)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.9	*	8.0	*	8.0	*
A2 ทำล่าง	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.1	*	8.0	*	8.0	*
A3 ทำบน	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.1	*	8.1	*	8.0	*
A4 ทำยาย ทิม	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.1	*	8.1	*	8.0	*
A5 หาดถ้ำ พัง	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	*	8.0	*	8.0	*
เฉลี่ย	*	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	*	8.1	*	8.0	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		8.1	8.1	8.1	8.1	8.00	7.9- 8.1		8.0- 8.1		8.00	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๑-20 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ทำวัง	*	4.43	3.35	4.62	4.28	4.67	4.19	*	4.77	*	4.04	*
A2 ทำล่าง	*	4.28	5.45	4.10	4.38	4.46	3.67	*	4.58	*	4.29	*
A3 ทำบน	*	4.23	5.40	4.00	4.31	4.76	3.30	*	4.43	*	3.85	*
A4 ทำยาย ทิม	*	4.28	5.64	4.56	4.39	5.14	4.50	*	5.03	*	4.21	*
A5 หาดถ้ำ พัง	*	4.34	5.38	4.46	4.95	4.79	5.45	*	4.95	*	4.31	*
เฉลี่ย	*	4.31	5.04	4.35	4.46	4.76	4.22	*	4.75	*	4.14	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		4.23- 4.43	3.35- 5.64	4.00- 4.62	4.28 -	4.46 -	3.30 -		4.43 -		3.85 -	
					4.95	5.14	5.45		5.03		4.31	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ภ-21 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

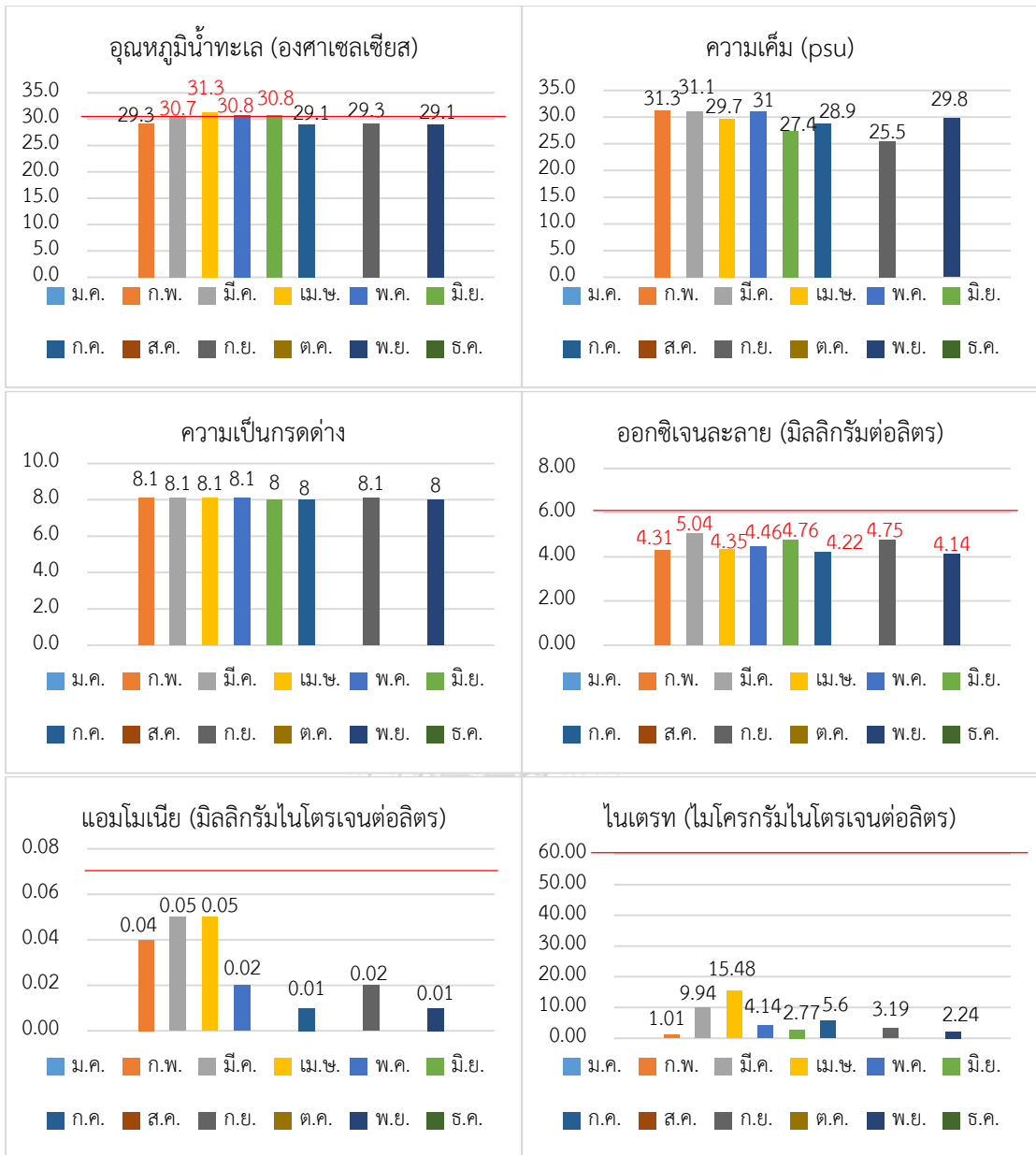
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	*	0.05	0.03	<u>0.15</u>	0.02	*	0.01	*	0.01	*	0.01	*
A2 ท่าล่าง	*	<u>0.09</u>	<u>0.08</u>	0.06	0.03	*	0.02	*	0.03	*	0.01	*
A3 ท่าบน	*	0.01	0.05	0.02	0.01	*	0.01	*	0.02	*	0.01	*
A4 ท่ายาย ทิม	*	*	0.04	0.02	0.01	*	0.01	*	0.03	*	0.01	*
A5 ท่าถ้ำ พัง	*	0.02	0.07	0.01	0.01	*	0.01	*	0.02	*	0.02	*
เฉลี่ย	*	0.04	0.05	0.05	0.02	*	0.01	*	0.02	*	0.01	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		0.01- <u>0.09</u>	0.03 -	0.01- <u>0.15</u>	0.01 -		0.01 -		0.01 -		0.01 -	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ภ-22 ไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
A1 ท่าวัง	*	0.56	20.02	1.12	4.06	1.82	4.62	*	6.86	*	1.40	*
A2 ท่าล่าง	*	1.12	17.08	2.94	3.22	4.06	5.46	*	2.94	*	4.76	*
A3 ท่าบน	*	0.84	8.68	4.34	4.76	2.94	5.74	*	1.82	*	2.52	*
A4 ท่ายาย ทิม	*	0.84	2.52	5.46	3.64	2.52	3.92	*	2.52	*	1.40	*
A5 ท่าถ้ำ พัง	*	1.68	1.40	<u>63.56</u>	5.04	2.52	8.26	*	1.82	*	1.12	*
เฉลี่ย	*	1.01	9.94	15.48	4.14	2.77	5.60	*	3.19	*	2.24	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)		0.56 -	1.40- 20.02	1.12- <u>63.56</u>	3.22 -	1.82 -	3.92 -		1.82 -		1.12 -	

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ ๕-5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2556



### คุณภาพน้ำทะเลรอบพื้นที่เกาะสีชังประจำปีพ.ศ. 2557 (มกราคม-กรกฎาคม)

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัด แสดงดังนี้

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.55-31.0 องศาเซลเซียส เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์มีค่าอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และมีค่าอุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายนและกรกฎาคม โดยในเดือนเมษายนอุณหภูมิสูงสุดที่หาดถ้ำพังมีค่าเท่ากับ 31.12 องศาเซลเซียส (ตารางที่ ภ-23)

2. ความเค็มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 30.3-31.63 psu โดยความเค็มในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ ภ-24)

3. ความเป็นกรดต่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.1-8.4 ในทุกบริเวณ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคือ อยู่ระหว่าง 7.0-8.5 โดยมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม (ตารางที่ ภ-25)

4. ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.53-5.03 มิลลิกรัมต่อลิตร จากตารางที่ ภ-26 พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในปี 2557 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

5. ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.064-0.124 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกรกฎาคม โดยส่วนมากปริมาณแอมโมเนียเกือบทุกบริเวณในเดือนมีค่าสูงสุดเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ มากกว่า 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ตารางที่ ภ-27)

6. ปริมาณไนเตรท พบว่าค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.3-45.6 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และในเดือนกรกฎาคมบริเวณท่าล่างมีค่าสูงสุดที่เกินค่ามาตรฐานเท่ากับ 60.80 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (ตารางที่ ภ-28)

ตารางที่ ภ-23 อุณหภูมิน้ำทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ทำว้าง	25.39	28.8	*	<u>30.93</u>	*	*	<u>30.20</u>
A2 ทำล่าง	25.45	28.8	*	<u>30.97</u>	*	*	<u>30.29</u>
A3 ทำบน	25.48	28.7	*	<u>30.98</u>	*	*	<u>30.19</u>
A4 ทำยายทิม	25.76	28.5	*	<u>31.00</u>	*	*	<u>30.31</u>
A5 หาดถ้ำพัง	25.66	28.3	*	<u>31.12</u>	*	*	<u>30.38</u>
เฉลี่ย	25.55	28.6	*	<u>31.00</u>	*	*	<u>30.27</u>
(ต่ำสุด-สูงสุด)	25.39-25.76	28.3-28.8		<u>30.93-31.12</u>			<u>30.20-30.38</u>

ตารางที่ ภ-24 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ทำว้าง	31.26	30.0	*	31.57	*	*	30.77
A2 ทำล่าง	31.29	30.3	*	31.73	*	*	31.24
A3 ทำบน	31.06	30.4	*	31.54	*	*	31.43
A4 ทำยายทิม	31.34	30.3	*	31.72	*	*	31.48
A5 หาดถ้ำพัง	31.32	30.3	*	31.59	*	*	31.54
เฉลี่ย	31.25	30.3	*	31.63	*	*	31.29
(ต่ำสุด-สูงสุด)	31.06-31.34	30.0-30.4		31.54-31.72			30.77-31.54

ตารางที่ ภ-25 ความเป็นกรดต่าง (ค่ามาตรฐาน: 7.0-8.5)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ทำว้าง	8.4	8.1	*	8.0	*	*	8.1
A2 ทำล่าง	8.4	8.1	*	8.0	*	*	8.1
A3 ทำบน	8.3	8.1	*	8.1	*	*	8.0
A4 ทำยายทิม	8.4	8.1	*	8.0	*	*	8.1
A5 หาดถ้ำพัง	8.4	8.1	*	8.1	*	*	8.1
เฉลี่ย	8.4	8.1	*	8.1	*	*	8.1
(ต่ำสุด-สูงสุด)	8.3-8.4	8.1		8.0-8.1			8.0-8.1

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ภ-26 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ท่าวัง	<u>4.58</u>	<u>4.97</u>	*	<u>3.89</u>	*	*	<u>5.23</u>
A2 ท่าล่าง	<u>5.19</u>	<u>4.29</u>	*	<u>4.17</u>	*	*	<u>4.80</u>
A3 ท่าบน	<u>3.61</u>	<u>4.76</u>	*	<u>5.04</u>	*	*	<u>5.03</u>
A4 ท่ายายทิม	<u>5.33</u>	<u>5.02</u>	*	<u>3.92</u>	*	*	<u>5.21</u>
A5 หาดถ้ำพัง	<u>5.45</u>	<u>5.13</u>	*	<u>5.63</u>	*	*	<u>4.90</u>
เฉลี่ย	<u>4.83</u>	<u>4.83</u>	*	<u>4.53</u>	*	*	<u>5.03</u>
(ต่ำสุด-สูงสุด)	<u>3.61-5.45</u>	<u>4.29-5.13</u>		<u>3.89-5.04</u>			<u>4.80-5.23</u>

ตารางที่ ภ-27 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

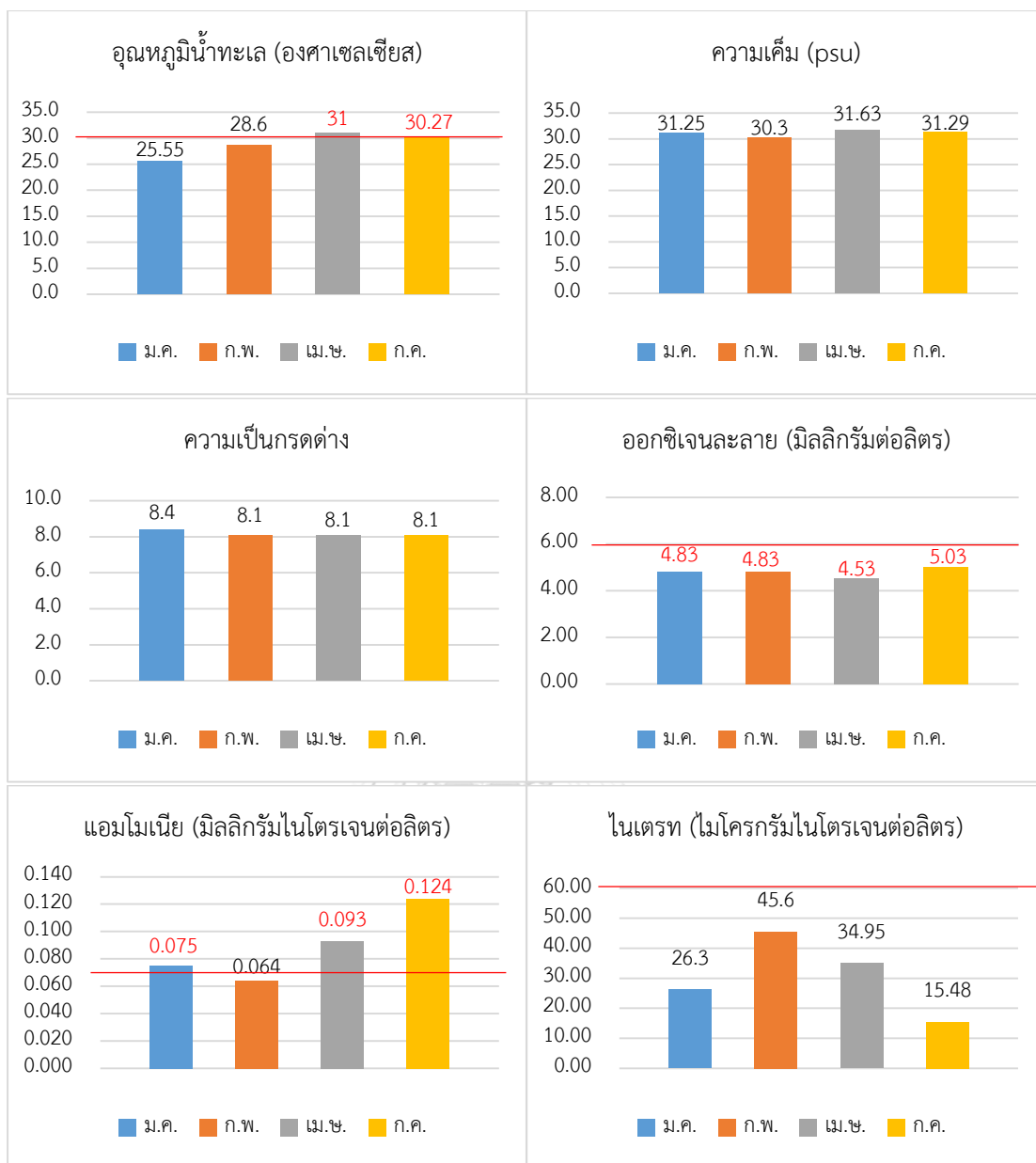
เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ท่าวัง	0.067	<u>0.150</u>	*	<u>0.147</u>	*	*	<u>0.209</u>
A2 ท่าล่าง	0.054	0.010	*	<u>0.080</u>	*	*	<u>0.108</u>
A3 ท่าบน	<u>0.088</u>	0.040	*	<u>0.082</u>	*	*	<u>0.079</u>
A4 ท่ายายทิม	<u>0.090</u>	0.020	*	<u>0.092</u>	*	*	<u>0.090</u>
A5 หาดถ้ำพัง	<u>0.078</u>	<u>0.100</u>	*	0.063	*	*	<u>0.136</u>
เฉลี่ย	<u>0.075</u>	0.064	*	<u>0.093</u>	*	*	<u>0.124</u>
(ต่ำสุด-สูงสุด)	<u>0.054-0.090</u>	<u>0.010-0.150</u>		<u>0.063-0.147</u>			<u>0.079-0.209</u>

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ๑-28 ในเดรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
A1 ทำวัง	29.2	36.4	*	41.30	*	*	52.20
A2 ทำล่าง	16.5	43.4	*	39.83	*	*	<u>60.80</u>
A3 ทำบน	31.5	47.6	*	30.60	*	*	28.30
A4 ทำยายทิม	25.8	50.4	*	29.80	*	*	31.80
A5 ทาดถ้ำพัง	28.6	50.4	*	33.20	*	*	39.20
เฉลี่ย	26.3	45.6	*	34.95	*	*	42.46
(ต่ำสุด-สูงสุด)	16.5-31.5	36.4-50.4		29.80-41.30			28.30- <u>60.80</u>





ภาพที่ ๓-๖ แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. ๒๕๕๗

### คุณภาพน้ำทะเลเฉลี่ยรอบพื้นที่เกาะสีชังประจำปีพ.ศ. 2558

ทำการวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทั่วไป ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำทะเล ความเค็ม ความเป็นกรดต่าง และปริมาณออกซิเจนละลาย วิเคราะห์สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรท โดยผลการตรวจวัด แสดงดังนี้

1. อุณหภูมิ น้ำทะเล มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 26.8-31.3 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม และมีค่าอุณหภูมิกิน 30 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน พฤษภาคม ตุลาคมและพฤศจิกายน (ตารางที่ ก-29)
2. ความเค็มมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.1-32.4 psu ความเค็มต่ำสุดเริ่มพบในเดือนกันยายน เฉลี่ยเท่ากับ 28.1 แล้วเพิ่มสูงขึ้นในเดือนตุลาคม เท่ากับ 32.4 โดยความเค็มในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ ก-30)
3. ความเป็นกรดต่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.9-8.1 ในทุกบริเวณ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคือ อยู่ระหว่าง 7.0-8.5 (ตารางที่ ก-31)
4. ปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.41-5.31 มิลลิกรัมต่อลิตร จากตารางที่ ก-32 พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในปี 2558 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)
5. ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.005-0.075 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนสิงหาคม และมีค่าสูงสุดที่เกินค่ามาตรฐานในเดือนมกราคม สิงหาคมกันยายน และตุลาคม (ตารางที่ ก-33)
6. ปริมาณไนเตรท พบว่าค่าอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง คือ ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.7-20.58 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม (ตารางที่ ก-34)

ตารางที่ ก-29 อุณหภูมิ น้ำทะเล (องศาเซลเซียส) (ค่ามาตรฐาน: ต้องไม่เปลี่ยนแปลง)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	26.8	27.9	28.8	<u>30.1</u>	<u>30.4</u>	29.7	29.1	29.6	29.1	<u>31.3</u>	<u>30.2</u>	28.2
(ต่ำสุด-	26.6	27.7	28.7	29.9	29.8	29.4	28.7	29.0	27.2	<u>31.2</u>	29.8	28.1
สูงสุด)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.4	28.2	28.9	<u>30.3</u>	<u>30.6</u>	30.2	29.2	30.0	29.9	<u>31.5</u>	<u>31.2</u>	28.4

ตารางที่ ๓-30 ความเค็ม (psu) (ค่ามาตรฐาน: เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ของค่าต่ำสุด)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	29.5	29.7	29.2	29.4	29.7	28.3	28.5	28.9	28.1	32.4	32.3	31.1
(ต่ำสุด- สูงสุด)	29.3- -	29.5- -	29.0- -	28.8- -	29.0- -	27.9- -	28.0- -	28.6- -	27.2- -	32.4- -	32.0- -	30.9- -
	29.6	29.7	29.4	29.9	30.0	30.1	28.8	29.1	29.9	32.5	32.5	31.3

ตารางที่ ๓-31 ความเป็นกรดต่าง (ค่ามาตรฐาน: 7.0-8.5)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	8.1	8.1	8.1	*	8.1	8.0	8.0	8.1	8.1	*	8.0	*
(ต่ำสุด- สูงสุด)	8.0- 8.1	8.1- 8.1	8.1- 8.1		8.1- 8.1	8.0- 0	7.9- 8.1	8.1- 8.1	8.0- 8.1		8.0- 8.0	

ตารางที่ ๓-32 ปริมาณออกซิเจนละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	<u>5.20</u>	<u>4.88</u>	<u>5.00</u>	*	<u>4.4</u>	<u>3.41</u>	<u>4.65</u>	<u>4.80</u>	<u>5.31</u>	<u>4.36</u>	*	<u>4.56</u>
(ต่ำสุด- สูงสุด)	<u>4.92- 5.50</u>	<u>4.66- 5.21</u>	<u>4.63- 5.31</u>		<u>3.57- 4.63</u>	<u>3.10- 4.16</u>	<u>4.24- 5.15</u>	<u>4.52- 5.36</u>	<u>4.26- 6.31</u>	<u>4.10- 4.60</u>		<u>4.40- 4.80</u>

\*ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

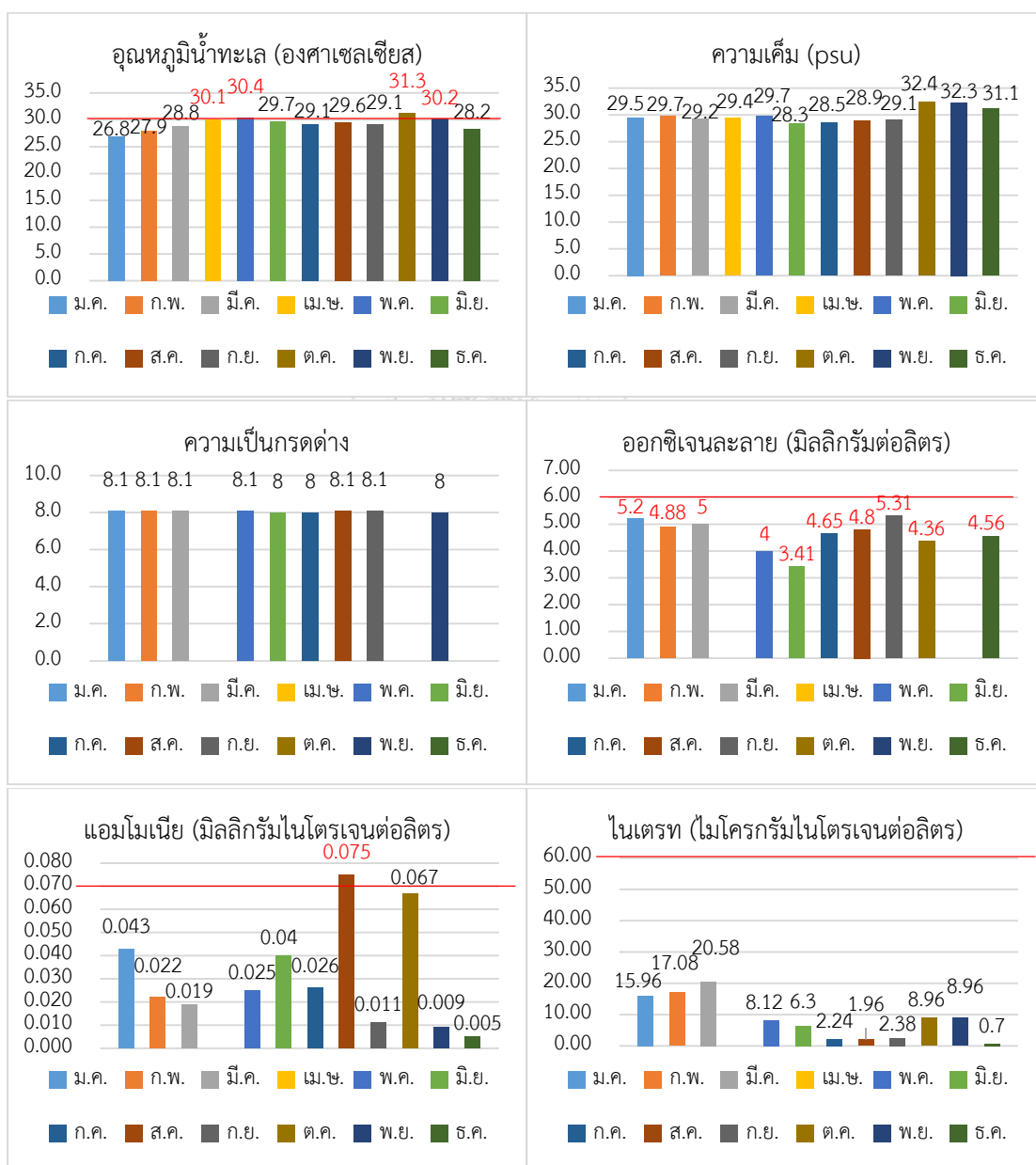
ตารางที่ ๓-33 แอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	0.043	0.022	0.019	0.025	0.040	0.026	<u>0.075</u>	0.011	0.067	0.009	0.005
(ต่ำสุด- สูงสุด)	0.003- <u>0.071</u>	0.006- 0.053	0.017- 0.021	0.016- 0.055	0.021- 0.058	0.016- 0.045	0.030- <u>0.130</u>	0.001- <u>0.097</u>	0.033- <u>0.149</u>	0.001- 0.022	0.002- 0.022

\*เดือน เม.ย. ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ภา-34 ไนเตรท (ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร) (ค่ามาตรฐาน: ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เฉลี่ย	15.96	17.08	20.58	8.12	6.30	2.24	1.96	2.38	8.96	8.96	0.70
(ต่ำสุด- สูงสุด)	9.80- 18.48	14.14 -	19.60 -	5.88- 9.80	1.82- 25.48	0.42- 6.58	0.42- 4.34	1.12- 3.64	0.70- 11.62	0.70- 12.04	0.42- 1.82



ภาพที่ ภา-7 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทะเลปีพ.ศ. 2558



ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนีย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ค่าความหนาแน่น  
สำหรับซูแซนเทลลี และการคำนวณโพรบิท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## การวิเคราะห์แอมโมเนีย (Strickland และ Parsons, 1972)

### 1. หลักการ

การวิเคราะห์หาแอมโมเนียด้วยวิธี phenol-hypochlorite แอมโมเนียในสารละลายที่เป็นต่างจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮโปคลอไรท์และฟีนอล โดยมีโซเดียมไนโตรปริสไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน (indophenol blue)

### 2. การเก็บตัวอย่างและการรักษาตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำสำหรับนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียสามารถเก็บในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก การวิเคราะห์ควรกระทำทันทีภายใน 2 ถึง 3 ชั่วโมง หลังจากเก็บตัวอย่าง หรือกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C แลวแช่เย็นไว้ ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน 24 ชั่วโมง

### 3. น้ำยาเคมีและวิธีเตรียม

#### 1. น้ำกลั่น de-ionized

น้ำกลั่น de-ionized ใช้สำหรับเตรียมสารละลายต่างๆ blank และสารมาตรฐาน ควรเป็นน้ำกลั่นใหม่

#### 2. สารละลายฟีนอล

ละลายฟีนอล ( $C_6H_5OH$ ) 5 กรัม ในเอซิลแอลกอฮอล์ 95 % (V/V) 50 มิลลิลิตร

#### 3. สารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์

ละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ ( $Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$ ) 0.5 กรัม ในน้ำ de-ionized 100 มิลลิลิตร เก็บรักษาสารละลายนี้ในขวดแก้วสีชา สารละลายนี้มีอายุ 1 เดือน

#### 4. สารละลายออกซีไดซิง

ละลายโซเดียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรท (Sodium dichloroisocyanurate,  $C_3Cl_2N_3NaO_3$ ) หรือโปแทสเซียมไดคลอโรไอโซไซยานูเรท (Potassium dichloroisocyanurate,  $C_3Cl_2N_3KO_3$ ) ชนิดใดชนิดหนึ่ง จำนวน 1 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม และไตรโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต ( $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$ ) 50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีอายุ 2 ถึง 3 สัปดาห์

5. สารละลายมาตรฐานของแอมโมเนีย: ละลายแอมโมเนียมซัลเฟต  $NH_4(SO_4)_2$  (Analytical reagent grade) ที่อบแห้ง 105-110 องศาเซลเซียส นาน 1-24 ชั่วโมง 0.165 กรัม ด้วยน้ำกลั่น de-ionized แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 35 mg-N/L เรียกสารละลายนี้ว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชา สารละลายนี้มีอายุการใช้งาน 6 เดือน ถึง 1 ปี

#### 4. ขั้นตอนวิเคราะห์

##### 1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1) ตูตสารละลายจาก stock standard solution มา 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.35 mg-N/L

2) ตูตสารละลายจากข้อ 1) 5 10 20 และ 40 มิลลิลิตร ด้วย volumetric pipette ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.035 0.070 0.140 และ 0.280 mg-N/L ตามลำดับ สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่น

3) เติมสารละลายฟีนอล 2.5 มิลลิลิตร สารละลายออกซิไดซิง 5 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไนโตรปริไซด์ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากเติมน้ำยาเคมีแต่ละชนิดเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนานอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยวิธี linear regression (หรืออาจหาความสัมพันธ์จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงโดยตรงก็ได้)

##### 2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ใ้ใช้ปิเปตแบบกระเปาะตูดน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิดเป็นเกลียวเพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย

2) เติมสารละลายฟีนอล 0.5 มิลลิลิตร สารละลายออกซิไดซิง 1 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไนโตรปริไซด์ 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากเติมน้ำยาเคมีแต่ละชนิดเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

3) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

4) จดบันทึกค่าความเข้มข้นที่วัดได้หรือนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแอมโมเนียในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้ ในกรณีความเค็มของน้ำตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานแตกต่างกันเกิน 2 psu ปรับแก้ค่าความเข้มข้นที่วัดได้จากตัวอย่างด้วยสูตรดังต่อไปนี้  $NH_{3(corr)} = (1 + 0.0073 \times (S_s - S_0)) \times NH_{3(unc)}$

เมื่อ  $NH_{3(corr)}$ ,  $NH_{3(unc)}$  = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในตัวอย่างที่ปรับแก้ผลเนื่องจากความเค็มแล้ว และยังไม่ได้ปรับแก้ผลเนื่องจากความเค็มตามลำดับ  $S_0$  และ  $S_s$  = ความเค็มของสารละลายมาตรฐานและน้ำตัวอย่างตามลำดับ

### การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Fitt และคณะ, 2000)

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากแต่ละตู้กระจกใส่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง นำน้ำทะเลกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C 0.2 ไมครอน
2. นำกระดาษกรองมาบดใน Tissue grinder โดยเติม 90% Acetone ประมาณ 5-10 มิลลิลิตร
3. นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ในหลอดฝาเกลียว ปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วย 90% Acetone เก็บในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำสารละลายในหลอดเกลียวไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000-5000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายส่วนใส ปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร ด้วย Acetone
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 664 647 และ 630 นาโนเมตร โดยใช้ Acetone บริสุทธิ์เป็น blank
6. คำนวนปริมาณคลอโรฟิลล์เอ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 647 และ 630 นาโนเมตร ลบด้วยค่าที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ซึ่งคำนวณจากสมการของ (Parson และคณะ, 1984; Tukavinas, 1985):

$$\text{Chlorophyll a (mg/L): } [(11.85 \times E_{664}) - (1.54 \times E_{647} - (0.08 \times E_{630}))]$$

$$\text{เมื่อ } E_{664} = \text{Abs}_{664} - \text{Abs}_{750}$$

$$E_{647} = \text{Abs}_{647} - \text{Abs}_{750}$$

$$E_{630} = \text{Abs}_{630} - \text{Abs}_{750}$$

$$\text{และ } \text{mg chlorophyll/m}^3 = \text{Ca} \times v / V \times 10$$

$$\text{เมื่อ } v = \text{ปริมาตร Acetone ที่ใช้ในการสกัด (ml)}$$

$$V = \text{ปริมาตรน้ำทะเลที่กรอง (L)}$$

$$\text{Ca} = \text{ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ}$$

### การหาค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีในน้ำ

มีขั้นตอนดังนี้

1. เก็บตัวอย่างน้ำทะเลในตู้ทดลอง 500 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้ากรองขนาด 20 ไมครอน ดูดน้ำตัวอย่างปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำมาปั่นเหวี่ยงเพื่อให้เกิดการผสมอย่างทั่วถึง
2. สุ่มตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร หยดใส่แผ่น Sedgewick rafter counting chambers (ภาพที่ ฅ-8) ที่มีร่องบนผิวสไลด์ ตามแนวยาว 50 ช่อง แนวขวาง 20 ช่อง น้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จะเต็มแผ่นพอดี
3. นับจำนวนเซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลีทั้งหมดที่พบในตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ถ่ายรูปเซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลีจากกล้องจุลทรรศน์ เพื่อศึกษาลักษณะของสาหร่าย
4. คำนวณค่าความหนาแน่นของสาหร่ายซูแซนเทลลีจากสูตร:

$$\text{จำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตร} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมด/ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร} \times 5}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง หรือ 500 มิลลิลิตร}}$$

โดยจำนวนเซลล์ทั้งหมดต่อ 1 มล. = (พื้นที่ทั้งหมด/พื้นที่ที่นับ)  $\times$  จำนวนเซลล์ที่นับต่อ 1 มล.

พื้นที่ทั้งหมดของแผ่นสไลด์ = 50 ช่อง  $\times$  20 ช่อง

พื้นที่ที่นับได้จากการนับจำนวนเซลล์ต่อ 20 ช่องจาก 1 มล.



ภาพที่ ฅ-8 แผ่น Sedgewick rafter counting chambers



ภาพที่ ฅ-9 เซลล์สาหร่ายซูแซนเทลลี



ภาพที่ ฅ-10 สาหร่ายซูแซนเทลลีที่ 48 ชั่วโมง ปะการัง  
ขับเนื้อเยื่อที่มีสาหร่ายซูแซนเทลลีออกพร้อมเมือก

ตัวอย่างการคำนวณค่าความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีที่อุณหภูมิตั้งที่ 33 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นแอมโมเนีย 0 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ของปะการังโขด แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned} \text{จำนวนเซลล์ต่อมิลลิลิตร} &= \frac{[(\text{พื้นที่ทั้งหมด/พื้นที่ที่นับ}) \times \text{จำนวนเซลล์ที่นับต่อ 1 มล.}] \times 5}{500} \\ &= \frac{[(1000/20) \times 12 \times 5]}{500} = 6.0 \text{ เซลล์ต่อมิลลิลิตร} \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดครบทั้ง 3 ซ้ำ นำค่ามาหาค่าเฉลี่ย จะได้  $(6.0+12.5+8.0)/3 = 23.17$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ตารางแสดงข้อมูลความหนาแน่นสาหร่ายซูแซนเทลลีในน้ำของปะการังสามชนิด

ปะการังโขด	ซ้ำที่	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	จำนวนเซลล์ที่นับต่อ 20 ช่อง จาก 1 มล.	เซลล์ต่อมิลลิลิตร
1		0	12	6.0
		0.05	11	5.5
		0.07	25	12.5
		0.1	77	38.5
2		0	25	12.5
		0.05	18	9.0
		0.07	29	14.5
		0.1	31	15.5
3		0	16	8.0
		0.05	25	12.5
		0.07	32	16.0
		0.1	31	15.5

ปะการังเขากวาง	ตู้ที่	ความเข้มข้นแอมโมเนีย (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	จำนวนเซลล์ที่นับต่อ 20 ช่อง จาก 1 มล.	เซลล์ต่อมิลลิลิตร
	1	0	20	10.0
		0.05	20	10.0
		0.07	10	5.0
		0.1	20	10.0
	2	0	10	5.0
		0.05	40	20.0
		0.07	40	20.0
		0.1	60	30.0
	3	0	15	7.5
		0.05	15	7.5
		0.07	45	22.5
		0.1	25	12.5
ปะการังจาน	1	0	20	10.0
		0.05	116	58.0
		0.07	77	38.3
		0.1	266	133.3
	2	0	17	8.3
		0.05	114	57.0
		0.07	86	43.0
		0.1	274	137.0
	3	0	13	6.6
		0.05	130	65.0
		0.07	90	45.0
		0.1	116	58.0

### การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณค่า LC<sub>50</sub>

จากข้อมูลความเข้มข้นของแอมโมเนียและร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรมในแต่ละระดับนำมาประเมินค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้ปะการังสุขภาพเสื่อมโทรมมากกว่าร้อยละ 50 (LC50) และช่วงแห่งความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีแบบโพรบิต (Probit analysis) ตามวิธีของ Finney (1952) ดังนี้

- กำหนดให้
- C = ความเข้มข้นแอมโมเนีย
  - x = ค่า log ของระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย
  - r = จำนวนปะการังที่สุขภาพเสื่อมโทรม
  - n = จำนวนปะการังที่ใช้ในการทดลอง
  - p = เอ็มไพริคัลของอัตราการเสื่อมโทรม (Empirical value) ได้จาก  $(r/n) \times 100$
  - $y^*$  = เอ็มไพริคัลโพรบิต ได้จากการเปลี่ยนค่าร้อยละสุขภาพเสื่อมโทรม
  - Y = ค่าโพรบิตคาดคะเน (Expected probit) ได้จากการคำนวณจากเส้นถดถอย  
( $y^* = a + bx$ )
  - $y_0$  และ  $y_1$  = ค่าโพรบิตต่ำสุด (Minimum probit) และค่าโพรบิตสูงสุด (Maximum probit)
  - A = ช่วง (Ranges)
  - Y = ค่าโพรบิตสำหรับการคำนวณ (Working probit) ได้จากการคำนวณจากค่าโพรบิตที่คาดคะเนได้จากสูตร  $Y = y_0 + pA$  หรือ  $y = y_1 - (1-p)A$
  - w = สัมประสิทธิ์ของการถ่วงน้ำหนัก (Working-Coefficient)

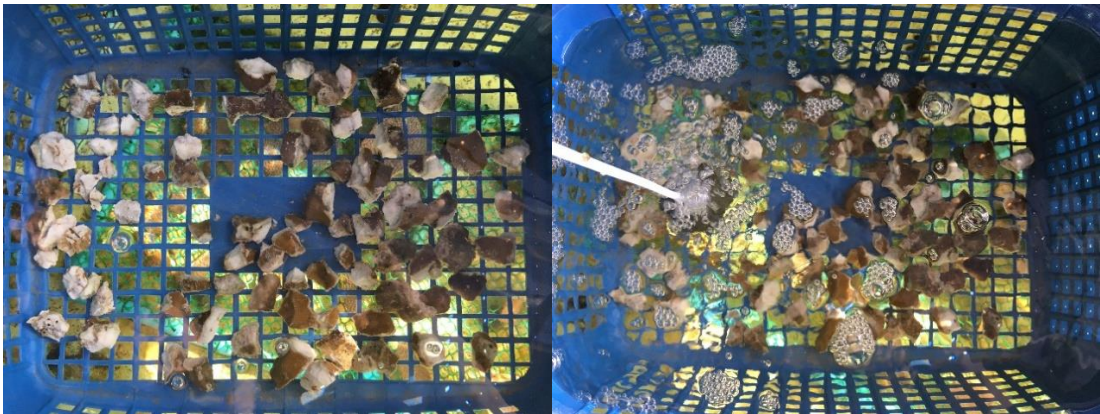
เมื่อกรอกข้อมูลค่าความเข้มข้นแอมโมเนียและร้อยละสุขภาพปะการังที่เสื่อมโทรมลงในโปรแกรม excel แล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าต่างๆดังนี้

1. แปลงค่าความเข้มข้นแอมโมเนียเป็นค่า log ของระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย (x)
2. หาค่า p = เอ็มไพริคัลของอัตราการเสื่อมโทรม (Empirical value) จาก  $(r/n) \times 100$
3. เปลี่ยนค่า p เป็นค่าเอ็มไพริคัลโพรบิต ( $y^*$ )
4. สร้างกราฟระหว่างค่า log ของระดับความเข้มข้นแอมโมเนีย แกน x กับค่าเอ็มไพริคัลโพรบิต แกน y พร้อมทั้งแสดงค่า slope, standard error: SE, standard deviation: SD, R<sup>2</sup>, Z, 95% Fiducial confidence limits ที่คำนวณจากสูตร: Fiducial Limits = Antilog (Log<sub>10</sub>Dose  $\pm$  1.96 (SE))

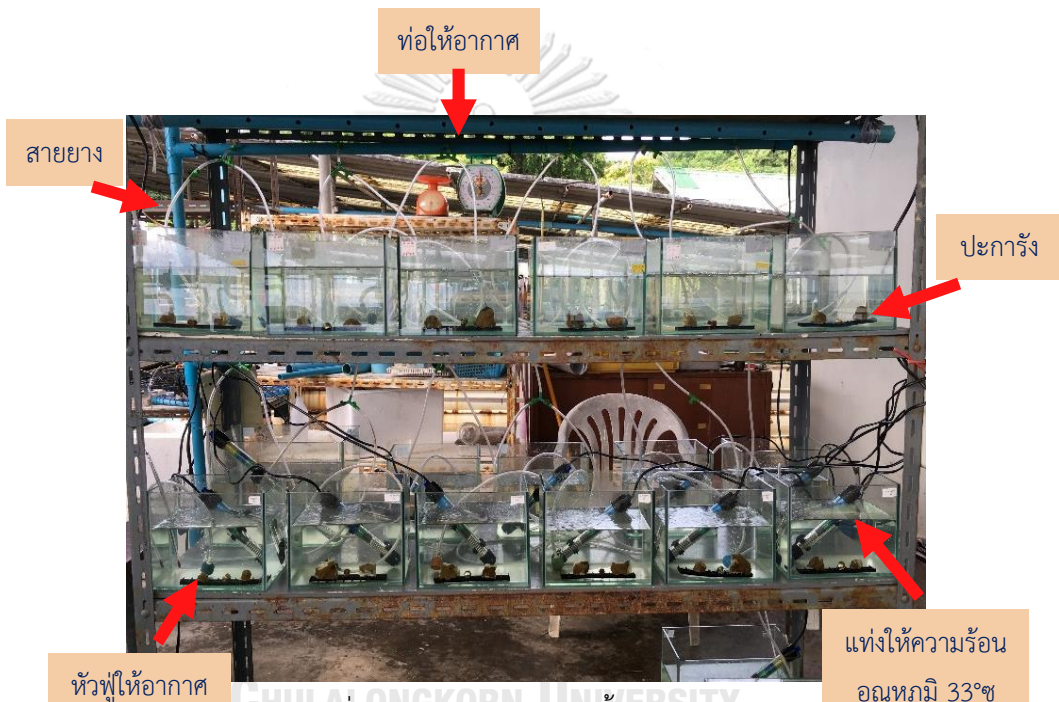


ภาคผนวก ง ภาพการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง





ภาพที่ ๑-11 ชิ้นปะการังที่ตัดแล้วปรับสภาพในบ่อน้ำทะเลกรอง โดยมีกรให้อากาศตลอดเวลา



ภาพที่ ๑-12 ตัวอย่างการติดตั้งชุดการทดลอง



ภาพที่ ๑-13 แท่งปรับอุณหภูมิ



ภาพที่ ๑-14 หลอดฝาเกลียว



ภาพที่ ภ-15 ชุดกรองน้ำทะเล



ภาพที่ ภ-16 กระดาษกรอง GF/C 0.2 ไมครอน



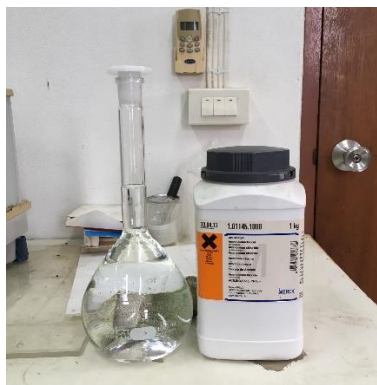
ภาพที่ ภ-17 วัดค่าคลอโรฟิลล์โดยใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์



ภาพที่ ภ-18 เครื่องวัดคลอโรฟิลล์



ภาพที่ ภ-19 เครื่องวัดแอมโมเนีย

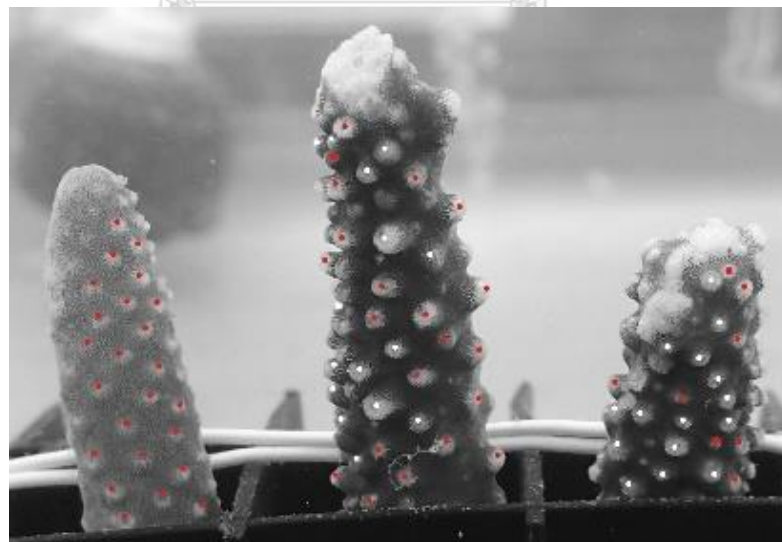
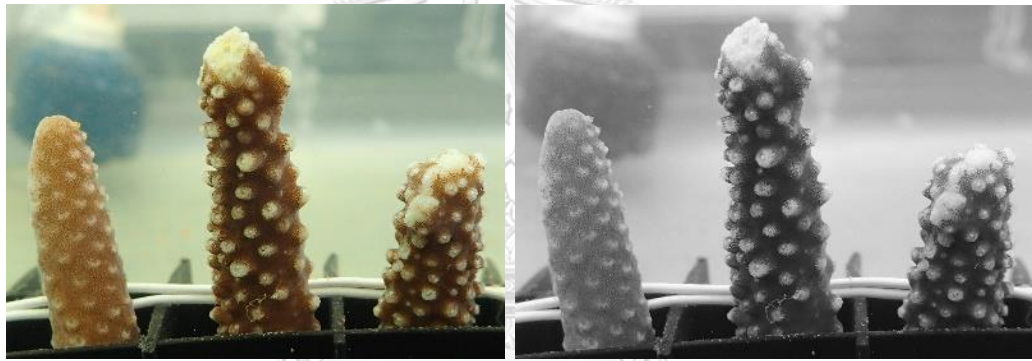


ภาพที่ ภ-20 สารละลายแอมโมเนียและแอมโมเนียมคลอไรด์



ภาพที่ ภ-21 ชุดอุปกรณ์การวัดคุณภาพน้ำทะเล

ภาพที่ ภ-22 เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายหัววัด



ภาพที่ ภ-23 ตัวอย่างการนับจำนวนโพลิปของปะการัง

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว บุษปกรณ์ อุดมทรัพย์ เกิดวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (เกียรตินิยมอันดับสอง) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2558 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2559

#### การเผยแพร่วิทยานิพนธ์

[1] Bussapakorn Udomsap, Sompop Rungsupa, Petchporn Chawakitchareon and Yasushi Kiyoki. “The Effects of Temperature and Ammonia to Coral Health Levels: A Case study of Disc Coral (*Turbinaria peltata*) (Esper, 1794) at Sichang Island, Thailand.” The Proceedings of The 5th International Conference on Engineering, Energy, and Environment (ICEEE) 2017, Arnoma Grand Bangkok Hotel, Thailand. 1-3 November 2017: Paper No.30. 178-183.

[2] บุษปกรณ์ อุดมทรัพย์ เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ และ สมภพ รุ่งสุภา “ผลของอุณหภูมิและแอมโมเนียต่อระดับสุขภาพปะการัง กรณีศึกษาปะการังโขด เกาะสีซัง ประเทศไทย” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56. วันที่ 30 มกราคม 2561 - 2 กุมภาพันธ์ 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: บทความเลขที่ สด.วศ. 16054. 279-286.

[3] Bussapakorn Udomsap, Petchporn Chawakitchareon and Sompop Rungsupa. “Effects of Temperature and Ammonia on Coral Health Status: A Case study of Disc Coral (*Turbinaria peltata*).” International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol. 9(1) ISSN 2228-9860 eISSN 1906-9642. <http://TUENGR.com/V09/031M.pdf>. 31-41.