

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

จังหวัดสุราษฎร์ธานี

STUDY WATER QUALITY IN *CRASSOSTREA BELCHERI* WHITE
SCAR OYSTER CULTURE AT BANDON BAY,
SURATTHANI PROVINCE

โดย

นายวิสุทธิ พรหมเล็ก

รหัส 5007201026

สาขาวิชาการประมง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2552

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

จังหวัดสุราษฎร์ธานี

STUDY WATER QUALITY IN *CRASSOSTREA BELCHERI* WHITE
SCAR OYSTER CULTURE AT BANDON BAY,
SURATTHANI PROVINCE

โดย

นายวิสุทธิ พรหมเล็ก

รหัส 5007201026

สาขาวิชาการประมง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีการศึกษา 2552

ศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

จังหวัดสุราษฎร์ธานี

STUDY WATER QUALTY IN *CRASSOSTREA BELCHERI* WHITE

***SCAR OYSTER* CULTURE AT BANDON BAY ,**

SURATTHANI PROVINCE



ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(อาจารย์วิชาชุดา เอื้ออารี)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง : ศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน
จังหวัดสุราษฎร์ธานี
STUDY WATER QUALITY IN *CRASSOSTREA BELCHERI* WHITE
SCAR OYSTER CULTURE AT BANDON BAY ,
SURATTHANI PROVINCE

ชื่อผู้เขียน : นายวิสุทธิ พรหมเล็ก

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประมง (การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์วิชชุดา เอื้ออารี

บทคัดย่อ

จากการทดลองศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม พบว่า

จากการทดลอง พบว่าในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือน ความโปร่งแสงเท่ากับ 0.40 ± 0.002 0.70 ± 0.004 และ 0.69 ± 0.013 เมตร ตามลำดับ อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 34.21 ± 0.072 38.64 ± 0.058 และ 38.46 ± 0.058 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความเค็มของน้ำเท่ากับ เท่ากับ 19.67 ± 0.385 23.67 ± 0.911 และ 21.11 ± 0.030 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเท่ากับ 7.58 ± 0.043 6.83 ± 0.039 และ 6.86 ± 0.030 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเท่ากับ 0.16 ± 0.011 0.09 ± 0.005 และ 0.09 ± 0.005 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทในน้ำเท่ากับ 7.15 ± 1.751 2.69 ± 1.799 และ 3.98 ± 1.101 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเท่ากับ 6.60 ± 0.424 3.05 ± 2.318 และ 2.09 ± 1.164 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟสในน้ำเท่ากับ 1.86 ± 0.257 0.33 ± 0.010 และ 0.30 ± 0.038 $\mu\text{g-atP/l}$ ตามลำดับ ปริมาณซิลิเกตในน้ำเท่ากับ 188.64 ± 0.959 92.74 ± 2.901 และ 99.46 ± 3.398 $\mu\text{g-atSi/l}$ ตามลำดับ

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำ, หอยนางรม

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์วิชชุดา เอื้ออารี อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการและช่วยเหลือในเรื่องการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดระยะเวลาที่ทำปัญหาพิเศษ และตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนกลางซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบคุณ บิดา-มารดา และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือสนับสนุนทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษา



วิสุทธิ์ พรหมเล็ก
กันยายน 2552

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	24
วิธีการดำเนินวิจัย	25
เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย	26
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการศึกษา	27
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	37
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก (ก) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	41
ประวัติผู้วิจัย	61

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ความโปร่งแสงของน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	27
2	อุณหภูมิของน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	28
3	ความเค็มของน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	29
4	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	30
5	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	31
6	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	32
7	ปริมาณไนเตรทในน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	33
8	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	34
9	ปริมาณฟอสเฟตในน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	35
10	ปริมาณซิลิเกตในน้ำในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน	36
11	สรุปคุณภาพน้ำเฉลี่ยในแหล่งเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม	38
ตารางผนวก		
1	คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนมีนาคม	41
2	คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนเมษายน	42
3	คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานีในเดือนพฤษภาคม	43
4	ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนมีนาคม	44
5	ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนมีนาคม	46
6	ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนเมษายน	48
7	ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนเมษายน	50
8	ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนพฤษภาคม	52
9	ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนพฤษภาคม	54
10	ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในทั้ง 3 เดือน	56
11	ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในทั้ง 3 เดือน	58

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงพื้นที่แหล่งเลี้ยงหอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน	4
2	วัฏจักรของสารประกอบฟอสฟอรัสในทะเล	18



บทที่ 1

บทนำ

หอยนางรม เป็นหอยสองฝาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงมีผู้บริโภคหอยนางรมกันมาก โดยเฉพาะหอยนางรมพันธุ์ใหญ่หรือหอยตะโกรม เนื่องจากการตลาดหอยนางรมนั้น มีแนวโน้มขยายตัวได้อีกมากเพราะผลผลิตในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ทำให้หอยนางรมมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับหอยชนิดอื่นๆ หอยนางรมที่นำมาบริโภคเกือบทั้งหมด เป็นหอยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงโดยอาศัยธรรมชาติ หอยจะกรอกกินพีชน้ำขนาดเล็กที่แขวนลอยในแหล่งน้ำเค็มเป็นอาหารหลัก ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่านิยมเลี้ยงกันบริเวณอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี

อ่าวบ้านดอนเป็นอ่าวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในภาคใต้ มีความยาวของแนวชายฝั่งประมาณ 120 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 6 อำเภอ ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ อำเภอไชยา อำเภอนาตาล อำเภอพุนพิน อำเภอเมือง อำเภอกาญจนดิษฐ์ และอำเภอดอนสัก ดังนั้นคุณภาพน้ำก็เป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเลี้ยงหอยนางรมในบริเวณอ่าวบ้านดอนเนื่องจากอ่าวบ้านดอน มีลักษณะเป็นท้องกระทะรับน้ำจากคลองน้อยใหญ่ถึง 11 สาย เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์จากตะกอนปากแม่น้ำต่างๆ ที่ไหลลงสู่อ่าวบ้านดอน โดยเฉพาะแม่น้ำตาปี – พุมดวง จึงเป็นศูนย์รวมของความอุดมสมบูรณ์ และแหล่งรวมความหลากหลายในระบบนิเวศน์ทางทะเล เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของหอยนางรม ที่นิยมเลี้ยงกันในบริเวณอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี คุณภาพน้ำก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตของการเพาะเลี้ยงหอยนางรม อาทิเช่น เป็นแหล่งที่มีน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลท่วมถึงอย่างน้อยเป็นเวลานาน 7-8 เดือนในรอบปี อีกทั้งไม่อยู่ในเขตอิทธิพลของน้ำจืดไหลบ่าท่วมในฤดูฝน จนทำให้น้ำมีความเค็มต่ำเป็นเวลานาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้หอยตายได้ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของหอยนางรม

หอยนางรม มีชื่อสามัญ คือ Oyster หอยนางรม (วงศ์ MOLLUSCA) นั้นมีหลายสายพันธุ์ แต่ที่นิยมเลี้ยงกันอยู่โดยทั่วไปนั้น แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ด้วยกันคือ หอยนางรมพันธุ์เล็กหรือหอยนางรมปากจีบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccostrea commercialis* หอยนางรมพันธุ์นี้มีเลี้ยงมากทางภาคตะวันออก ส่วนหอยนางรมอีกสองพันธุ์ที่เหลือเป็นหอยนางรมที่ค่อนข้างมีขนาดใหญ่เรียกว่า หอยตะโกรม (*Crassostrea belcheri*) และหอยตะโกรมกรมดำ (*C.lugubris*) แม้ว่าจะมีการเลี้ยงกันบ้างในภาคตะวันออก แต่การเลี้ยงส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตจังหวัดในภาคใต้ หอยนางรมเป็นหอยสองฝา ซึ่งฝาทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน ด้านที่มีเนื้อ ฝังอยู่จะเว้าลึกลงไปคล้ายรูปถ้วย หรือจาน และยึดติดกับวัตถุแข็ง เช่น ก้อนหิน ไม้หลัก หรือเปลือกหอยที่จมอยู่ในทะเล ส่วนฝาปิดอีกด้านหนึ่งแบนบางขนาดความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เปลือกหอยนางรมประกอบด้วยหินปูนร้อยละ 95 หอยนางรมดำรงชีวิต อยู่ได้โดยการดูดน้ำรอบ ๆ ตัวเข้าไปทางด้านหนึ่งและ ปล่อยทิ้งออกอีกด้านหนึ่ง อาหารและก๊าซออกซิเจนจะเข้าไปพร้อมกับน้ำ อาหารของ หอยนางรมได้แก่ แพลงก์ตอน ฟีซและแพลงก์ตอนสัตว์ที่ลอยลอยอยู่ในน้ำ หอยนางรมเป็นสัตว์ที่มีเพศผู้ และเพศเมียแยกกัน ในช่วงที่มีการผสมพันธุ์หอยตัวเมียจะปล่อยไข่ และหอยตัวผู้จะปล่อยน้ำเชื้อออกมาผสมกันในน้ำ หอยนางรมที่พบในประเทศไทยจะวางไข่ตลอดปี มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด และแหล่งที่อยู่ เช่น หอยตะโกรม ที่แม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี วางไข่มากที่สุดในเดือน ตุลาคม-ธันวาคม หอยนางรมปากจีบขนาดเล็กที่ตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรีวางไข่เป็น 3 ช่วง คือช่วงแรกเดือนมีนาคม-เมษายน ช่วงที่ 2 เดือนมิถุนายน-กรกฎาคมและช่วงที่ 3 เดือนกันยายน-ตุลาคม ผลผลิตของหอยนางรมส่วนใหญ่จะเก็บได้จากธรรมชาติ

ชีววิทยาของหอยนางรม วันทนา อยู่สุข (2541)

Phylum Mollusca

Class Bivalvia หรือ Pelecypoda

Subclass Pteriomorphia

Order Ostreoida

Family Ostreaeidae

อ่าวบ้านดอน จ.สุราษฎร์ธานี

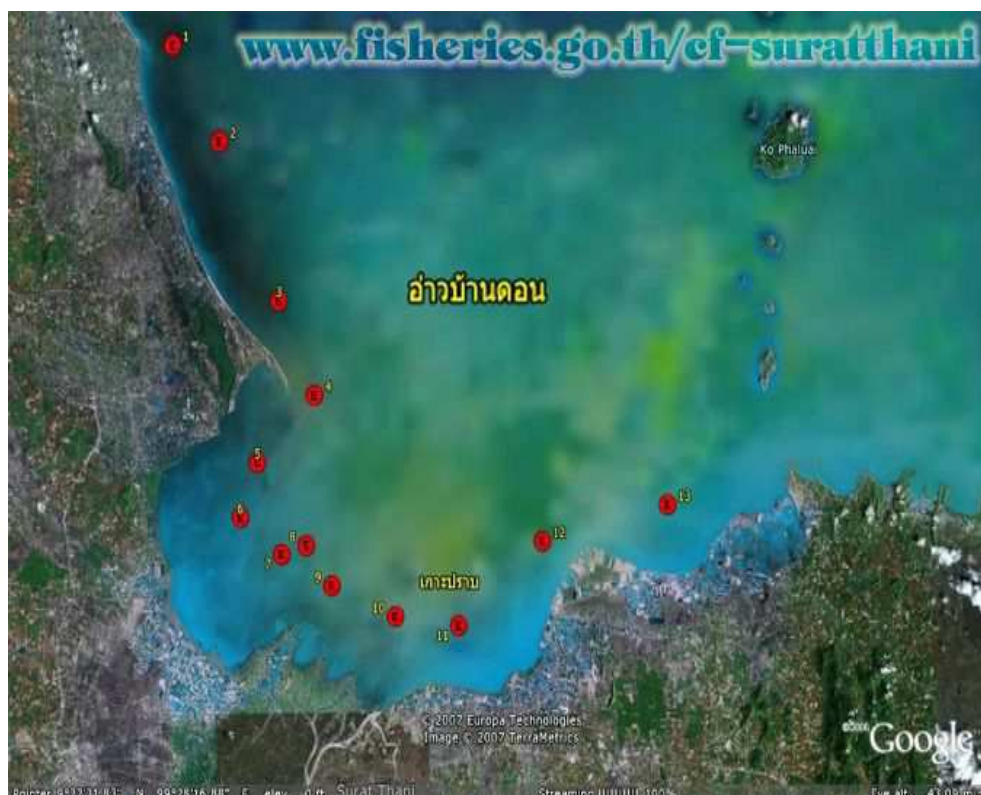
การศึกษาสภาพภูมิอากาศและคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าสามารถแบ่งฤดูกาลในจังหวัดสุราษฎร์ธานีออกได้เป็น 2 ฤดู ได้แก่ ฤดูแล้งมีระยะเวลา 3.5 เดือน และฤดูฝนมีระยะเวลา 8.5 เดือน โดยเฉลี่ยจำนวนวันที่มีฝนตกปีละ 153 วัน และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1,911.2 มม. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำพบว่าส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งประเภทที่ 4 (คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง) ยกเว้น ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มซึ่งมีค่าเกินมาตรฐาน คุณภาพน้ำบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 4 แห่ง ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่า (run off) ที่ระบายลงมาตามลุ่มน้ำตาปี-พุมดวง พบว่าความเค็ม ความโปร่งใส และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ โดยเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะสถานี 2 (ปากคลองท่าฉาง) และสถานี 3 (ปากน้ำตาปี) ซึ่งเป็นบริเวณก้นอ่าวที่มีการเลี้ยงหอยนางรมและหอยแครงจะถูกกระทบจนเกิดการตายในช่วงปลายปี พ.ศ. 2539 ส่วนการจัดแบ่งกลุ่มสถานีโดยการวิเคราะห์ cluster ก็จัดให้สถานี 2 และสถานี 3 อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ขณะที่สถานี 1 (ปากคลองพุมเรียง) และสถานี 4 (ปากคลองท่าทอง) ถูกจัดแบ่งเป็นอีก 2 กลุ่มแยกจากกัน เนื่องจากอยู่ไกลจากปากแม่น้ำตาปีจึงได้รับผลกระทบจากน้ำ ที่ระบายลงสู่อ่าว น้อยกว่า

นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยที่สำคัญๆ (ปากคลองบ้านบางตะบูน บ้านแหลม อ่าวบ้านดอน) มีปริมาณแบคทีเรียชนิด *V. parahaemolyticus* สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณ อ่าวบ้านดอน ซึ่งเป็นแหล่งเลี้ยงหอยนางรมปริมาณสูงถึง 300 CFU ต่อมลิลิตร จึงอาจมีความเสี่ยงที่จะทำให้ ผู้บริโภคหอยนางรมสดเกิด โรคอาหารเป็นพิษได้(สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง พ.ศ. 2544)

การเลี้ยงหอยนางรมที่มีชื่อเสียงของ จ.สุราษฎร์ธานี อยู่ที่อ่าวบ้านดอนตั้งแต่คลองบ้านดอน ถึงหัวแหลม ในพื้นที่ อ.กาญจนดิษฐ์ และ อ.ดอนสัก ซึ่งริมอ่าวบ้านดอนนี้มีสภาพเป็นป่าชายเลน ชาวประมงจับจองพื้นที่เพื่อเลี้ยงหอยนางรมรวมทั้งหอยแครงและหอยแมลงภู่ ซึ่งต้องขออนุญาตเช่าพื้นที่จากกรมประมง โดยเสียภาษีราคาไร่ละ 80 บาท การหมายหลักปักแนวอาณาเขตของแต่ละคนใช้ไผ่ปักเป็นระยะ ๆ พร้อมปลูกบ้านหลังเล็กเพื่อเฝ้าดูแลหรือพักผ่อนในพื้นที่ ซึ่งบ้านยกเสาสูงประมาณ 8-10 ม. เพื่อให้บ้านเหนือพื้นระดับน้ำขึ้นเต็มที่ประมาณ 2 ม.

การเลี้ยงหอยนางรมในบริเวณอ่าวบ้านดอนนี้ ผู้บุกเบิกหรือทดลองเลี้ยงคนแรกเป็นชาวจีน ที่สังเกตเห็นหอยนางรมเกาะติดกับก้อนหินที่อยู่ในน้ำ ในปีถัดไปหอยยังคงมาเกาะอีกเหมือนเดิม จึงทดลองนำก้อนหินอื่น ๆ มาวางทิ้งไว้เพิ่มเติมเพื่อให้หอยนางรมมาเกาะมากขึ้น ต่อมานายวีระ

โอมิ (ปัจจุบันหัวหน้ากลุ่มวิชาการป่าไม้ สำนักงานป่าไม้เขตสุราษฎร์ธานี) ได้ทดลองนำไฟมาสู่มปักในอ่าวเลยแนวป่าชายเลนปรากฏว่าหอยนางรมมาเกาะหลักที่ปักไว้ จึงเริ่มมีชาวบ้านคนอื่น ๆ เลี้ยงหอยนางรมมากขึ้น พร้อมทั้งพัฒนาการปักไฟเป็นแถวเป็นแนว จนถึงปี 2530 ต้องขออนุญาตเลี้ยงหอยนางรมอย่างเป็นทางการกับสำนักงานประมงอำเภอ และเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายมากในปี 2535 จนถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่การเลี้ยงหอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน

คุณภาพน้ำ

1. ลักษณะทางเคมี หมายถึง คำนวณคุณภาพน้ำที่ผันแปรอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สามารถตรวจวัดได้ และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ความเป็นกรด (acidity), ความเป็นด่าง (alkalinity), ความกระด้าง (hardness), ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen), ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ (free carbondioxide),

ไนโตรเจน (nitrogen), ฟอสฟอรัส (phosphorus), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide), ความเค็ม (salinity), โลหะหนัก (heavy metals), สารพิษ (pesticides) ฯลฯ

2. ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ดัชนีคุณภาพน้ำที่ผันแปรเนื่องจากสิ่งมีชีวิตในน้ำอันมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทั้งทางตรงและอ้อม เช่น แพลงก์ตอนพืชและสัตว์ (plankton), แบคทีเรีย (bacteria), พืชน้ำ (aquatic)

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ การเตรียมห้องปฏิบัติการ และการเก็บตัวอย่าง

หลักการเก็บตัวอย่างน้ำ และการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ

การเก็บตัวอย่างน้ำว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขึ้นตอนหนึ่งของการศึกษาคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำที่จะให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนั้น ๆ จำเป็นต้องมีการวางแผน การเก็บตัวอย่างที่ดีไม่เช่นนั้นแล้วค่าที่ได้ออกมาจะทำให้การแปลผลหรือค่าปัจจัยต่าง ๆ ของแหล่งน้ำผิดไป ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง นอกเหนือจากขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างแล้ว วิธีการหรือการเก็บรักษาตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อในห้องปฏิบัติการก็มีความจำที่จะต้องมีการศึกษาหรือมีการเตรียมการที่ดีพอ เพื่อที่จะให้ตัวอย่างน้ำที่เก็บมานั้นมีคุณสมบัติหรือคุณภาพไม่เปลี่ยนจากลักษณะที่เป็นจริงในแหล่งน้ำในขณะที่เก็บตัวอย่างนั้น หรือถ้าจำเป็นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงก็ให้เกิดได้น้อยที่สุด วิธีการเก็บตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยแต่ละตัวอาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปัจจัยนั้น ๆ ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์บางปัจจัยต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ บางตัวอย่างอาจจะต้องใช้สารเคมีเติมลงไปเพื่อรักษาคุณลักษณะเดิมไว้ บางตัวอย่างอาจจะไม่ต้องทำอะไรเลยหากทำการวิเคราะห์ภายในช่วงเวลาที่กำหนด ดังนั้นการเก็บตัวอย่างจึงเป็นขบวนการขั้นต้นของการศึกษาคุณภาพน้ำว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด หากขบวนการขั้นต้นนี้เกิดความผิดพลาดหรือใช้วิธีการไม่เหมาะสมแล้วขบวนการที่จะวิเคราะห์ต่อไปถึงจะได้อย่างไรก็ไม่สามารถให้ผลที่ดีได้ การวางแผนจัดการคุณภาพน้ำ จำเป็นต้องได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำ เพื่อที่จะให้การวางแผนจัดการคุณภาพน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ความสำคัญของการเก็บตัวอย่าง

หลักการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาคุณภาพน้ำ มีอยู่ด้วยกัน

2 หลักใหญ่ ๆ คือ

1. การเก็บตัวอย่างที่ได้มาสามารถเป็นตัวแทนของมวลน้ำในแหล่งน้ำนั้น หรือบริเวณนั้น ที่ต้องการศึกษาและตัวอย่างที่ได้มาจะต้องมีการดูแลรักษาอย่างดี ตามวิธีการวิเคราะห์ของตัวอย่างแต่ละชนิด เพื่อให้ค่าที่วัดออกมาได้นั้นมีค่าเท่ากับค่าที่มีอยู่ในน้ำที่เก็บมา ณ เวลานั้น ๆ

2. ความสมบูรณ์ของตัวอย่าง หมายความว่าตัวอย่างที่เก็บมาได้นั้นจะต้องนำมาวิเคราะห์ตามขั้นตอนในการวิเคราะห์ด้วยความระมัดระวังเพื่อให้ได้ค่าที่วัดได้มีความแม่นยำสูง สามารถเป็นค่าตัวแทน ที่ดีของคุณภาพน้ำของบริเวณนั้นๆ ณ เวลาต่าง ๆ กัน ตามความสนใจของการศึกษา

ถ้าพิจารณาจากแผนภาพจะเห็นว่าหลักการทั้งสอง จะมีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาเมื่อจัดทำโครงการศึกษาคุณภาพน้ำ



จุดเก็บน้ำตัวอย่าง

สำหรับการกำหนดจุดเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำในธรรมชาติ เช่น การติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ หรือแหล่งน้ำที่ใช้ในการนำไปใช้บริโภค ฯลฯ จะต้องมีความระมัดระวังเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่จะเป็น ตัวแทนที่ดีของแหล่งน้ำนั้น ๆ การกำหนดจุด จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง และความถี่จะทำการเก็บตัวอย่างต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย เช่น ลักษณะของภูมิประเทศของแหล่งน้ำ ลักษณะของพื้น ท้องน้ำ ความลึก ฤดูกาลการไหลเวียนของน้ำ การผสมผสานทั้งในแนวระบายนและแนวดิ่งและการ ขึ้น-ลงของน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของแหล่งน้ำแต่ละแหล่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไป หากที่จะกำหนดหลักเกณฑ์แน่นอนลงไปอย่างไรก็ตามจะลักษณะ ทั้ง ๆ ไปหรือข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับแหล่งน้ำที่หาได้ ก็พอจะใช้ในการพิจารณาจุดเก็บตัวอย่างได้เป็นอย่างดี

การตรวจลักษณะน้ำทางกายภาพ

ปัจจัยทางกายภาพที่จำเป็นต้องทำการวัดหรือสังเกตระหว่างการเก็บน้ำตัวอย่างได้แก่

1. อุณหภูมิหมายถึงระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โดยทั้งทางตรงหรือทางอ้อม
2. ความโปร่งแสง เป็นการวัดค่าของปริมาณแสงที่สามารถส่องลงไปใต้น้ำได้ลึกมากน้อยเพียงใด
3. สี เป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องทำการบันทึกเอาไว้เนื่องจากสีที่มองเห็นเกิดจากการสะท้อนหรือการกระจายหรือการดูดซับ โดยสารบางตัวในน้ำแล้วทำให้เกิดสีขึ้นมา เช่น แหล่งน้ำมีพืชน้ำ สาหร่ายอินทรีย์ละลายอยู่มากหรือมีแพลงก์ตอนพืชมาก
4. กลิ่น กลิ่นในน้ำอาจเกิดจากหลายสาเหตุเช่น เกิดจากสารที่เจือปนอยู่ในแหล่งน้ำหรือ ขบวนการทางเคมีหรือชีวเคมีในแหล่งน้ำ
5. น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ สังเกตดูจากความหนาของชั้นน้ำ

การตรวจลักษณะน้ำทางเคมี

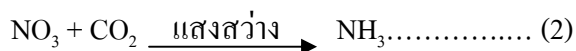
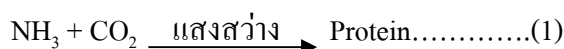
1. ความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)
2. ความเค็ม(Salinity)
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเล

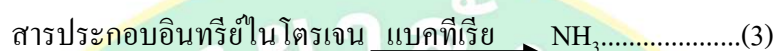
ธาตุอาหาร (nutrients) คือ ธาตุอาหาร (trace elements) ที่พืชทะเลและแพลงก์ตอนพืชในทะเล นำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อผลิตอินทรีย์สารสำหรับเป็นแหล่งให้พลังงาน และเป็นอาหารให้แก่สัตว์อื่น ๆ โดยการถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นธาตุอาหารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกำลังผลิตขั้นต้น (primary production) ในแหล่งน้ำ (Castro and Huber, 1999) ธาตุอาหารที่มีความสำคัญทางสมุทรศาสตร์เคมี คือ ฟอสฟอรัส (Phosphorous) อนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic nitrogen) และซิลิคอน (Silicon) ซึ่งอันที่จริงแล้วธาตุหลัก (major elements) และธาตุปริมาณน้อย (trace elements) บางตัว ก็ถือว่าเป็นธาตุอาหารด้วยเช่นกัน เช่น มีการศึกษาพบว่าเหล็ก (Iron) บทบาทที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทะเล นอกจากนี้ธาตุอาหารบางกลุ่ม เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโคบอลต์ เป็นธาตุปริมาณน้อยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โยมีส่วนร่วมในการทำงานของเอนไซม์ในพืช (Hansen and Koroleff, 1999) ซึ่งการวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำทะเลประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์แอมโมเนีย

แอมโมเนียที่อยู่ในแหล่งน้ำจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียม (NH_4^+) โดยปกติที่ $\text{pH} \leq 8.2$ สารประกอบแอมโมเนียส่วนใหญ่ มักจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) ดังนั้นในน้ำทะเลจึงมีแอมโมเนีย เป็นองค์ประกอบหลัก (Stumm and Morgan, 1981) ในทะเลเปิดที่มีออกซิเจนสูง และไม่มีการปนเปื้อนของมลพิษ จะมีปริมาณแอมโมเนียมค่อนข้างต่ำ โดยจะมีค่าไม่เกิน $5 \mu\text{mol/L}$ ในขณะที่บริเวณใกล้ชายฝั่งที่มีการปนเปื้อนโดยมลพิษ และบริเวณทะเลลึก ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนของน้ำ จะเป็นบริเวณที่มีแอมโมเนียมสูง เช่น ในทะเลดำ (Black sea) ความเข้มข้นของแอมโมเนียมอาจจะสูงถึง $100 \mu\text{mol/L}$ นอกจากนี้จะพบว่าภายหลังการเกิด การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช และทำให้ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตถูกใช้หมดไป จะพบแอมโมเนียมที่บริเวณผิวน้ำน้ำทะเลในปริมาณสูง ซึ่งแพลงก์ตอนพืชมักจะดึงเอาแอมโมเนียมนี้ไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน (Hansen and Koroleff, 1999) นอกจากนี้พืชในทะเลสามารถใช้ไนเตรทในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างโปรตีน โดยการเปลี่ยนไนเตรทให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียก่อน ดังสมการ (1) และ (2)



สารประกอบแอมโมเนียในทะเล มีแหล่งที่มาจากซากเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตในทะเลที่ตาย รวมทั้งของเสียที่ปล่อยทิ้งมาจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และของเสียที่ถูกขับถ่ายมาจากสิ่งมีชีวิตในทะเล ซึ่งจะถูแบคทีเรียย่อยสลายให้เป็น NH_3 ดังสมการ ที่ (3) นอกจากนี้แอมโมเนียยังถูกปล่อยเป็นของเสียมาจากสัตว์โดยตรงพร้อมกับยูเรีย (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)



ถ้าแหล่งน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนียไม่สูงมากนัก พีชก็จะนำเอาแอมโมเนียไปใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างโปรตีน แต่ถ้าปริมาณแอมโมเนียในแหล่งน้ำสูง จะเกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลซึ่งรูปที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ คือ NH_3 เท่านั้น (Hansen and Koroleff, 1999) นอกจากนี้การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนที่มีปริมาณสูง จะส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง เนื่องจากแบคทีเรียใช้ออกซิเจนไปในการย่อยสลายมาก ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตได้หลังจากนั้นแอมโมเนียจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายต่อไปเป็นไนไตรท์ (NO_2) และไนเตรท (NO_3) ตามลำดับ

การวิเคราะห์แอมโมเนีย เป็นการวิเคราะห์ในรูปของผลรวมระหว่างแอมโมเนียและแอมโมเนียม ซึ่งในน้ำทะเลส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ NH_4^+ ซึ่งแอมโมเนียมที่อยู่ในน้ำทะเลจะมีความแปรผันและเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับพีเอชและอุณหภูมิของน้ำทะเล

การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย(NH_3)

เครื่องมือ

1. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 630 nm

สารเคมี

1. สารละลายผสมของ Phenol Solution: ชั่ง Phenol 20 g ละลายใน Ethanol 75 ml รับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 150 ml
2. สารละลาย Sodium Nitroprusside Dihydrate: ชั่งสาร Sodium Nitroprusside Dihydrate 0.15 g ละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 ml

3. ผสมสารละลายทั้งสอง (สารละลายที่1และ2) เข้าด้วยกัน เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชา

4. Hypochlorite Solution:

เตรียมสารละลาย NaOH 0.8 M โดยละลาย NaOH 16 g ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ml

สารละลาย Dichloroisocyanuric acid Sodium salt Dihydrate: ชั่งสาร 0.5 g ด้วยสารละลาย NaOH 0.8 M และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ml (ควรเตรียมก่อนการวิเคราะห์)

Note: หรือใช้ Commercial Hypochlorite (Chlorox) ความเข้มข้น 1.5 N แทนสารละลาย Dichloroisocyanuric acid Sodium salt Dihydrate

5. สารละลาย Trisodium citrate: ชั่งสาร 240 g ละลายในน้ำกลั่น 400 ml เติม NaOH 0.8 M ปริมาตร 10 ml จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 ml Sulfuric acid solution

วิธีวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่าง 25 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายผสมของ Phenol Solution 1 ml เขย่าให้เข้ากัน
2. เติม Trisodium citrate solution 0.5 ml เขย่า
3. เติม Hypochlorite Solution 1 ml เขย่า
4. เตรียม Blank โดยใช้ น้ำกลั่น 25 ml แล้วเติมสารละลายตามข้อ 2 และ 3 เก็บตัวอย่างไว้ในที่มืดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 30 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาวัดค่าจากดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 nm

การเตรียมสารละลายมาตรฐานวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย (NH_3)

Stock : NH_4Cl 0.0535 g + 100 ml of Distilled water

Conc. = 10 μg NH_3 - N/ml

(เติม 1 หยดของ Chloroform ใส่ขวดแก้วแล้วเก็บใส่ในตู้เย็น)

A : 1 ml of stock solution + 100 ml of Distilled water

Conc. = 100 μg atom NH_3 - N/L

1 ml = 0.1 μg atom NH_3 - N

- | | | | | |
|----|------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| 1. | 0.5 μg atom | = 0.5 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 2. | 1.0 μg atom | = 1 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 3. | 2.0 μg atom | = 2 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 4. | 4.0 μg atom | = 4 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 5. | 6.0 μg atom | = 6 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 6. | 8.0 μg atom | = 8 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |
| 7. | 10 μg atom | = 10 ml. of <u>A</u> | → | 100 ml of Distilled water |

2. การวิเคราะห์ไนโตรเจนในน้ำทะเล

ไนไตรท์ (NO_2) เป็นสารที่เป็นตัวกลาง (intermediate) ในวัฏจักรของไนโตรเจนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรท (Ammonia-Nitrite-Nitrate) ในบริเวณที่มีออกซิเจนต่ำจะเกิดกระบวนการ denitrification ซึ่งทำให้ไนเตรทถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นไนไตรท์ได้ จึงทำให้แหล่งน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ มักจะมีปริมาณไนไตรท์สูง นอกจากนั้นในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ และมีไนเตรทและฟอสเฟตมากเกินไป แพลงก์ตอนพืชอาจจะปลดปล่อยไนไตรท์ลงสู่แหล่งน้ำได้ โดยปกติแล้วในทะเลเปิดจะมีปริมาณไนไตรท์ต่ำมาก ($<0.1 \mu\text{mol/L}$) แต่ในบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นที่มีออกซิเจนและชั้นที่ไม่มีออกซิเจน (transition zone) มักจะเกิดชั้นไนไตรท์ ที่อาจจะมีค่าความเข้มข้นสูงได้ถึง $2 \mu\text{mol/L}$ อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบปริมาณไนไตรท์สูงมากในทะเลบอลติก คือ $> 3 \mu\text{mol}$ ทั้ง ๆ ที่มีปริมาณออกซิเจนอิ่มตัวถึง 82% และอุณหภูมิ 4.2°C และปริมาณไนไตรท์มีค่าคงตัวอยู่ยาวนานถึง 7 วัน (Hansen and Koroloff, 1999) ไนไตรท์เป็นสารที่ไม่อยู่ตัว (unstable) ควรทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท (NO₂)

เครื่องมือ

1. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 543 nm

สารเคมี

1. สารละลาย Sulfanilamide: ละลาย Sulfanilamide 5 g ในกรด HCl (ที่ผสมน้ำในอัตราส่วน กรด HCl เข้มข้น 50 ml ต่อน้ำกลั่น 300 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ใช้งานหลายเดือน
2. N - (1 Naphthyl) - ethylenediamine dihydrochloride solution: ละลาย dihydrochloride 0.5 g ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บไว้ไม่ให้ถูกแสง จะเก็บไว้ใช้ได้ประมาณ 1 เดือน หรือจนกว่าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

วิธีวิเคราะห์

1. ตวงน้ำทะเล 15 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง
2. เติมสารละลาย Sulfanilamide so Lution และ N - (1-Naphthyl) - ethylenediamine dihydrochloride solution อย่างละ 0.3 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน
3. เตรียม Blank โดยใช้ น้ำกลั่น 30 ml เติม Sulfanilamide so Lution และ N - (1-Naphthyl) - ethylenediamine dihydrochloride solution อย่างละ 0.6 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงทำการวัดแต่ไม่ควรเกิน 1-2 ชั่วโมง
4. ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm

หมายเหตุ ปริมาตรน้ำตัวอย่าง และสารเคมีที่ใช้สารมาปรับตามแต่อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดตัวอย่างได้

3. การวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำทะเล

ไนเตรท (NO₃) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ในโตรเจนที่มีความสำคัญที่สุดในวัฏจักรไนโตรเจน โดยไนเตรทเป็นธาตุอาหารที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้กระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารและพลังงาน และส่งผ่านไปทางห่วงโซ่อาหาร ไนเตรทเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อผลผลิตขั้นต้นในแหล่งน้ำ ไนเตรทเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายของขบวนการออกซิเดชันของสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลอยู่ในรูปของไนโตรเจน (N₂) ไปจนถึงสารประกอบไนโตรเจนที่มีเลขออกซิเดชันตั้งแต่ -3 ถึง +5 ในท้องทะเลสารประกอบ

ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนโตรเจน (N_2) โดยมีมากกว่ารูปอื่น ๆ ถึง 22×10^{15} เท่า ตามด้วยรูปไนเตรท (NO_3^-) แอมโมเนีย ($NH_3-NH_4^+$) ไนไตรท์ (NO_2^-) และแก๊สไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งรูปแบบที่มีเลขออกซิเดชันแตกต่างกัน เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญ คือ กระบวนการย่อยสลาย และขึ้นอยู่กับค่า redox potential ของน้ำทะเล รวมทั้งพีเอชของน้ำทะเล (Hansen and Koroleff, 1999) ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแบบที่แพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้เป็นธาตุอาหารได้ง่ายที่สุด ถึงแม้ในน้ำทะเลจะมีสารประกอบไนโตรเจนในรูปของ N_2 มากที่สุด แต่แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจะมีแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า Nitrogen-fixing เช่น Cyanobacteria สามารถเปลี่ยนแปลงไนโตรเจน (N_2) ให้เป็นไนเตรท (NO_3^-) ได้ และไนเตรทที่อยู่ในน้ำทะเล ยังมีแหล่งที่มาที่สำคัญ คือ ซากสิ่งมีชีวิตที่ตายและของเสียที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งจะผ่านกระบวนการย่อยสลายด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่เรียกว่า nitrifying bacteria ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนเหล่านี้ให้เป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจน ในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรท ในบริเวณเขตตอนบนของชั้นน้ำ จะเป็นบริเวณที่แพลงก์ตอนพืชใช้ธาตุอาหารไปในการสังเคราะห์แสงและถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร และเมื่อสิ่งมีชีวิตตามก็จะกลายเป็นซากเน่าเปื่อย เศษอินทรีย์สาร และอนุภาคของอินทรีย์สารที่แขวนลอย ซึ่งจะค่อย ๆ จมลงสู่พื้นท้องทะเล ในขณะที่อนุภาคอินทรีย์สารเหล่านี้จมตัวลง มันจะค่อย ๆ ถูกย่อยสลาย และปลดปล่อยธาตุต่าง ๆ กลับลงสู่แหล่งน้ำ จึงทำให้ในที่ลึกมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ในขณะที่บริเวณผิวน้ำจะเป็นที่มีธาตุอาหารจำกัด อันเนื่องมาจากแพลงก์ตอนพืชนำธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ในขณะที่ที่ลึกมีแสงสว่างน้อยมาก แพลงก์ตอนพืชจึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้จึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารยังคงอุดมสมบูรณ์

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท (NO_3^-)

หลักการวิเคราะห์โดยอาศัย Amalgamated Cadmium (แคดเมียม-เมอร์คิวริกคลอไรด์) ในการเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ แล้วจึงใช้วิธีวิเคราะห์เดียวกันกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์ เครื่องมือ

1. Reduction column ที่บรรจุ Amalgamated cadmium
2. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 543 nm

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เข้มข้น : ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 125 g ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บสารละลายในขวดแก้วหรือพลาสติก
2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เจือจาง: นำสารละลาย แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เข้มข้นมา 50 ml เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 2,000 ml
3. สารละลาย Sulfanilamide: ละลาย Sulfanilamide 5 g ในกรดHCl(ที่ผสมน้ำในอัตราส่วน กรดHClเข้มข้น 50 ml ต่อน้ำกลั่น 300 ml) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 ml สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ได้นานหลายเดือน
4. N - (1-Naphthyl) - ethylenediarnine dihydrochloride solution: ละลาย dihydrochloride 0.5 g ในน้ำกลั่น 500 ml เก็บไว้ในที่มืดจะเก็บไว้ใช้ได้นานประมาณ 1 เดือน หรือจนกว่าสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียม Blank โดยใช้น้ำกลั่น 100 ml ซึ่งเติมแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 1 ml แล้วมาผ่าน Reduction column เทที่ 70 ml แรก แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำ 30 ml หลัง นำ blank ที่ผ่าน column แล้วมาเติม Sulfanilamide Solution และ N - (1-Naphthyl) - ethylenediarnine dihydrochloride solution อย่างละ 0.6 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน
2. ตวงน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว 50 ml ใส่ใน beaker แล้วเติมแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 1 ml ผสมให้เข้ากัน แล้วจึงเทน้ำตัวอย่างผ่าน Reduction column ที่เตรียมไว้รองรับน้ำตัวอย่างด้วยกระบอกตวง 50 ml เทที่ 30 ml แรก แล้วจึงเก็บตัวอย่างน้ำ 20 ml หลัง
3. ตวงน้ำตัวอย่างที่ผ่าน Reduction column แล้ว 15 ml ใส่หลอดทดลอง เติม Sulfanilamide Solution และ N - (1-Naphthyl) - ethylenediarnine dihydrochloride solution อย่างละ 0.3 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วจึงทำการวัดแต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง
4. ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm หมายเหตุ ปริมาตรน้ำตัวอย่าง และสารเคมีที่ใช้สามารถปรับตามแต่อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดตัวอย่างได้

การเตรียมแคดเมียมคอลลัมน์

การเตรียมแคดเมียมที่ใช้ในการจัดทำคอลลัมน์นั้นมีด้วยกัน 2 วิธีหลัก ๆ คือ การเตรียมแคดเมียมด้วยสารละลาย mercuric chloride และการเตรียมด้วยสารละลาย copper sulphate (CuSO_4) วิธีการแรกนั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้มากในอดีต ดังที่ปรากฏอยู่ในเอกสารต่าง ๆ เนื่องจากสาร mercuric chloride เป็นสารที่มีความเป็นพิษต้องทำงานด้วยความระมัดระวัง ในเอกสารระยะหลังๆ จึงนิยมใช้สารละลาย copper sulphate แทนแคดเมียมที่ใช้นั้นสามารถหาซื้อ แคดเมียมบริสุทธิ์ (reagent grade) เม็ดแคดเมียมที่ซื้อมาก่อนนำมาใช้ควรนำมาคัดขนาดเสียก่อน โดยใช้ตะแกรงร่อน ขนาดของแคดเมียมที่นำมาใช้จะมีขนาดประมาณ 3-5 มิลลิเมตร เมื่อได้แคดเมียมตามขนาดที่ต้องการแล้วจึงนำไปทำความสะอาดด้วยการล้างด้วยกรด HCl 6N แล้วล้างน้ำสะอาดจนแคดเมียมมีสีออกสีเทาอ่อน ๆ

การเตรียมแคดเมียมด้วยสารละลาย Mercuric Chloride

การเตรียมสารละลาย Mercuric Chloride โดยชั่งสาร Mercuric Chloride มา 1 กรัม แล้วละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร นำเม็ดแคดเมียมประมาณ 100 กรัม (สามารถเตรียมได้ 2 คอลลัมน์) แล้วรินสารละลาย Mercuric Chloride ลงไป 100 มิลลิลิตร แล้วทำการคนด้วยแท่งแก้วจนเม็ดแคดเมียมมีสีเป็นเทาออกดำ แล้วรินสารละลายทิ้งไป จากนั้นทำการล้างด้วยกรดไนตริก 1% (v/v) และ HCl 1% (v/v) หลายครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้งจนกรดหมดไป แล้วแช่เม็ดแคดเมียมไว้ในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์อ่อน ๆ (สารละลายที่ 2 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนเตรท) จนกว่าจะนำไปบรรจุในคอลลัมน์

ในการบรรจุคอลลัมน์นั้นก่อนการบรรจุ ใส่ glass wool ลงในส่วนก้นของคอลลัมน์แล้วเติมแอมโมเนียมเจือจางลงไป เพื่อที่เวลาใส่แคดเมียมลงไปจะได้ไม่เกิดฟองอากาศ และในกรณีที่ทำให้การบรรจุหลายคอลลัมน์พร้อมกัน ควรทยอยใส่เติมทุก ๆ คอลลัมน์พร้อมกันเพื่อให้แคดเมียมในทุกคอลลัมน์มีขนาดใกล้เคียงกันทั้งหมด จะทำให้ทุกคอลลัมน์มีประสิทธิภาพใกล้เคียงจะทำให้การทำงานนั้นง่ายขึ้น และจะต้องใช้ระดับของแคดเมียมอยู่ที่สารละลาย

ปรับอัตราการไหลของคอลลัมน์ให้อยู่ที่ปริมาณ 8 มิลลิลิตรต่อนาที

การเตรียมแคดเมียมด้วยสารละลาย Copper Sulphate

1. เตรียมสารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2% โดยชั่งสารมา 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
2. เตรียมสารละลาย $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$: ละลาย NH_4Cl 13 กรัมและ EDTA (disodium ethylenediamine tetraacetate) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ของสารละลายเป็น 8.5 โดยใช้ NH_4OH เข้มข้น แล้วปรับสารละลายเป็น 1 ลิตร
3. เตรียมสารละลาย $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ เจือจาง: นำสารละลายที่ 2 มา 300 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 500 มิลลิลิตร

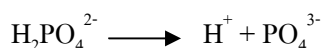
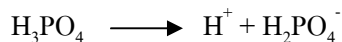
การล้างและเตรียมแคดเมียมทำเช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในวิธี mercuric chloridel แล้วนำแคดเมียมมาแช่ในสารละลาย Copper Sulphate 2% (แคดเมียม 25 กรัมใน 100 มิลลิลิตร) แล้วคนประมาณ 5 นาที จนสีน้ำเงินในสารละลายหายไป แล้วเทน้ำออก เปลี่ยนใส่สารละลาย Copper Sulphate ลงใหม่อีก ทำอย่างนี้ซ้ำจนเกิดตะกอนสีน้ำตาล แล้วจึงทำการเทน้ำและตะกอนที่เกิดขึ้นออกไป แล้วล้างแคดเมียมเบา ๆ ด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วจึงเติมสารละลายเจือจางของ $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ (สารละลายที่ 3) ให้ท่วมแคดเมียม ก่อนนำไปบรรจุคอลัมน์ โดยวิธีการเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

สำหรับในการวิเคราะห์ตัวอย่างนั้น การล้าง และการเก็บคอลัมน์หลังการใช้งานนั้น ให้ใช้สารละลาย $\text{NH}_4\text{Cl-EDTA}$ เจือจาง

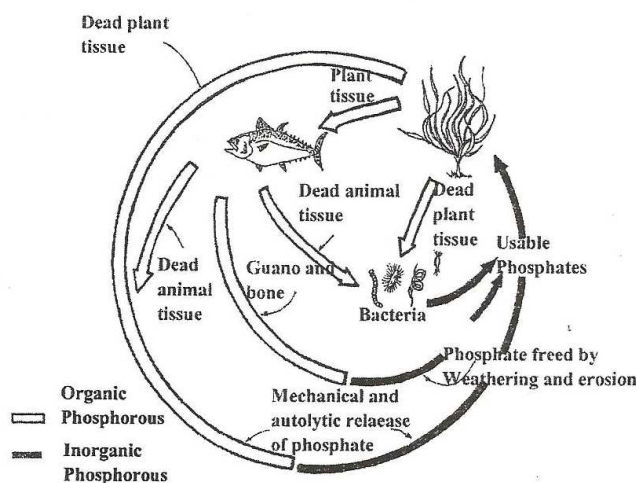
4. การวิเคราะห์ฟอสเฟตในน้ำทะเล

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อหุ้มเซลล์ และเป็นองค์ประกอบของ ATP ซึ่งเป็นแหล่งที่เก็บและสร้างพลังงาน รวมทั้งเป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA ที่พบในสิ่งมีชีวิตในทะเล (Pipkin, 2001) เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง ฟอสฟอรัสจะถูกย่อยสลาย โดยส่วนหนึ่งจะเกิดเป็นสารอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphates) และอีกส่วนหนึ่งจะลงไปสะสมที่พื้นท้องทะเล ฟอสฟอรัสอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาจากหินแร่ หรืออาจจะมาจากน้ำทิ้งที่มาจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ สารอนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphate) ซึ่งรูปแบบที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล คือ อนินทรีย์สารฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของสารละลาย (dissolved inorganic phosphate) ซึ่งมาจากน้ำทิ้งที่มาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น น้ำทิ้งจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และการทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งกลุ่มที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

คือ กลุ่มออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ซึ่งมาจากการแตกตัวของกรดฟอสฟอริก ดังสมการต่อไปนี้



ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของ PO_4^{3-} เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ เป็นธาตุอาหารสำหรับพืชและแพลงก์ตอนพืช ที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง และถ่ายทอดไปยังสัตว์ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ซึ่งออร์โธฟอสเฟตส่วนใหญ่มาจากของเสียและซากเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะถูกล่อยสลายโดยแบคทีเรีย นอกจากนั้นสารประกอบฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) มักจะพบเฉพาะบริเวณชายฝั่งที่มีการปนเปื้อนจากผงซักฟอก ซึ่งสารประกอบโพลีฟอสเฟตสามารถเปลี่ยนแปลงมาเป็นสารประกอบออร์โธฟอสเฟต (Hansen and Koroleff, 1999) บริเวณตอนบนของชั้นน้ำ จะพบสารประกอบฟอสฟอรัสในรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งเป็นสารที่มาจาก การย่อยสลายและของเสียที่ถูกปล่อยมาจากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ Phospholipids และ Phosphonucleotides เป็นต้น ในตะกอนก็จะพบสารประกอบฟอสฟอรัสในรูปของ Iron phosphate, Calcium phosphate และ Magnesium phosphate เป็นต้น (Stumm and Morgan, 1981) ในสภาวะที่ออกซิเจนต่ำ Fe^{3+} จะถูกรีดิวส์เป็น Fe^{2+} ซึ่งจะทำให้ฟอสเฟตถูกปลดปล่อยออกจากดินตะกอนที่พื้นท้องทะเล ทำให้น้ำที่บริเวณเหนือพื้นท้องทะเลมีปริมาณฟอสเฟตสูงขึ้น การแพร่กระจายของฟอสเฟตในน้ำทะเลพบว่าบริเวณผิวน้ำ (surface) มีค่าฟอสเฟตต่ำกว่าในที่ลึก คือ มีค่าประมาณ $0.05 \mu\text{M}$ ในขณะที่ลึกมีค่าอยู่ระหว่าง $1.0 - 3.0 \mu\text{M}$ บริเวณชายฝั่งทะเลมีค่าฟอสเฟตอยู่ระหว่าง $0.3-1.0 \mu\text{M}$ และบริเวณที่มักจะพบปริมาณฟอสเฟตสูงสุดคือ ปากแม่น้ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง $0.3-30 \mu\text{M}$ (Millero, 2005) ในวัฏจักรของสารประกอบฟอสฟอรัสในทะเล จะพบว่าฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำ จากการผุกร่อนของหิน จากนั้นจะเปลี่ยนแปลงเป็นสารอนินทรีย์ฟอสเฟต และถูกใช้โดยแพลงก์ตอนพืชรวมทั้งถ่ายทอดไปยังผู้บริโภค เมื่อสิ่งมีชีวิตในทะเลตาย ฟอสฟอรัสจะหมุนเวียนกลับมาด้วยอัตราเร็วกว่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถือว่าเป็นธาตุที่มีปริมาณจำกัด ในบริเวณจำกัดในบริเวณที่แสงส่องถึง ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณมากถึง 1 ใน 7 ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสส่วนหนึ่งจะสะสมอยู่ในดินตะกอนในรูปของ Guano และจะมีการหมุนเวียนกลับมาในน้ำทะเลด้วยกระบวนการผุกร่อน (erosion) (Pipkin *et al.*, 2001)



ภาพที่ 2 วัฏจักรของสารประกอบฟอสฟอรัสในทะเล

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต (PO_4^{3-})

เครื่องมือ

1. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 885 nm

สารเคมี

1. Potassium antimonyl – tartrate solution : ละลาย Potassium antimonyl - tartrate (tartar emetic) 0.34 g ด้วยน้ำกลั่น หากละลายยากอาจอุ่นสารละลายพร้อมกับคนเบา ๆ และปรับปริมาตรให้ครบ 250 ml เก็บสารละลายในขวดแก้วหรือพลาสติก สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือน
2. Ammonium molybdate solution: สารละลาย Ammonium molybdate 20 g ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml เก็บสารละลายในขวดแก้วหรือพลาสติก อย่าให้ถูกแสง สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือน
3. Sulfuric acid solution: ผสมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 140 ml ลงในน้ำกลั่น 900 ml ปล่อยให้สารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เก็บสารละลายในขวดแก้ว
4. Ascorbic acid solution: ละลาย Ascorbic acid 27 g ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 500 ml เก็บสารละลายในขวดพลาสติก และแช่แข็งเอาไว้ เมื่อจะใช้วิเคราะห์ควรปล่อยให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือน แต่หากเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องจะคงคุณภาพอยู่ได้ประมาณ 1 อาทิตย์

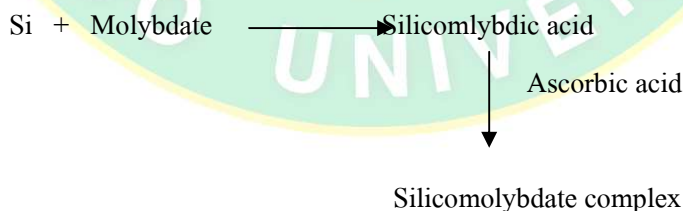
- Mixed reagent: ผสมสารละลายในข้อ 1,2,3,4 เข้าด้วยกัน ในอัตราส่วน 1:2:5:2 จะผสมมากขึ้นกับจำนวนตัวอย่างที่ทำการวัด
- น้ำทะเลเทียม:ละลาย NaCl 48 g, MgCl 10.2 g, Na₂SO₄ 8 g ในน้ำกลั่น 2 ลิตร

วิธีวิเคราะห์

- ตวงน้ำทะเล 15 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง
 - เติม Mixed reagent ลงไปหลอดละ 1.5 ml เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที จึงทำการวัดแต่ไม่ควรเกิน 3 ชั่วโมง
 - เตรียม Blank โดยใช้ น้ำทะเลเทียม 30 ml (สำหรับวัดตัวอย่างน้ำทะเล) แล้วเติม Mixed reagent 3 ml เขย่าให้เข้ากัน
 - ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 885 nm
- หมายเหตุ ปริมาตรน้ำตัวอย่าง และสารเคมีที่ใช้สามารถปรับตามแต่อุปกรณ์ และเครื่องมือวัดตัวอย่างได้

5.การวิเคราะห์ซิลิเกตในน้ำทะเล

การวิเคราะห์ซิลิเกตที่อยู่ในรูปของอนินทรีย์ซิลิเกตที่ละลายในน้ำทะเล ซิลิเกตที่อยู่ในสภาพกรด เข้าทำปฏิกิริยากับ โมลิบเดต (Molybdate) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเหลืองของกรดซิลิโก โมลิบดิก (Silicomolybdic acid) จากนั้นจะมีการเติมกรดออกซาลิก (Oxalic acid) เพื่อกำจัดอิทธิพลของฟอสเฟสที่มีต่อปฏิกิริยา และถูกรีดิวส์ด้วยกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินของซิลิโก โมลิบเดต (Silicomolybdate)



การวิเคราะห์หาปริมาณซิลิเกตในน้ำทะเล

เครื่องมือ

1. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 885 nm

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมเฮปตาโมลิบเดต [Ammonium eptamolybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)] ซึ่งแอมโมเนียมเฮปตาโมลิบเดต 12.67 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรดซัลฟูริก [Sulphuric acid (H_2SO_4)] 4.5 mol/L ดูดกรดซัลฟูริก 25 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร
3. สารละลายโมลิบเดต (Acid Molybdate) เทสารละลายแอมโมเนียมเฮปตาโมลิบเดต (ข้อ 1) ลงในสารละลายกรดซัลฟูริก (ข้อ 2) ผสมให้เข้ากันจะต้องเทสารละลายแอมโมเนียมเฮปตาโมลิบเดตลงในสารละลายกรดเท่านั้น (สารละลายนี้สามารถเก็บได้นานหลาย เดือน)
4. สารละลายกรดออกซาลิก [Oxalic acid ($(\text{COOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)] ซึ่งกรดออกซาลิกมา 10 กรัม แล้วละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (เก็บไว้ในขวดพลาสติก ได้เป็นเวลานานหลาย เดือน)
5. สารละลายกรดแอสคอร์บิก [Ascorbic acid ($\text{C}_6\text{H}_3\text{O}_6$)] ซึ่งกรดแอสคอร์บิก 2.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (เก็บไว้ในขวดสีชา ในตู้เย็น สามารถใช้งานได้ ถ้าสารละลายไม่มีสี) ควรเตรียม standard โดยใช้ น้ำทะเลเทียม เพราะ pH สูงจะทำให้ Si ละลายได้ดี
6. สารละลายมาตรฐานซิลิเกตเข้มข้น (Silicate stock standard solution) ซึ่งไดโซเดียม เฮกซาฟลูออไรซิลิเกต [di – Sodium hexafluorosilicate (Na_2SiF_6)] ที่อบแห้งที่ 105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใน Pt หรือ Ni crucible มา 0.9403 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในบีกเกอร์ พลาสติก แล้วใส่ลงใน volumetric flask ที่เป็นพลาสติกเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร เก็บสารละลายมาตรฐานไว้ในขวด พลาสติกได้อย่างน้อย 1 ปี สารละลายนี้ จะมีความเข้มข้นของซิลิเกตเท่ากับ 10 mmol/L
7. สารละลายมาตรฐานซิลิเกตเจือจาง (Silicate working standard solution) ดูดสารละลายมาตรฐานซิลิเกตจากข้อ 1 มา 2 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ จะมีความเข้มข้น คือ $\mu\text{mol/L}$

น้ำกลั่นที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไป เป็นน้ำกลั่นซึ่งมักมีการปนเปื้อนของซิลิเกต จากอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการกลั่น ดังนั้นน้ำกลั่นที่จะใช้ในการวิเคราะห์ซิลิเกต ควรจะ

นำมาผ่าน ion – exchange resin 3 ครั้ง คือ anion, cation และ mixed bed เพื่อให้ค่าซิลิเกต น้อยลง หรือใช้น้ำจากกลางมหาสมุทร ที่มีปริมาณซิลิเกตต่ำ (LNSW) และสารที่ใช้ ในการวิเคราะห์ซิลิเกต ต้องเก็บรักษาในขวดพลาสติกเช่นกัน

วิธีวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ซิลิเกตควรเก็บในขวดพลาสติก และเก็บในที่มืดเพื่อ หลีกเลี่ยงการสังเคราะห์แสง ตัวอย่างน้ำไม่ควรแช่แข็ง (freeze) เพราะจะเกิด polymerize ถ้านำไป แช่แข็ง จะต้องวางทิ้งไว้ให้ละลายอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานซิลิเกต ($\text{SiO}_3 - \text{Si}$ standard curve)

ดูดสารละลายมาตรฐานซิลิเกตเจือจางมา 1,2,4,6 และ 8 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร ครบ 50 มิลลิลิตร สารละลายแต่ละขวดจะมีความเข้มข้นดังต่อไปนี้

ปริมาณสารละลายมาตรฐานซิลิเกตเจือจาง (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น ($\mu\text{mol/L}$)
1
2
4
6
8

จากนั้นทดสอบสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นใส่ลงใน flask

2. การเตรียมตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์

ถ้าตัวอย่างน้ำขุ่น จะต้องทำการกรองด้วยกระดาษกรองแบบ Nucleopore membrane จากนั้น ใช้ volumetric pipette ดูดตัวอย่างน้ำแต่ละตัวอย่าง มา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน flask

3. การเตรียม reagent blank

ใช้ volumetric pipette ดูดน้ำกลั่นมา 50 มิลลิลิตร ใส่ลงใน flask

4. นำสารละลายมาตรฐาน ตัวอย่างน้ำ และ reagent blank ที่เตรียมไว้ในข้อ 1 มาเติม กรดโมลิบดีนัม ลงไป 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ 5 – 10 นาที

5. เติมกรดซาลิกกลงไป 2 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกันแล้วตามด้วยกรดแอสคอร์บิกลง
ไปทันที 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความ
ยาวคลื่น 885 นาโนเมตร

หมายเหตุ การเติมกรดซาลิกกลงไป เพื่อป้องกันไม่ให้ฟอตเฟสในตัวอย่งน้ำเข้าไปทำปฏิกิริยาคั่ว
ซึ่งจะต้องเติมกรดแอสคอร์บิกทันทีหลังจากการเติมกรดออกซาลิก

6. การวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ในน้ำทะเล

คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นรงควัตถุหลักที่พบมากที่สุดใ้ในพืช ในกระบวนการ
สังเคราะห์แสงแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายจะใช้คลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสง และนำแสงไปทำให้
เกิดปฏิกิริยาสร้างสารต่างๆ และพลังงาน คลอโรฟิลล์ในน้ำทะเลสามารถให้เป็นดัชนีบ่งบอก
ปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นตัวแทนของผลผลิตขั้นต้นในทะเล แหล่งน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืช
อุดมสมบูรณ์ สามารถหาความอุดมสมบูรณ์ได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำทะเล

หลักการ

นำตัวอย่างน้ำทะเลมากรองด้วยกระดาษกรอง เซลล์ของแพลงก์ตอนพืชจะติดอยู่
บนกระดาษกรอง และมีการเติมแมกนีเซียมคาร์บอเนตเพื่อป้องกันการสลายตัวของคลอโรฟิลล์
จากนั้นนำเอากระดาษกรองที่มีเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช ไปสกัดอะซิโตน (acetone) แล้วนำไปวัด
หาปริมาณของโคลโรฟิลล์ด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เนื่องจากคลอโรฟิลล์เป็นสารที่สลายตัวได้
ง่าย ในการหาปริมาณคลอโรฟิลล์จึงต้องหลีกเลี่ยงแสงและความร้อน

เครื่องมือ

1. เครื่อง Spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 750 nm

สารเคมี

1. อะซิโตน 90% (Acetone) ตวงอะซิโตน 90 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้
เข้ากัน
2. สารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต [Magnesium carbonate ($MgCO_3$)] ซึ่งแมกนีเซียม
คาร์บอเนตมา 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. การกรองตัวอย่างน้ำทะเล (filtration)

วางกระดาษกรอง GF/F เส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ลงบนที่วางแผ่นกรอง (filter holder) โดยใช้ wash bottle ฉีดน้ำกลั่นลงบนที่วางแผ่นกรองให้เปียกก่อน เพื่อที่กระดาษกรองจะได้แนบกับแผ่นกรอง

เติมแมกนีเซียมคาร์บอเนต ลงไปในตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการประกอบชุดกรอง แล้วเทตัวอย่างน้ำประมาณ 100 - 500 มิลลิลิตร (ขึ้นอยู่กับปริมาณคลอโรฟิลล์) ลงในขวดรับน้ำของชุดกรอง แล้วกรองตัวอย่างน้ำภายใต้แรงดันสุญญากาศ (vacuum) โดยใช้ความดันไม่เกิน 10 mmHg เพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแตก

หลังจากตัวอย่างน้ำผ่านการกรองจนหมดแล้วใช้ wash bottle ฉีดล้างกระดาษกรองที่มีแพลงก์ตอนพืช เปิดสุญญากาศอีกครั้ง เพื่อทำการกรองจนกระดาษกรองแห้ง



บทที่ 3 วิธีการวิจัย

อุปกรณ์ (ภาคสนามและห้องปฏิบัติการ)

1. เรือ
2. เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH meter)
3. เครื่องมือวัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO meter)
4. เครื่องมือวัดความเค็ม (Refecto salino meter)
5. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
6. หลอดหยด
7. บีกเกอร์
8. แท่งแก้ว
9. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

สารเคมี

1. การวิเคราะห์แอมโมเนีย
 - 1.1 De-ioized water
 - 1.2 Phenol Solution
 - 1.3 Sodium Nitroprusside Solution
 - 1.4 Alkaline Reagent
 - 1.5 Sodium Hypochloite Solution
 - 1.6 Oxidizing Solution
2. การวิเคราะห์ไนไตรท์
 - 2.1 Sulphanilamide solution
 - 2.2 N-(1-Naphthyl)-Ethylenediamine Dihydrochloride Solution
 - 2.3 Standard nitrite solution
 - 2.4 Nitrite Diuted Solution

3. การวิเคราะห์ไนไตรท์

3.1 Conc.Ammonium Chloride Solution

3.2 Dilute Ammonium Chloride Solution

3.3 Sulphanilamide solution

3.4 N-(1-Naphthyl)- Ethylenediamine Dihydrochloride Solution

วิธีการดำเนินงาน

- 1.1 เช็คุณภาพน้ำภาคสนาม โดยจะเช็คอุณหภูมิ, พีเอช, ความเค็ม, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ความเค็มและความขุ่นใส
- 1.2 แบ่งจุดที่จะสำรวจเป็น 3 จุด ในสถานที่การเลี้ยงประมาณ 2 ไร่ โดยจะสุ่มสำรวจประมาณ 3 สถานที่การเลี้ยงใน ต.กะแดะ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี
- 1.3 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, แอมโมเนีย, ไนไตรท์, ไนเตรท, ฟอสเฟต, ซิลิเกต



เวลาและสถานที่ทำการศึกษาวิจัย

1.สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ

บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวบ้านดอน ต.กะแดะ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

2.ระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย

เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีนาคม 2552
 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 เมษายน 2552
 เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 พฤษภาคม 2552

ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน (เดือน มีนาคม-พฤษภาคม 2552)

ขั้นตอนการปฏิบัติ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ส่งชื่อเรื่อง	↔				
2.ค้นคว้าข้อมูล	↔				
3.เขียนโครงร่าง	↔				
4.ส่งโครงร่าง	↔				
5.เตรียมวัสดุอุปกรณ์		↔			
6.ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา			↔	↔	↔
7.จำแนกและบันทึกผล			↔	↔	↔
8.สรุปผลและเขียนรายงาน			↔	↔	↔

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความโปร่งแสงของน้ำ

จากการทดลอง ความโปร่งแสงของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีความโปร่งแสงเท่ากับ 0.40 ± 0.002 0.70 ± 0.004 และ 0.69 ± 0.013 เมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1) ซึ่งค่าที่เหมาะสม คือ ควรมีการเปลี่ยนแปลงจากธรรมชาติไม่มากกว่า 10 %

ตารางที่ 1 ความโปร่งแสงของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ความโปร่งแสงของน้ำ (m)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	0.40 ± 0.000	0.70 ± 0.000	0.69 ± 0.023	0.000
เมษายน	0.40 ± 0.012	0.69 ± 0.012	0.69 ± 0.012	0.000
พฤษภาคม	0.40 ± 0.000	0.70 ± 0.000	0.70 ± 0.000	0.000
เฉลี่ยรวม	0.40 ± 0.002	0.70 ± 0.004	0.69 ± 0.013	0.000

อุณหภูมิของน้ำ

จากการทดลอง อุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 34.21 ± 0.072 38.64 ± 0.058 และ 38.46 ± 0.058 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2)) เนื่องจากการทดลองอยู่ในช่วงฤดูร้อนทำให้อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูง ซึ่งอาจจะมีผลทำให้หอยนางรมมีอัตราการตายสูง

ตารางที่ 2 อุณหภูมิของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	อุณหภูมิของน้ำ (°C)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	34.27 ± 0.058	38.63 ± 0.058	38.30 ± 0.000	0.000
เมษายน	34.20 ± 0.100	38.63 ± 0.058	38.63 ± 0.058	0.000
พฤษภาคม	34.17 ± 0.058	38.67 ± 0.058	38.43 ± 0.115	0.000
เฉลี่ยรวม	34.21 ± 0.072	38.64 ± 0.058	38.46 ± 0.058	0.000

ความเค็มของน้ำ

จากการทดลอง ความเค็มของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีความเค็มของน้ำเท่ากับ 19.67 ± 0.385 23.67 ± 0.911 และ 21.11 ± 0.030 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3) จากการทดลองทั้ง 3 เดือน พบว่าทุกสถานีมีความเค็มที่ไม่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยนางรม ความเค็มที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 25-33 ส่วนในพันส่วน

ตารางที่ 3 ความเค็มของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ความเค็มของน้ำ (ppt)			P-vale
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	19.33 ± 0.577	23.33 ± 0.577	20.00 ± 0.000	0.000
เมษายน	19.67 ± 0.577	24.00 ± 1.000	24.00 ± 1.000	0.001
พฤษภาคม	20.00 ± 0.000	23.67 ± 1.155	19.33 ± 0.577	0.001
เฉลี่ยรวม	19.67 ± 0.385	23.67 ± 0.911	21.11 ± 0.030	0.000

ความเป็นกรด-ด่าง

จากการทดลอง ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีความเป็นกรด-ด่างของน้ำเท่ากับ 7.58 ± 0.043 6.83 ± 0.039 และ 6.86 ± 0.030 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) และจากการผลการทดลองจะพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในเดือน มีนาคมมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยนางรมมากที่สุด คือ อยู่ในช่วง 7.0 – 8.5 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ตารางที่ 4 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	7.57 ± 0.050	6.82 ± 0.055	6.84 ± 0.068	0.000
เมษายน	7.57 ± 0.050	6.82 ± 0.055	6.85 ± 0.006	0.000
พฤษภาคม	7.59 ± 0.029	6.85 ± 0.006	6.88 ± 0.017	0.000
เฉลี่ยรวม	7.58 ± 0.043	6.83 ± 0.039	6.86 ± 0.030	0.000

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ

จากการทดลองปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 4.32 ± 0.059 6.87 ± 0.588 และ 7.56 ± 0.112 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 5) จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของทั้ง 3 เดือนถือว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยนางรม คือ มีค่าไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือเป็นค่ามาตรฐานของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยนางรม

ตารางที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	4.26 ± 0.036	6.45 ± 0.261	7.60 ± 0.036	0.000
เมษายน	4.30 ± 0.076	7.10 ± 0.799	7.62 ± 0.231	0.000
พฤษภาคม	4.41 ± 0.066	7.05 ± 0.699	7.46 ± 0.070	0.000
เฉลี่ยรวม	4.32 ± 0.059	6.87 ± 0.588	7.56 ± 0.112	0.000

ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ

จากการทดลองปริมาณไนโตรเจนในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำเท่ากับ 0.16 ± 0.011 0.09 ± 0.005 และ 0.09 ± 0.005 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ ($\mu\text{g-atN/l}$)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	0.16 ± 0.012	0.06 ± 0.006	0.06 ± 0.007	0.000
เมษายน	0.16 ± 0.011	0.06 ± 0.006	0.06 ± 0.001	0.000
พฤษภาคม	0.16 ± 0.010	0.06 ± 0.003	0.06 ± 0.002	0.000
เฉลี่ยรวม	0.16 ± 0.011	0.09 ± 0.005	0.06 ± 0.003	0.000

ปริมาณไนเตรทในน้ำ

จากการทดลองปริมาณไนเตรทในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณไนเตรทในน้ำเท่ากับ 7.15 ± 1.751 2.69 ± 1.799 และ $3.98 \pm 1.101 \mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 7) แต่เมื่อสังเกตจากในแต่ละเดือนของเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม พบว่า ทั้ง 3 สถานี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณไนเตรทในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณไนเตรทในน้ำ ($\mu\text{g-atN/l}$)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	7.81 ± 0.018	1.47 ± 0.107	4.50 ± 0.218	0.000
เมษายน	6.81 ± 2.629	3.30 ± 2.640	3.30 ± 2.640	0.248
พฤษภาคม	6.82 ± 2.607	3.30 ± 2.650	4.13 ± 0.444	0.195
เฉลี่ยรวม	7.15 ± 1.751	2.69 ± 1.799	3.98 ± 1.101	0.000

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ

จากการทดลองปริมาณแอมโมเนียในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเท่ากับ 6.60 ± 0.424 3.05 ± 2.318 และ 2.09 ± 1.164 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 8) จากการทดลองพบว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำบริเวณสถานีที่ 1 มีค่าสูงมากอาจเนื่องมาจากอยู่ใกล้บริเวณชายฝั่งทำให้มีการปนเปื้อนโดยมลพิษ และบริเวณทะเลลึก ซึ่งไม่มีการหมุนเวียนของน้ำ จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลได้ ปริมาณแอมโมเนียที่เหมาะสมไม่ควรเกิน $5 \mu\text{g-atN/l}$

ตารางที่ 8 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ($\mu\text{g-atN/l}$)			P-vale
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	6.49 ± 0.477	2.38 ± 1.210	1.29 ± 0.378	0.000
เมษายน	6.82 ± 0.316	3.38 ± 2.878	3.38 ± 2.878	0.201
พฤษภาคม	6.49 ± 0.479	3.38 ± 2.866	1.60 ± 0.236	0.032
เฉลี่ยรวม	6.60 ± 0.424	3.05 ± 2.318	2.09 ± 1.164	0.000

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ

จากการทดลองปริมาณฟอสเฟตในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณฟอสเฟตในน้ำเท่ากับ 1.86 ± 0.257 0.33 ± 0.010 และ 0.30 ± 0.038 $\mu\text{g-atP/l}$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณฟอสเฟตในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ($\mu\text{g-atP/l}$)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	1.65 ± 0.398	0.33 ± 0.006	0.30 ± 0.078	0.426
เมษายน	1.98 ± 0.180	0.33 ± 0.007	0.33 ± 0.004	0.000
พฤษภาคม	1.96 ± 0.192	0.34 ± 0.016	0.26 ± 0.034	0.000
เฉลี่ยรวม	1.86 ± 0.257	0.33 ± 0.010	0.30 ± 0.038	0.397

ปริมาณซิลิกตในน้ำ

จากการทดลองปริมาณซิลิกตในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือนมีปริมาณซิลิกตในน้ำเท่ากับ 188.64 ± 0.959 92.74 ± 2.901 และ 99.46 ± 3.398 $\mu\text{g-atSi/l}$ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณซิลิกตในน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน

เดือน	ปริมาณซิลิกตในน้ำ ($\mu\text{g-atSi/l}$)			P-value
	St.1	St.2	St.3	
มีนาคม	188.83 ± 0.575	91.19 ± 0.820	101.75 ± 2.020	0.000
เมษายน	188.51 ± 1.167	93.52 ± 3.959	93.52 ± 3.959	0.000
พฤษภาคม	188.58 ± 1.135	93.50 ± 3.925	103.12 ± 4.216	0.000
เฉลี่ยรวม	188.64 ± 0.959	92.74 ± 2.901	99.46 ± 3.398	0.000

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยได้กำหนดจุดวัดคุณภาพในบริเวณที่เลี้ยงหอยแมลงภู่ 3 จุด และได้ทำการทดลองในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม

จากการทดลอง พบว่าในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการทดลอง ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ทั้ง 3 สถานี คือ สถานีที่ 1 สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 พบว่า ทั้ง 3 เดือน ความโปร่งแสงเท่ากับ 0.40 ± 0.002 0.70 ± 0.004 และ 0.69 ± 0.013 เมตร ตามลำดับ อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 34.21 ± 0.072 38.64 ± 0.058 และ 38.46 ± 0.058 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความเค็มของน้ำเท่ากับ เท่ากับ 19.67 ± 0.385 23.67 ± 0.911 และ 21.11 ± 0.030 ส่วนในพันส่วน ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเท่ากับ 7.58 ± 0.043 6.83 ± 0.039 และ 6.86 ± 0.030 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเท่ากับ 0.16 ± 0.011 0.09 ± 0.005 และ 0.09 ± 0.005 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทในน้ำเท่ากับ 7.15 ± 1.751 2.69 ± 1.799 และ 3.98 ± 1.101 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเท่ากับ 6.60 ± 0.424 3.05 ± 2.318 และ 2.09 ± 1.164 $\mu\text{g-atN/l}$ ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟสในน้ำเท่ากับ 1.86 ± 0.257 0.33 ± 0.010 และ 0.30 ± 0.038 $\mu\text{g-atP/l}$ ตามลำดับ ปริมาณซิลิเกตในน้ำเท่ากับ 188.64 ± 0.959 92.74 ± 2.901 และ 99.46 ± 3.398 $\mu\text{g-atSi/l}$ ตามลำดับ

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ไม่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงหอยนางรม เนื่องจากมีอัตราการตายของหอยนางรมสูง อาจจะเนื่องมาจากการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลที่มาจากชายฝั่งค่อนข้างมากทำให้มีปริมาณแอมโมเนียที่สูง ซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำบริเวณนั้นมีความเป็นพิษมาก หรืออาจเป็นเพราะทำการทดลองในช่วงฤดูร้อน ทำให้น้ำทะเลมีค่าสูงจึงทำให้หอยนางรมมีการกรองอาหารซ้ำจึงมีอัตราการตายของหอยนางรมสูง

ตารางที่ 11 สรุปคุณภาพน้ำเฉลี่ยในการเลี้ยงหอยนางรม บริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม

คุณภาพน้ำ	สถานีที่ทำการทดลอง			P-value
	สถานี 1	สถานี 2	สถานี 3	
ความโปร่งแสงของน้ำ (m)	0.40±0.002	0.70±0.004	0.69±0.013	0.000
อุณหภูมิของน้ำ (°C)	34.21±0.072	38.64±0.058	38.46±0.058	0.000
ความเค็มของน้ำ (ppt)	19.67±0.385	23.67±0.911	21.11±0.030	0.000
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	7.58±0.043	6.83±0.039	6.86±0.030	0.000
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)	4.32±0.059	6.87±0.588	7.56±0.112	0.000
ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ (µg-atN/l)	0.16±0.011	0.09±0.005	0.06±0.003	0.000
ปริมาณไนเตรทในน้ำ (µg-atN/l)	7.15±1.751	2.69±1.799	3.98±1.101	0.000
ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (µg-atN/l)	6.60±0.424	3.05±2.318	2.09±1.164	0.000
ปริมาณฟอสเฟตในน้ำ (µg-atP/l)	1.86±0.257	0.33±0.010	0.30±0.038	0.397
ปริมาณซิลิเกตในน้ำ (µg-atSi/l)	188.64±0.959	92.74±2.901	99.46±3.398	0.000



ภาคผนวก



ภาคผนวก (ก)

ตารางผนวกที่ 1 คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนมีนาคม

St.	โปร่ง แสง (m)	อุณหภูมิ (°C)	ความ เค็ม (ppt)	pH	DO (mg/l)	NO ₂ (µg-atN/l)	NO ₃ (µg- atN/l)	NH ₃ (µg-atN/l)	PO ₄ (µg-atSi/l)	Si (µg-atSi/l)
T ₁ R ₁	0.40	34.20	19.00	7.52	4.29	0.16	7.79	6.98	1.19	189.07
T ₁ R ₂	0.40	34.30	19.00	7.62	4.22	0.18	7.81	6.46	1.90	189.23
T ₁ R ₃	0.40	34.30	20.00	7.57	4.27	0.16	7.83	6.03	1.85	188.17
ค่าเฉลี่ย	0.40	34.27	19.33	7.57	4.26	0.16	7.81	6.49	1.65	188.83
Stan deviation	0.000	0.058	0.577	0.050	0.036	0.012	0.018	0.477	0.398	0.575
T ₁ R ₁	0.70	38.60	24.00	6.86	6.75	0.07	1.53	2.25	0.34	92.09
T ₁ R ₂	0.70	38.70	23.00	6.85	6.26	0.06	1.54	3.66	0.33	91.00
T ₁ R ₃	0.70	38.60	23.00	6.76	6.35	0.07	1.35	1.25	0.34	90.48
ค่าเฉลี่ย	0.70	38.63	23.33	6.82	6.45	0.06	1.47	2.38	0.33	91.19
Stan deviation	0.000	0.058	0.577	0.055	0.261	0.006	0.107	1.210	0.006	0.820
T ₁ R ₁	0.70	38.30	20.00	6.86	7.56	0.07	4.25	1.40	0.30	101.23
T ₁ R ₂	0.70	38.30	20.00	6.89	7.61	0.06	4.66	0.86	0.23	100.05
T ₁ R ₃	0.66	38.30	20.00	6.76	7.63	0.05	4.60	1.59	0.38	103.98
ค่าเฉลี่ย	0.69	38.30	20.00	6.84	7.60	0.06	4.50	1.29	0.30	101.75
Stan deviation	0.023	0.000	0.000	0.068	0.036	0.007	0.218	0.378	0.078	2.020

ตารางผนวกที่ 2 คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนเมษายน

St.	โปร่งแสง (m)	อุณหภูมิ (°C)	ความเค็ม (ppt)	pH	DO (mg/l)	NO ₂ (µg-atN/l)	NO ₃ (µg-atN/l)	NH ₃ (µg-atN/l)	PO ₄ (µg-atSi/l)	Si (µg-atSi/l)
T ₁ R ₁	0.40	34.20	20.00	7.52	4.22	0.15	8.79	6.98	2.19	189.08
T ₁ R ₂	0.41	34.30	19.00	7.62	4.32	0.17	7.81	6.46	1.89	189.28
T ₁ R ₃	0.40	34.10	20.00	7.57	4.37	0.16	3.83	7.03	1.86	187.17
ค่าเฉลี่ย	0.40	34.20	19.67	7.57	4.30	0.16	6.81	6.82	1.98	188.51
Stan deviation	0.006	0.100	0.577	0.050	0.076	0.011	2.629	0.316	0.180	1.167
T ₁ R ₁	0.70	38.60	24.00	6.86	7.75	0.06	1.91	2.25	0.34	92.09
T ₁ R ₂	0.68	38.70	23.00	6.85	6.21	0.05	1.64	6.66	0.32	98.00
T ₁ R ₃	0.70	38.60	25.00	6.76	7.35	0.07	6.34	1.25	0.33	90.48
ค่าเฉลี่ย	0.69	38.63	24.00	6.82	7.10	0.06	3.30	3.38	0.33	93.52
Stan deviation	0.012	0.058	1.000	0.055	0.799	0.006	2.640	2.878	0.007	3.959
T ₁ R ₁	0.70	38.60	24.00	6.86	7.75	0.06	1.91	2.25	0.34	92.09
T ₁ R ₂	0.68	38.70	23.00	6.85	7.75	0.06	1.64	6.66	0.34	98.00
T ₁ R ₃	0.70	38.60	25.00	6.85	7.35	0.07	6.34	1.25	0.33	90.48
ค่าเฉลี่ย	0.69	38.63	24.00	6.85	7.62	0.06	3.30	3.38	0.33	93.52
Stan deviation	0.012	0.058	1.000	0.006	0.231	0.001	2.640	2.878	0.004	3.959

ตารางผนวกที่ 3 คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานีในเดือนพฤษภาคม

St.	โปร่ง แสง (m)	อุณหภูมิ (°C)	ความ เค็ม (ppt)	pH	DO (mg/l)	NO ₂ (µg-atN/l)	NO ₃ (µg-atN/l)	NH ₃ (µg-atN/l)	PO ₄ (µg-atSi/l)	Si (µg-atSi/l)
T ₁ R ₁	0.40	34.20	20.00	7.57	4.42	0.16	8.80	6.99	2.18	189.18
T ₁ R ₂	0.40	34.20	20.00	7.62	4.34	0.17	7.81	6.46	1.84	189.29
T ₁ R ₃	0.40	34.10	20.00	7.57	4.47	0.16	3.87	6.03	1.86	187.27
ค่าเฉลี่ย	0.40	34.17	20.00	7.59	4.41	0.16	6.82	6.49	1.96	188.58
Stan deviation	0.000	0.058	0.000	0.029	0.066	0.010	2.607	0.479	0.192	1.135
T ₁ R ₁	0.70	38.60	23.00	6.86	7.45	0.06	1.91	2.25	0.36	92.08
T ₁ R ₂	0.70	38.70	23.00	6.85	6.24	0.06	1.65	6.64	0.33	97.94
T ₁ R ₃	0.70	38.70	25.00	6.85	7.45	0.07	6.36	1.25	0.34	90.48
ค่าเฉลี่ย	0.70	38.67	23.67	6.85	7.05	0.06	3.30	3.38	0.34	93.50
Stan deviation	0.000	0.058	1.155	0.006	0.699	0.003	2.650	2.866	0.016	3.925
T ₁ R ₁	0.70	38.30	19.00	6.86	7.54	0.06	4.26	1.40	0.30	100.72
T ₁ R ₂	0.69	38.50	20.00	6.89	7.41	0.06	3.64	1.86	0.23	100.64
T ₁ R ₃	0.70	38.50	19.00	6.89	7.43	0.06	4.50	1.54	0.26	107.98
ค่าเฉลี่ย	0.70	38.43	19.33	6.88	7.46	0.06	4.13	1.60	0.26	103.12
Stan deviation	0.006	0.115	0.577	0.017	0.070	0.002	0.444	0.236	0.034	4.216

ตารางผนวกที่ 4 ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนมีนาคม

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
โปร่ง แสง	1	3	.4000	.00000	.00000	.4000	.4000	.40	.40
	2	3	.7000	.00000	.00000	.7000	.7000	.70	.70
	3	3	.6867	.02309	.01333	.6293	.7440	.66	.70
	Total	9	.5956	.14723	.04908	.4824	.7087	.40	.70
อุณหภูมิ	1	3	34.2667	.05774	.03333	34.1232	34.4101	34.20	34.30
	2	3	38.6333	.05774	.03333	38.4899	38.7768	38.60	38.70
	3	3	38.3000	.00000	.00000	38.3000	38.3000	38.30	38.30
	Total	9	37.0667	2.10535	.70178	35.4484	38.6850	34.20	38.70
ความเค็ม	1	3	19.3333	.57735	.33333	17.8991	20.7676	19.00	20.00
	2	3	23.3333	.57735	.33333	21.8991	24.7676	23.00	24.00
	3	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
	Total	9	20.8889	1.90029	.63343	19.4282	22.3496	19.00	24.00
pH	1	3	7.5700	.05000	.02887	7.4458	7.6942	7.52	7.62
	2	3	6.8233	.05508	.03180	6.6865	6.9601	6.76	6.86
	3	3	6.8367	.06807	.03930	6.6676	7.0058	6.76	6.89
	Total	9	7.0767	.37346	.12449	6.7896	7.3637	6.76	7.62
DO	1	3	4.2600	.03606	.02082	4.1704	4.3496	4.22	4.29
	2	3	6.4533	.26083	.15059	5.8054	7.1013	6.26	6.75
	3	3	7.6000	.03606	.02082	7.5104	7.6896	7.56	7.63
	Total	9	6.1044	1.47574	.49191	4.9701	7.2388	4.22	7.63
NO ₂	1	3	.1667	.01155	.00667	.1380	.1954	.16	.18
	2	3	.0667	.00577	.00333	.0523	.0810	.06	.07
	3	3	.0600	.01000	.00577	.0352	.0848	.05	.07
	Total	9	.0978	.05239	.01746	.0575	.1380	.05	.18
NO ₃	1	3	7.8100	.02000	.01155	7.7603	7.8597	7.79	7.83
	2	3	1.4733	.10693	.06173	1.2077	1.7390	1.35	1.54
	3	3	4.5033	.22143	.12785	3.9533	5.0534	4.25	4.66
	Total	9	4.5956	2.74750	.91583	2.4836	6.7075	1.35	7.83
NH ₃	1	3	6.4900	.47571	.27465	5.3083	7.6717	6.03	6.98

	2	3	2.3867	1.21080	.69905	-.6211	5.3945	1.25	3.66
	3	3	1.2833	.37873	.21866	.3425	2.2241	.86	1.59
	Total	9	3.3867	2.47072	.82357	1.4875	5.2858	.86	6.98
PO ₄	1	3	1.6467	.39627	.22879	.6623	2.6311	1.19	1.90
	2	3	.3367	.00577	.00333	.3223	.3510	.33	.34
	3	3	119.5100	206.53840	119.2450 0	-393.5598	632.5798	.23	358.00
	Total	9	40.4978	119.06527	39.68842	-51.0239	132.0194	.23	358.00
SI	1	3	188.8233	.57143	.32992	187.4038	190.2428	188.17	189.23
	2	3	91.1900	.82164	.47438	89.1489	93.2311	90.48	92.09
	3	3	101.7533	2.01659	1.16428	96.7438	106.7628	100.05	103.98
	Total	9	127.2556	46.41548	15.47183	91.5775	162.9337	90.48	189.23



ตารางผนวกที่ 5 ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนมีนาคม

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
โปร่งแสง	Between Groups	.172	2	.086	484.750	.000
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.173	8			
อุณหภูมิ	Between Groups	35.447	2	17.723	7975.500	.000
	Within Groups	.013	6	.002		
	Total	35.460	8			
ความเค็ม	Between Groups	27.556	2	13.778	62.000	.000
	Within Groups	1.333	6	.222		
	Total	28.889	8			
pH	Between Groups	1.095	2	.548	161.626	.000
	Within Groups	.020	6	.003		
	Total	1.116	8			
DO	Between Groups	17.281	2	8.641	366.990	.000
	Within Groups	.141	6	.024		
	Total	17.422	8			
NO ₂	Between Groups	.021	2	.011	120.500	.000
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.022	8			
NO ₃	Between Groups	60.268	2	30.134	1485.254	.000
	Within Groups	.122	6	.020		
	Total	60.390	8			
NH ₃	Between Groups	45.164	2	22.582	36.903	.000
	Within Groups	3.672	6	.612		
	Total	48.836	8			

PO ₄	Between Groups	28095.765	2	14047.882	.988	.426
	Within Groups	85316.537	6	14219.423		
	Total	113412.302	8			
SI	Between Groups	17225.037	2	8612.518	5097.908	.000
	Within Groups	10.137	6	1.689		
	Total	17235.173	8			



ตารางผนวกที่ 6 ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนเมษายน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
โปร่งแสง	1	3	.4033	.00577	.00333	.3890	.4177	.40	.41
	2	3	.6933	.01155	.00667	.6646	.7220	.68	.70
	3	3	.6933	.01155	.00667	.6646	.7220	.68	.70
	Total	9	.5967	.14526	.04842	.4850	.7083	.40	.70
อุณหภูมิ	1	3	34.2000	.10000	.05774	33.9516	34.4484	34.10	34.30
	2	3	38.6333	.05774	.03333	38.4899	38.7768	38.60	38.70
	3	3	38.6333	.05774	.03333	38.4899	38.7768	38.60	38.70
	Total	9	37.1556	2.21761	.73920	35.4510	38.8602	34.10	38.70
ความเค็ม	1	3	19.6667	.57735	.33333	18.2324	21.1009	19.00	20.00
	2	3	24.0000	1.00000	.57735	21.5159	26.4841	23.00	25.00
	3	3	24.0000	1.00000	.57735	21.5159	26.4841	23.00	25.00
	Total	9	22.5556	2.29734	.76578	20.7897	24.3214	19.00	25.00
pH	1	3	7.5700	.05000	.02887	7.4458	7.6942	7.52	7.62
	2	3	6.8233	.05508	.03180	6.6865	6.9601	6.76	6.86
	3	3	6.8533	.00577	.00333	6.8390	6.8677	6.85	6.86
	Total	9	7.0822	.36796	.12265	6.7994	7.3651	6.76	7.62
DO	1	3	4.3033	.07638	.04410	4.1136	4.4931	4.22	4.37
	2	3	7.1033	.79908	.46135	5.1183	9.0884	6.21	7.75
	3	3	7.6167	.23094	.13333	7.0430	8.1904	7.35	7.75
	Total	9	6.3411	1.59989	.53330	5.1113	7.5709	4.22	7.75
NO ₂	1	3	.1600	.01000	.00577	.1352	.1848	.15	.17
	2	3	.0600	.01000	.00577	.0352	.0848	.05	.07
	3	3	.0633	.00577	.00333	.0490	.0777	.06	.07
	Total	9	.0944	.04978	.01659	.0562	.1327	.05	.17
NO ₃	1	3	6.8100	2.62686	1.51662	.2845	13.3355	3.83	8.79
	2	3	3.2967	2.63906	1.52366	-3.2591	9.8525	1.64	6.34
	3	3	3.2967	2.63906	1.52366	-3.2591	9.8525	1.64	6.34
	Total	9	4.4678	2.87981	.95994	2.2542	6.6814	1.64	8.79
NH ₃	1	3	6.8233	.31565	.18224	6.0392	7.6074	6.46	7.03
	2	3	3.3867	2.87855	1.66193	-3.7640	10.5374	1.25	6.66

	3	3	3.3867	2.87855	1.66193	-3.7640	10.5374	1.25	6.66
	Total	9	4.5322	2.66844	.88948	2.4811	6.5834	1.25	7.03
PO ₄	1	3	1.9800	.18248	.10536	1.5267	2.4333	1.86	2.19
	2	3	.3300	.01000	.00577	.3052	.3548	.32	.34
	3	3	.3367	.00577	.00333	.3223	.3510	.33	.34
	Total	9	.8822	.82840	.27613	.2455	1.5190	.32	2.19
SI	1	3	188.5100	1.16477	.67248	185.6165	191.4035	187.17	189.28
	2	3	93.5233	3.95960	2.28608	83.6871	103.3595	90.48	98.00
	3	3	93.5233	3.95960	2.28608	83.6871	103.3595	90.48	98.00
	Total	9	125.1856	47.57936	15.85979	88.6128	161.7583	90.48	189.28



ตารางผนวกที่ 7 ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนเมษายน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
โปร่งแสง	Between Groups	.168	2	.084	841.000	.000
	Within Groups	.001	6	.000		
	Total	.169	8			
อุณหภูมิ	Between Groups	39.309	2	19.654	3537.800	.000
	Within Groups	.033	6	.006		
	Total	39.342	8			
ความเค็ม	Between Groups	37.556	2	18.778	24.143	.001
	Within Groups	4.667	6	.778		
	Total	42.222	8			
pH	Between Groups	1.072	2	.536	288.868	.000
	Within Groups	.011	6	.002		
	Total	1.083	8			
DO	Between Groups	19.082	2	9.541	41.024	.000
	Within Groups	1.395	6	.233		
	Total	20.477	8			
NO ₂	Between Groups	.019	2	.010	124.429	.000
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.020	8			
NO ₃	Between Groups	24.687	2	12.344	1.778	.248
	Within Groups	41.659	6	6.943		
	Total	66.346	8			
NH ₃	Between Groups	23.621	2	11.811	2.125	.201
	Within Groups	33.343	6	5.557		
	Total	56.965	8			
PO ₄	Between Groups	5.423	2	2.712	243.309	.000

	Groups					
	Within Groups	.067	6	.011		
	Total	5.490	8			
SI	Between Groups	18044.934	2	9022.467	827.406	.000
	Within Groups	65.427	6	10.905		
	Total	18110.361	8			



ตารางผนวกที่ 8 ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนพฤษภาคม

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
โปร่ง แสง	1	3	.4000	.00000	.00000	.4000	.4000	.40	.40
	2	3	.7000	.00000	.00000	.7000	.7000	.70	.70
	3	3	.6967	.00577	.00333	.6823	.7110	.69	.70
	Total	9	.5989	.14920	.04973	.4842	.7136	.40	.70
อุณหภูมิ	1	3	34.1667	.05774	.03333	34.0232	34.3101	34.10	34.20
	2	3	38.6667	.05774	.03333	38.5232	38.8101	38.60	38.70
	3	3	38.4333	.11547	.06667	38.1465	38.7202	38.30	38.50
	Total	9	37.0889	2.19513	.73171	35.4016	38.7762	34.10	38.70
ความเค็ม	1	3	20.0000	.00000	.00000	20.0000	20.0000	20.00	20.00
	2	3	23.6667	1.15470	.66667	20.7982	26.5351	23.00	25.00
	3	3	19.3333	.57735	.33333	17.8991	20.7676	19.00	20.00
	Total	9	21.0000	2.12132	.70711	19.3694	22.6306	19.00	25.00
pH	1	3	7.5867	.02887	.01667	7.5150	7.6584	7.57	7.62
	2	3	6.8533	.00577	.00333	6.8390	6.8677	6.85	6.86
	3	3	6.8800	.01732	.01000	6.8370	6.9230	6.86	6.89
	Total	9	7.1067	.36059	.12020	6.8295	7.3838	6.85	7.62
DO	1	3	4.4100	.06557	.03786	4.2471	4.5729	4.34	4.47
	2	3	7.0467	.69859	.40333	5.3113	8.7821	6.24	7.45
	3	3	7.4600	.07000	.04041	7.2861	7.6339	7.41	7.54
	Total	9	6.3056	1.47563	.49188	5.1713	7.4398	4.34	7.54
NO ₂	1	3	.1633	.00577	.00333	.1490	.1777	.16	.17
	2	3	.0633	.00577	.00333	.0490	.0777	.06	.07
	3	3	.0600	.00000	.00000	.0600	.0600	.06	.06
	Total	9	.0956	.05102	.01701	.0563	.1348	.06	.17
NO ₃	1	3	6.8267	2.60796	1.50570	.3481	13.3052	3.87	8.80
	2	3	3.3067	2.64746	1.52851	-3.2700	9.8833	1.65	6.36
	3	3	4.1333	.44377	.25621	3.0309	5.2357	3.64	4.50
	Total	9	4.7556	2.45822	.81941	2.8660	6.6451	1.65	8.80
NH ₃	1	3	6.4933	.48087	.27763	5.2988	7.6879	6.03	6.99
	2	3	3.3800	2.86718	1.65537	-3.7425	10.5025	1.25	6.64

	3	3	1.6000	.23580	.13614	1.0142	2.1858	1.40	1.86
	Total	9	3.8244	2.59377	.86459	1.8307	5.8182	1.25	6.99
PO ₄	1	3	1.9600	.19079	.11015	1.4861	2.4339	1.84	2.18
	2	3	.3433	.01528	.00882	.3054	.3813	.33	.36
	3	3	.2633	.03512	.02028	.1761	.3506	.23	.30
	Total	9	.8556	.83475	.27825	.2139	1.4972	.23	2.18
SI	1	3	188.5800	1.13583	.65577	185.7585	191.4015	187.27	189.29
	2	3	93.5000	3.92749	2.26754	83.7436	103.2564	90.48	97.94
	3	3	103.1133	4.21485	2.43344	92.6431	113.5836	100.64	107.98
	Total	9	128.3978	45.42320	15.14107	93.4824	163.3131	90.48	189.29



ตารางผนวกที่ 9 ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในเดือนพฤษภาคม

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
โปร่งแสง	Between Groups	.178	2	.089	8011.000	.000
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.178	8			
อุณหภูมิ	Between Groups	38.509	2	19.254	2888.167	.000
	Within Groups	.040	6	.007		
	Total	38.549	8			
ความเค็ม	Between Groups	32.667	2	16.333	29.400	.001
	Within Groups	3.333	6	.556		
	Total	36.000	8			
pH	Between Groups	1.038	2	.519	1334.400	.000
	Within Groups	.002	6	.000		
	Total	1.040	8			
DO	Between Groups	16.425	2	8.213	49.550	.000
	Within Groups	.994	6	.166		
	Total	17.420	8			
NO ₂	Between Groups	.021	2	.010	465.500	.000
	Within Groups	.000	6	.000		
	Total	.021	8			
NO ₃	Between Groups	20.328	2	10.164	2.177	.195
	Within Groups	28.015	6	4.669		
	Total	48.343	8			
NH ₃	Between Groups	36.806	2	18.403	6.489	.032
	Within Groups	17.015	6	2.836		
	Total	53.821	8			
PO ₄	Between Groups	5.499	2	2.749	217.818	.000

	Groups					
	Within Groups	.076	6	.013		
	Total	5.574	8			
SI	Between Groups	16437.174	2	8218.587	715.069	.000
	Within Groups	68.960	6	11.493		
	Total	16506.134	8			



ตารางผนวกที่ 10 ตาราง Descriptives การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในทั้ง 3 เดือน

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
เดือน	1	9	2.0000	.86603	.28868	1.3343	2.6657	1.00	3.00
	2	9	2.0000	.86603	.28868	1.3343	2.6657	1.00	3.00
	3	9	2.0000	.86603	.28868	1.3343	2.6657	1.00	3.00
	Tota	27	2.0000	.83205	.16013	1.6709	2.3291	1.00	3.00
โปร่งแสง	1	9	.4011	.00333	.00111	.3985	.4037	.40	.41
	2	9	.6978	.00667	.00222	.6927	.7029	.68	.70
	3	9	.6922	.01394	.00465	.6815	.7029	.66	.70
	Tota	27	.5970	.14147	.02723	.5411	.6530	.40	.70
อุณหภูมิ	1	9	34.2111	.07817	.02606	34.1510	34.2712	34.10	34.30
	2	9	38.6444	.05270	.01757	38.6039	38.6850	38.60	38.70
	3	9	38.4556	.15899	.05300	38.3333	38.5778	38.30	38.70
	Tota	27	37.1037	2.08833	.40190	36.2776	37.9298	34.10	38.70
ความเค็ม	1	9	19.6667	.50000	.16667	19.2823	20.0510	19.00	20.00
	2	9	23.6667	.86603	.28868	23.0010	24.3324	23.00	25.00
	3	9	21.1111	2.26078	.75359	19.3733	22.8489	19.00	25.00
	Tota	27	21.4815	2.17274	.41814	20.6220	22.3410	19.00	25.00
pH	1	9	7.5756	.03909	.01303	7.5455	7.6056	7.52	7.62
	2	9	6.8333	.04183	.01394	6.8012	6.8655	6.76	6.86
	3	9	6.8567	.04000	.01333	6.8259	6.8874	6.76	6.89
	Tota	27	7.0885	.35321	.06798	6.9488	7.2282	6.76	7.62
DO	1	9	4.3244	.08560	.02853	4.2586	4.3902	4.22	4.47
	2	9	6.8678	.62918	.20973	6.3841	7.3514	6.21	7.75

NO ₂	3	9	7.5589	.14295	.04765	7.4490	7.6688	7.35	7.75
	Tota								
	1	27	6.2504	1.46251	.28146	5.6718	6.8289	4.22	7.75
	1	9	.1633	.00866	.00289	.1567	.1700	.15	.18
	2	9	.0633	.00707	.00236	.0579	.0688	.05	.07
	3	9	.0611	.00601	.00200	.0565	.0657	.05	.07
Tota									
1	27	.0959	.04909	.00945	.0765	.1153	.05	.18	
NO ₃	1	9	7.1489	1.91611	.63870	5.6760	8.6217	3.83	8.80
	2	9	2.6922	2.08134	.69378	1.0924	4.2921	1.35	6.36
	3	9	3.9778	1.44543	.48181	2.8667	5.0888	1.64	6.34
	Tota								
1	27	4.6063	2.59773	.49993	3.5787	5.6339	1.35	8.80	
NH ₃	1	9	6.6022	.40840	.13613	6.2883	6.9161	6.03	7.03
	2	9	3.0511	2.17751	.72584	1.3773	4.7249	1.25	6.66
	3	9	2.0900	1.75665	.58555	.7397	3.4403	.86	6.66
	Tota								
1	27	3.9144	2.52401	.48575	2.9160	4.9129	.86	7.03	
PO ₄	1	9	1.8622	.28791	.09597	1.6409	2.0835	1.19	2.19
	2	9	.3367	.01118	.00373	.3281	.3453	.32	.36
	3	9	40.0367	119.2362	39.74542	-51.6164	131.6898	.23	358.00
	Tota								
1	27	14.0785	68.73753	13.22854	-13.1131	41.2702	.23	358.00	
SI	1	9	188.6378	.87385	.29128	187.9661	189.3095	187.17	189.29
	2	9	92.7378	3.04833	1.01611	90.3946	95.0809	90.48	98.00
	3	9	99.4633	5.43795	1.81265	95.2834	103.6433	90.48	107.98
	Tota								
1	27	126.9463	44.67808	8.59830	109.2722	144.6204	90.48	189.29	

ตารางผนวกที่ 11 ตาราง ANOVA การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ ในทั้ง 3 เดือน

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
เดือน	Between Groups	.000	2	.000	.000	1.000
	Within Groups	18.000	24	.750		
	Total	18.000	26			
โปร่งแสง	Between Groups	.518	2	.259	3110.178	.000
	Within Groups	.002	24	.000		
	Total	.520	26			
อุณหภูมิต่ำ	Between Groups	113.116	2	56.558	4966.081	.000
	Within Groups	.273	24	.011		
	Total	113.390	26			
ความเค็ม	Between Groups	73.852	2	36.926	18.127	.000
	Within Groups	48.889	24	2.037		
	Total	122.741	26			
pH	Between Groups	3.205	2	1.602	985.506	.000
	Within Groups	.039	24	.002		
	Total	3.244	26			
DO	Between Groups	52.223	2	26.112	184.913	.000
	Within Groups	3.389	24	.141		
	Total	55.612	26			
NO ₂	Between Groups	.061	2	.031	571.310	.000
	Within Groups	.001	24	.000		
	Total	.063	26			
NO ₃	Between Groups	94.711	2	47.356	14.076	.000
	Within Groups	80.742	24	3.364		
	Total	175.453	26			
NH ₃	Between Groups	101.683	2	50.841	19.079	.000

	Groups					
	Within Groups	63.953	24	2.665		
	Total	165.636	26			
PO ₄	Between Groups	9107.117	2	4553.558	.961	.397
	Within Groups	113738.946	24	4739.123		
	Total	122846.062	26			
SI	Between Groups	51582.374	2	25791.187	1952.534	.000
	Within Groups	317.018	24	13.209		
	Total	51899.392	26			



บรรณานุกรม

- คเชนทร เฉลิวัฒน์. 2544. การเพาะเลี้ยงหอย. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา. 253 หน้า
- ดร.พรสุข จงประสิทธิ์. 2547. ติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล. กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 57 หน้า
- นิพนธ์ ศิริพันธ์. 2543. การเลี้ยงหอยทะเลเศรษฐกิจ. กรมประมง. 58 หน้า
- เผด็จศักดิ์ จารยะพันธุ์ และคณะ. 2546. คู่มือการเพาะและอนุบาลหอยนางรมสำหรับการเลี้ยง.
สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 72 หน้า
- ทรงชัย สหวัชรินทร์. 2536. คู่มือการเพาะเลี้ยงหอยนางรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กรมประมง. 48 หน้า
- วันทนา อยู่สุข. 2541. หอยทะเล. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะประมง,
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล.
- สุจินต์ ดีแท้. 2524. สมุทรศาสตร์เคมี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 203 หน้า



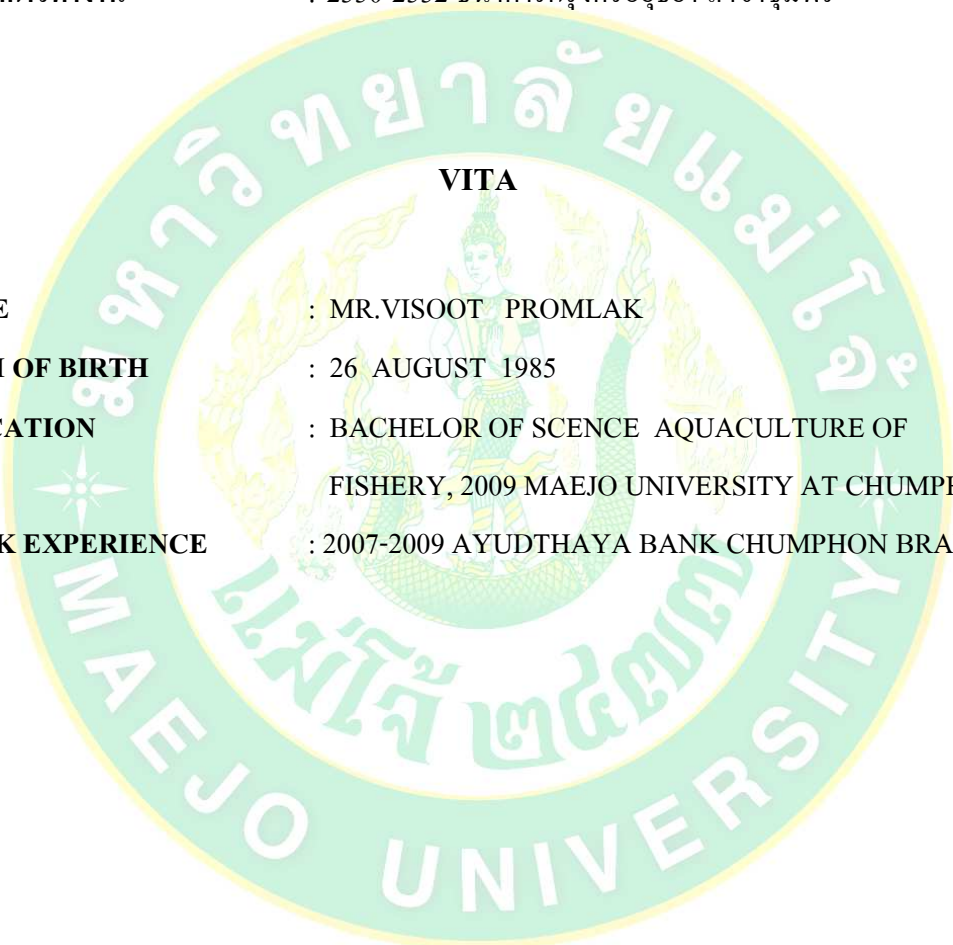
ภาคผนวก (ก)



ภาคผนวก (๗)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล : นายวิสุทธิ พรหมเล็ก
 เกิดเมื่อ : 26 สิงหาคม 2528
 ประวัติการศึกษา : วทบ. สาขาวิชาการประมง พ.ศ. 2552
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร จังหวัดชุมพร
 ประวัติการทำงาน : 2550-2552 ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาชุมพร



VITA

NAME : MR.VISOOT PROMLAK
DATH OF BIRTH : 26 AUGUST 1985
EDUCATION : BACHELOR OF SCENCE AQUACULTURE OF
 FISHERY, 2009 MAEJO UNIVERSITY AT CHUMPHON
WORK EXPERIENCE : 2007-2009 AYUDTHAYA BANK CHUMPHON BRANCH